



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Laskelmat rakennusten energiataloudessa ja sisäilmaston hallinnassa

Mika Vuolle, tekniikan lisensiaatti
SIY Sisäilmätieto Oy
mika.vuolle@sisailmatieto.com

2

Rakennusten energiankulutus

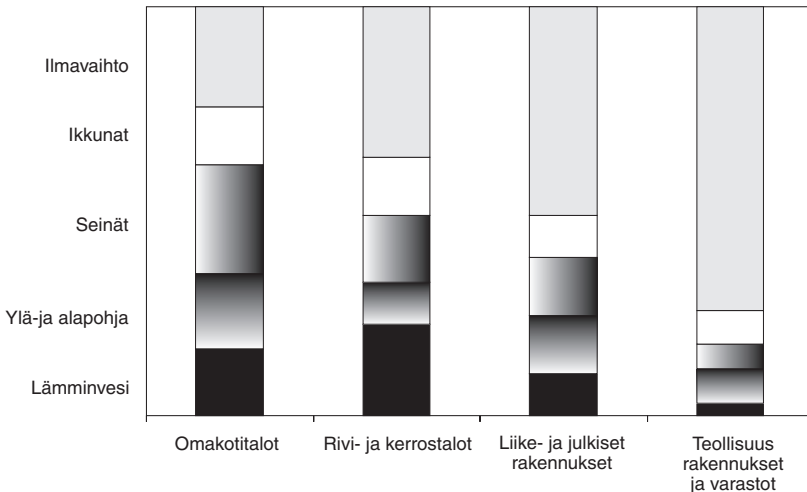
Suomen rakennuskanta kuluttaa yli 20 % Suomen primäärienergiantarpeesta ja aiheuttaa noin 30 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Rakennuksissa kulutettavan sähkön osuus on puolestaan 15 % luokkaa primäärienergiankulutuksesta. Kun mukaan lasketaan myös rakentamisessa kulutettava energia, koko rakentamisen osuus primäärienergian käytöstä on 50 % luokkaa. Rakentamisen kuluttama energia on yli kolmikertainen verrattuna liikenteen kuluttamaan energiaan [1].

Esimerkiksi koko Nigerian valtio kulutti 1990-luvun alussa vuodessa vähemmän energiaa kuin New Yorkin World Trade Centerin kaksi tornia [2]. Rakennusten energiakulutuksella on siten huomattava merkitys myös globaalisti eikä vain kylmässä ilmastossa.

Rakennuksissa lämmitysenergiaa kuluu tilojen, ilmanvaihtoilman ja käyttöveden lämmittämiseen. Rakennuskannan hyötylämmitysenergiakulutuksen jakautuminen rakennus- ja häviötyypeittäin on esitetty kuvassa 1. Rakennuksessa energiaa kulutetaan myös sähkölaitteissa. Kehitystrendinä onkin ollut, lämmitysenergiakulutuksen pieneneminen ja rakennusten sähköenergiakulutuksen kasvu. Rakennuksia jäähdytetään yhä useammin koneellisesti, joka myös lisää energiankulutusta.

Rakennuksen energiakulutukseen vaikuttavat useat tekijät, kuten

- muoto
- suuntaus
- massoitelu
- eristystaso
- tiiveys
- ikkunoiden koko, suuntaus ja ominaisuudet



Kuva 1. Rakennuskannan hyötylämmitysenergiakulutuksen jakautuminen rakennus- ja häviötyypeittäin [1].

- sisäiset kuormat ja niiden hyväksikäyttöaste
- taloteknisten järjestelmien säätö- ja ohjaus
- taloteknisten järjestelmien energiatehokkuus ja hyötysuhteet
- ilmanvaihdon määrä ja lämmöntalteenotto
- sisälämpötila
- aurinkosuojaus.

massan varastoitumiskykyä vuorokausitasolla ja sisälämpötilojen vaihtelu voidaan ottaa huomioon. Dynaamisessa laskennassa laskennan erottelukyky mahdollistaa useiden eritasoisten asioiden tarkastelua, kuten aurinkosuojauksen sekä säätö- ja ohjausratkaisujen vaikutusta sisälämpötiloihin sekä tehoihin ja energiantarpeeseen.

Energialaskennan menetelmiä

Energialaskentamenetelmät voidaan jaotella monella tavalla. Yksi luokittelukriteeri on sisälämpötilan käyttäytyminen laskennan aikana. Jatkuvuustilanteen laskennassa oletetaan rakennuksen pysyvän koko laskentajakson vakioilämpötilassa ja dynaamisessa laskennassa sisälämpötilat vaihtelevat. Ensiksi mainitussa laskenta tapahtuu tyypillisesti kuukausittain esimerkiksi kuukauden keskilämpötilan tai lämmöntarveluvun avulla. Laskenta voidaan suorittaa käsin tai esimerkiksi taulukkolaskentaa hyväksikäyttäen. Yksi lämmöntarvelukuun perustuva menetelmä on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta [3].

Dynaaminen laskenta perustuu rakennuksen lämpötaseen numeeriseen ratkaisemiseen. Laskennan aika-askeleena on tyypillisesti yksi tunti. Laskentaa ei voida käytännössä suorittaa ilman tietokoneohjelmaa. Jäähdytysenergian ja kesäajan sisälämpötilojen laskettaessa on käytettävä dynaamista laskentaa, jotta rakenteiden

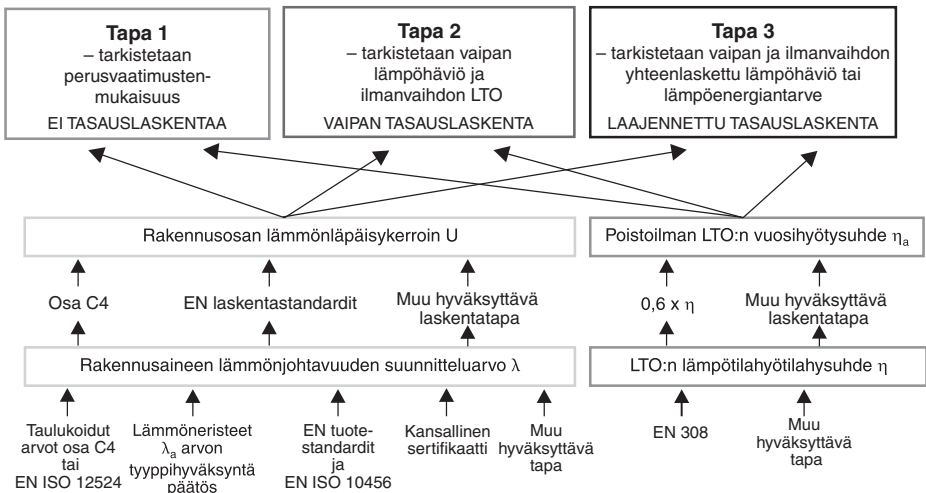
Lämmöneristysmääräysten vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

Lokakuussa 2003 voimaantulleiden energiamääräysten myötä, rakennusten energiankulutusta pyritään pienentämään 25–30 % edelliseen määräystasoon verrattuna. Lämmöneristysmääräysten vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on käytettävissä kolme tapaa, jotka on esitetty Suomen RakMK osassa C3 [4]. Laskennan kulku on esitetty kuvassa 2.

Tapa 1 - Perusvaatimukset täyttyvät

Perusvaatimukset täytetään, kun

- kaikkien rakennusosien lämmönläpäisykerroimet eli U-arvot täyttävät vaatimukset
- ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on parempi kuin 30 %
- pinta-alavaatimukset täyttyvät eli ikkuna pinta-alaa on enintään 15 % kerrosalasta taikka 50 % ulkoseinien bruttopinta-alasta.



Kuva 2. Vaihtoehdot määräystenmukaisuuden osoittamiseksi.

Tap 2 - Rakennuksen vaipan lämpöhäviöille asetettu vaatimus

Vaipan lämpöhäviöille asetettu vaatimus täytetään, kun

- kaikkien rakennusosien lämmönläpäisykerroimet ovat sallittujen vaihteluvälien rajoissa
- suunnitteluratkaisun koko vaipan lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vaatimusten mukaisen vaipan lämpöhäviöt
- ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhde on parempi kuin 30 %.

Tap 3 - Rakennuksen lämmityksen lämpöenergiatarpeelle asetettu vaatimus

Rakennuksen lämmityksen lämpöenergiatarpeelle asetettu vaatimus täytetään, kun

- kaikkien rakennusosien lämmönläpäisykerroimet ovat sallittujen vaihteluvälien rajoissa
- suunnitteluratkaisun koko vaipan ominaislämpöhäviö on enintään 10 % suurempi kuin vaatimusten mukaisen vaipan ominaislämpöhäviöt
- suunnitteluratkaisun koko vaipan ja ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö on pienempi kuin perusratkaisun (eli jokaiselta osalta vaatimuksen täyttävän) ratkaisun kokonaisominaislämpöhäviö.

Käytettäessä tapaa 2 tai 3 on ominaislämpöhäviöistä esitettävä laskelma, jota on tarkemmin käsitelty tasauslaskentaoppaassa [5].

Suomen RakMK osan D2 määräyksessä 4.1.2 on esitetty, että poistoilmasta on otettava talteen 30 % ilmanvaihdon käyttämästä lämpömäärästä [6]. On kuitenkin huomattava, että tämä vähimmäisvaatimus asettaa vain vaatimustason kokonaisuudelle, joka voidaan saavuttaa myös ilman lämmöntalteenottoa rakenteita parantamalla. Näin ollen energiamääräykset voidaan täyttää muillakin kuin koneellisella tulopoistoilmanvaihtojärjestelmällä.

Tasauslaskennassa tarvitaan myös tieto rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhteesta. Edellä mainituissa tasauslaskentaoppaassa ilmanvaihdon vuosiyhötysuhteen laskemiseksi on annettu ohjeena:

”Mikäli laskelmissa käytetään lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhteena muuta kuin lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilahyötysuhdetta kerrottuna 0,6:lla, on vuosiyhötysuhteen osoittamisesta otettava huomioon ainakin tulo- ja poistoilmavirtojen suhde ja jäätymissuojauksen toiminta sekä mahdollinen tuloilman lämpötilan rajoittaminen.”

Ympäristöministeriön monistesarjassa julkaistussa oppaassa on annettu yksi hyväksyttävä tarkastelujen muoto, joka perustuu pysyvyysskäyrätarkasteluun [7]. Olennaista tarkastelussa on, että se kattaa rakennuksen kaikki ilmanvaihtojärjestelmät mukaan lukien erillispoistot, mutta pois luettuna ne erillispoistot, jotka voivat olla

D2:n kohdan 4.1.2.2 mukaisesti epätarkoitukseenmukaista ulottaa lämmöntalteenottovaatimusten piiriin. Tällaisia syitä voivat olla esimerkiksi poistoilman poikkeuksellinen likaisuus, joka estää lämmöntalteenoton toiminnan tai se, että poistoilman lämpötila lämmityskaudella on alle +15 °C.

Tarkastelu tulee siis kohdistaa koko rakennukseen. Esimerkiksi paritalo, jossa asunnossa A on 50 % tuloilman lämpötilahyötysuhteella lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihto ja asunnossa B on koneellinen poisto, ei siis täytä lämmöntalteenoton perusvaatimusta.

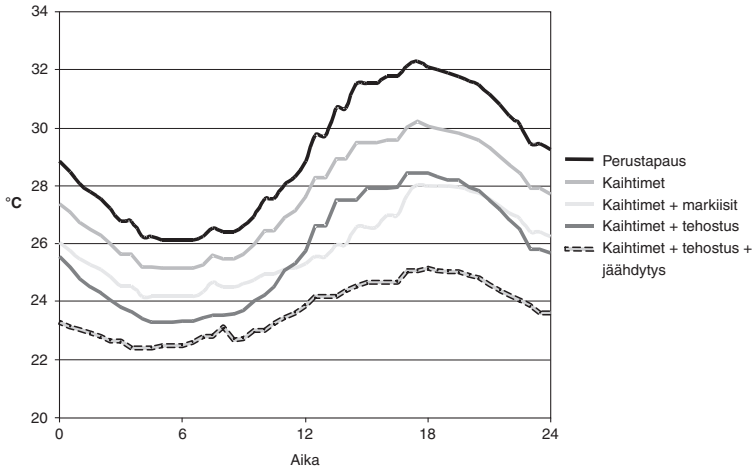
SFP-vaatimuksen laskenta

Suomen RakMK osan D2 kohdassa 4.1.1.4. annetaan ohjeen muodossa vaatimukset ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuudelle. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,5 kW/(m³/s). Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 1,0 kW/(m³/s). Toimistorakennuksen sähkökulutuksesta ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien osuus on 30 % luokkaa. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholla eli ns. SFP-luvulla tarkoitetaan rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa sähkötehoa, joka jaetaan ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla (suurempi näistä). Tätä laskentaa varten on myös laadittu opas [8].

Jäähdytystehontarpeen ja kesäajan sisälämpötilojen laskenta

Suomen RakMK osan D2 määräyksessä 2.2.1 sanotaan, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisiä huonelämpötila tulisi voida ylläpitää niin, ettei energia käytetä tarpeettomasti. Vastaavasti ohjetekstissä asetetaan vaatimus, ettei oleskeluvyöhykkeen lämpötila käytön aikana yleensä saisi olla korkeampi kuin +25 °C. Erityisen kuumille jaksoille em. ohjeesta annetaan pientä helpotusta. Määräysten täyttämiseksi tulisi siis aina, kun huonetilassa on mahdollista syntyä yllilämpöongelma, tehdä sisälämpötilan tarkastelu kesäajalle ja etsiä passiivisia ratkaisuja lämpötilojen rajoittamiseksi.

Jäähdytystehojen ja sisälämpötilojen tarkasteluun on olemassa monia työkaluja. DOE on listannut mahdolliset ohjelmistovaihtoehdot osoitteessa http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/. Suomessa yleisesti käytetty laskentaohjelmisto on IDA – Indoor Climate and Energy -ohjelmisto, joka on tehty ruotsalaisuomalaisena yhteistyönä. Oheinen laskentaesimerkki on tehty IDA-ICE-ohjelmistolla.



Kuva 3. Eri vaihtoehtojen vaikutus kesätilanteen sisälämpötilaan.

Laskentaesimerkinä on omakotitalo, jossa on tarkasteltu eri vaihtoja, jotta etelään suunnatun olohuoneen kesälämpötila saataisiin hallintaan. Suuren ikkunapinta-alan vuoksi esimerkiksi laskelman omakotitaloon on hankittava jäähdytyspatterilla varustettu ilmanvaihtokone. Eri vaihtoehtojen vaikutus kesätilanteen sisälämpötilaan on esitetty kuvassa 3.

Olosuhdesimuloinnit

Nykyaikaisilla laskentaohjelmistoilla voidaan suorittaa myös muita kuin lämpötila- ja energialaskelmia. Olosuhdelaskelmilla voidaan laskea mm. tilan CO₂-pitoisuutta ja suhteellista kosteutta, joiden mukaan voidaan myös ilmanvaihto ohjata. Esimerkkilaskelmassa luokahuoneen CO₂-ohjauksella saadaan noin 20 % pienemmällä keskimääräisellä ilmamäärällä sama keskimääräinen CO₂-pitoisuus koulupäivän aikana kuin vakioilmamäärä-järjestelmällä. Tällaisissa tapauksissa, joissa käyttöaste vaihtelee huomattavasti, tarpeenmukaisella ohjauksella voidaan säästää huomattavasti. Olosuhdelaskelmilla voidaan myös arvioida sisäolosuhteisiin tyytymättömien osuutta, tilan valaistus- ja olosuhteiden vaikutusta työn tuottavuuteen.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi asettaa uudet vaatimukset rakennusten energiatehokkuuden tarkastelulle. Jäsenmaiden on otettava käyttöön laskentamenetelmä rakennuksen kokonaistehokkuuden laskemiseksi. Nykyisissä määräyksissä asetetaan vaatimuksia rakenteiden lämmönläpäisyarvoille, ikkunanpinta-alalle sekä lämmönläpäänvetoille. Direktiivin mukaisessa menetelmässä pitää asettaa vaatimuksia rakennukselle kokonaisuutena, jossa otetaan huomioon mm. lämmityslaitteet, ilmanvaihto, sisäilman laatu, valaistus ja jäähdytys.

Suomessa on käynnissä suuri selvityshanke RET – rakennusten energiatehokkuus, jossa kehitetään eurooppalaisten standardien pohjalta Suomen olosuhteisiin, rakentamiseen ja insinöörilähtöiseen sopiva laskentamenetelmä. Samassa projektissa luodaan myös ehdotus ympäristöministeriölle siitä, miten direktiivin mukaiset energiamääräykset tulisi antaa. Direktiivi velvoittaa antamaan myös määräyksiä laajamittaisiin korjauksiin, joka on Suomessa täysin uutta. Energialaskennan merkitys tulee siis energiadirektiivin täytäntöönpanon myötä kasvamaan.

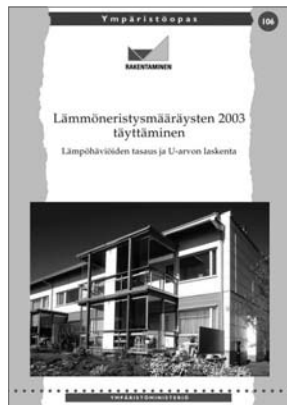
LÄHTEET

- [1] Seppänen Olli. Lämmitystekniikka. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry. Jyväskylä 1995. 467 s.
- [2] Schild Peter. Accurate prediction of indoor climate in glazed enclosure. Norwegian University of Science and Technology (NTNU) 1997. 202 s.
- [3] D5 Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta. Ohjeet 1985. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, 1985. (LVI/RT RakMK-20577, RT RakMK-20577).
- [4] C3 Rakennuksen lämmöneristys. Määräykset. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, 2003. (LVI RakMK-00275, RT RakMK-21216).
- [5] Lämmöneristysmääräysten 2003 täyttämisen. Lämpöhäviöiden tasaus ja U-arvon laskenta. Ympäristöopas 106. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Rakennustieto Oy, 2003. 81 s.
- [6] D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, 2003. (LVI RakMK-00277, RT RakMK-21218).
- [7] Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. 2003. Ympäristöministeriön moniste 122. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. 35 s.
- [8] SFP-opas – Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaukseen. Talotekniikan kehittämisskeskus 2004. 30 s.

Lämmöneristysmääräysten 2003 täyttäminen

Opas havainnollistaa määräystenmukaisuuden osoittamista ja selventää määräysten ja ohjeiden tulkintaa ja kohdentumista. Oppaan sovellusesimerkit, suositukset ja lisätiedot eivät sellaisenaan ole rakentamismääräyskokoelman määräysten tai ohjeiden taseisia kannanottoja, jotka sitoisivat suunnittelua ja rakentamista.

YM, Rakennustieto Oy, 2003
 (YM, Ympäristöopas 106,
 rakentaminen)
 ISBN 951-682-736-5
 81 s. Hinta 29 €, sis. alv 8 %



TILAUKSET Rakennustieto Oy
 puh. (09) 5495 5400, fax (09) 5495 5340
www.rakennustieto.fi

RAKENNUSTIETO®