

Teknillinen korkeakoulu. LVI-tekniikka. B

Helsinki University of Technology. Heating, Ventilating and Air Conditioning. B

Espoo 2009

RAKENNUSTEN ENERGIAEHOJKKUUDEN OSOITTAMINEN KIINTEISTÖVERON PORRASTUSTA VARTEN

RAPORTTI B85

Jarek Kurnitski

Teknillinen korkeakoulu
LVI-tekniikka

Helsinki University of Technology
Heating, Ventilating and Air Conditioning

Jakelu:

Teknillinen korkeakoulu

Energiatekniikan laitos, LVI-kirjasto

PL 4400

02015 TKK

Puh. 09 451 3601

Fax 09 451 3418

ISBN 978-952-248-083-5

ISSN 1455-2043

Multiprint

Espoo 2009

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO.....	1
2. ENERGIATEHOKKUUDEN OSOITTAMISTAPA.....	1
2.1 Kiinteistöveron porrastamisperusteena käytettävä E-luku	1
2.2 Todistuksen antajan pätevyysvaatimukset.....	2
2.3 E-luvun laskentamenetelmä ja -ohjelmat.....	3
3. E-LUVUN LASKENTAMENETELMÄ	4
3.1 Määritelmät.....	4
3.2 Energiatehokkuuden minimivaatimukset.....	4
3.2.1 Laskennallinen energiaterhokkuusluku E-luku	4
3.2.2 Pientalojen energiaterhokkuuden vaihtoehtoinen osoittamistapa	5
3.3 Energialaskennan lähtötiedot	5
3.3.1 Säätiiedot.....	6
3.3.2 Sisäilmasto	6
3.3.3 Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat	6
3.3.4 Lämmin käyttövesi	7
3.3.5 Rakennuksen ilmanpitävyys.....	7
3.4 Laskentasäännöt	7
3.4.1 Yleistä	7
3.4.2 Lämmitysenergian nettotarve.....	8
3.4.3 Rakennusvaipan lämpöhäviöt	9
3.4.4 Lämmitysjärjestelmä.....	10
3.4.5 Ilmanvaihtojärjestelmä.....	12
3.4.6 Jäähdytysjärjestelmä	12
3.4.7 Valaistuksen ja laitteiden sähkönkäyttö	13
3.5 Vaatimukset energialaskennan suorittamiselle ja tulosten esittämiselle	13
3.5.1 Vaatimukset laskentatyökaluille	13
3.5.2 Vaatimukset tulosten esittämiselle	14
4. LÄHDEVIITTEET	17
LIITE 1. Energiaterhokkuusvaatimusten muodostuminen	18

Esipuhe

Ympäristöministeri asetti 4.2.2009 työryhmän selvittämään rakennusten kiinteistöveron porrastamista rakennusten energiatehokkuuden perusteella. Rakennusten energiatehokkuudessa piti uutena asiana ottaa huomioon lämmitystapa. Työryhmän toimikausi oli 15.2.2003 - 15.9.2009.

Työryhmässä nousi esiin kysymys miten rakennuksen energiatehokkuus voidaan määrittää riittävän luotettavasti ja samalla kustannustehokkaasti. Tässä työssä esitetään pelkistetty ja mahdollisimman tehokas menetelmä siihen tarkoitukseen.

Työ on tehty ympäristöministeriön rahoituksella Teknillisen korkeakoulun LVI-tekniikassa. Esitetty menetelmä pohjautuu LVI-tekniikan tutkimushankkeisiin kuten mm. Kestävä energia KesEn-hanke, eurooppalaisiin energiatehokkuusstandardeihin ja laskentakäytäntöihin ja sen on rajannut ja puhtaaksi kirjoittanut tutkimuspäällikkö, dosentti Jarek Kurnitski. Työtä on ohjannut ja valvonut kiinteistöverotyöryhmä rakennusneuvos Teppo Lehtisen johdolla.

Tämän työn tulokset ovat hyödynnettävissä laajemminkin, jatkossa niin energiatodistusten menettelyä kehitettäessä kuin vuoden 2012 energiatehokkuusmääräysten valmistelutyössä. Esitetty menetelmä on ensimmäisen suomalaisen energialaskentamenetelmä, jossa rakennuksen energiatehokkuus voidaan energiamuotojen kertoimia käyttämällä esittää yhdellä tunnusluvulla, mikä on myös vuoden 2012 energiatehokkuusmääräysten valmistelutyön keskeinen lähtökohta. Lisäksi menetelmä on tarkasti rajattu lähtötietojen, laskentasääntöjen ja tulosten esittämisen osalta, jolla minimoidaan laskijasta ja laskentatyökalusta johtuva laskentatulosten hajonta.

31.8.2009 Espoossa

Jarek Kurnitski

1. JOHDANTO

Rakennusten energiankäytöllä on suuri merkitys kansallisten säästötavoitteiden ja ilmastomuutoksen hillitsemisen osalta. Yksi mahdollinen tapaa edistää rakennusten energiatehokkuuden parantamista markkinalähtöisesti on alentaa energiatehokkaiden rakennusten kiinteistövero. Koska kyseessä olisi verotuksen muutos, on ensisijaisen tärkeätä, että rakennuksen energiankäytön aiheuttamat hiilidioksidipäästöt kyetään arvioimaan riittävän luotettavasti. Sitä varten tarvitaan luotettava osoittamistapa, jotta verotuksen muutoksen vaikutukset panos/hyötysuhteena olisivat selkeästi laskettavissa.

Ympäristöministeriö on asettanut työryhmän selvittämään rakennusten kiinteistöveron porrastamista niiden energiatehokkuuden perus-

teella. Suomessa uutena asiana on ollut lämmitystavan huomioon ottaminen rakennuksen energiatehokkuudessa. Työryhmän tehtävänä oli määrittää eri mahdollisuudet verotuksen kehittämiseen. Lisäksi määritettiin mahdolliset lisäselvitystarpeet toimivan ja kannustavan verojärjestelmän kehittämiseksi.

Tässä työssä esitetään yksi ehdotus energiatehokkuuden osoittamistavasta ja laskentamenetelmästä, jossa rakennusten energiankäytön aiheuttamat päästöt toimitsevat kiinteistöveron mahdollisena porrastamisperusteena. Laskentamenetelmä pitää sisällään ehdotuksen keskeisten rakennustyyppien kiinteistöveron porrastuksena käytettävästä energiatehokkuusluvusta ja sen laskennassa tarvittavat lähtöarvot.

2. ENERGIATEHOKKUUDEN OSOITTAMISTAPA

2.1 Kiinteistöveron porrastamisperusteena käytettävä E-luku

Energiatehokkuuden osoittamisen menetelmä on tarkoitettu niin olemassa oleville kuin uusille rakennuksille. Koska rakennusten energiankäyttö riippuu olennaisesti rakennuksen käytöstä, osoitetaan rakennuksen energiatehokkuus aina standardoidulla rakennuksen käytöllä. Siitä johtuen rakennuksen energiatehokkuus käsitellään laskennallisena suurena.

Vaihtoehtoisesti energiatehokkuuden osoittaminen voisi perustua mitattuun kulutukseen. Pientaloissa asukkaiden käyttötottumuksilla on todettu olevan kuitenkin niin suuri vaikutus energiankäyttöön, että riittävän luotettava vertailua rakennusten välillä ei voida suorittaa mitatun kulutuksen pohjalta. Myös muissa rakennustyypeissä tilojen käyttöasteen vaihtelut ja mahdolliset energiantensiiviset käyt-

tötarkoitukset (ammattikeittiöt, laboratoriot, kaupan kylmäkalusteet, palvelimet, ym.) vaikeuttavat mitattuun kulutuksen pohjautuva vertailua. Näin mitattuun kulutukseen pohjautuvassa menetelmässä tarvittaisiin laskennallinen analyysi vertailukelpoisten rakennustyyppikohtaisten ominaiskulutusten saamiseksi, mikä olisi arviolta usein suuritöisempi kuin tässä ehdotettu energiatehokkuuden laskennallinen menetelmä.

Ehdotettu energiatehokkuuden osoittamisen laskenta (jatkossa energialaskenta) vastaa työn laajuudeltaan ja sisällöltään likimain rakennuslupamenettelyn mukaisen energiaselvityksen energialaskelmaa, eli uudisrakennuksen laskennallista energiatodistusta. Kiinteistöveron porrastamisperusteena käytettävä laskennallinen energiatehokkuusluku E-luku lasketaan rakennuslupamenettelyn energiaselvityksen ET-lukua vastaavalla tavalla kohdassa 3 kuvatun menetelmän lähtöarvoilla ja laskentasäännöillä.

Laskennallinen energiatehokkuusluku **E-luku määritellään energiamuotojen kertoimilla painotettuna ostoenergian laskennallisena ominaiskulutuksena rakennustyyppin standardikäytöllä**. E-luvun raja-arvot ja rakennuksen standardikäytön mukaiset laskennan lähtöarvot muodostavat osan kohdassa 3 kuvatussa menetelmästä.

Ehdotettu E-luku määräytyisi uudisrakennuksen lopullisten suunnitelmien tai olemassa olevan rakennuksen tarkastuksen energiatehokkuuden pohjalta. E-luvun tarkastelussa ei otettaisi kantaa, toimiiko rakennus tai käytetäänkö sitä suunnitellulla tavalla. Näin olleen myös toteutuneella energiankulutuksella ei ole vaikutusta E-lukuun.

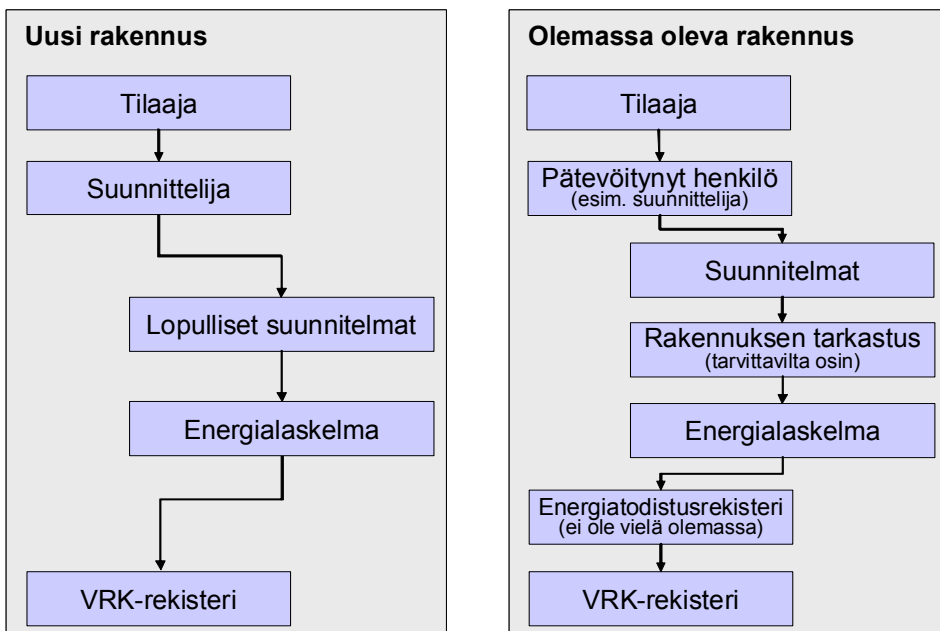
Mahdollinen toimintamalli energiatehokkuuden osoittamiseksi on esitetty kuvassa 1. Uudisrakentamisessa E-luku laskettaisiin osana suunnittelua, esim. samoilla pätevyysvaatimuksilla kuten nykyinen energiatodistus. Uudisrakentamisessa rakennuslupamenettelyn yhteydessä siirretään tietoja VRK-rekisteriin, joten siihen olisi helposti lisättävissä myös E-luku. Olemassa olevan rakennuksen energia-

laskelman suorittaisi pätevätyynyt henkilö ja E-luvun ilmoittamista varten olisi perustettava energiatodistusrekisteri, jota tällä hetkellä ei ole vielä olemassa. Energiatodistusrekisteristä tieto siirtyisi VRK-rekisteriin.

Nykyiseen energiatodistukseen verrattuna ehdotettu E-luku on samantyyppinen, mutta sen laskeminen on tarkemmin rajattu ja laskennassa otetaan huomioon myös lämmitystapa. Siitä johtuen voidaan ehdottaa energiatodistuksen kehittämistä niin, että jatkossa kiinteistöveron porrastamisessa käytettävä E-luku saataisiin suoraan energiatodistuksesta.

2.2 Todistuksen antajan pätevyysvaatimukset

Energialaskennan tuloksena saataisiin kiinteistöveron energiatodistus, jonka laatiminen ja pätevyysvaatimukset ehdotetaan rinnastettavaksi uudisrakennuksen energiatodistukseen ja olemassa olevissa rakennuksissa erilliseen energiatodistukseen (voidaan laatia erillisen tarkastuksen yhteydessä tai energiakatselmuksen yhteydessä).



Kuva 1. Energiatehokkuuden osoittamisen mahdollinen toimintamalli.

Nykyiset energiatodistuksen antajan vaatimukset ovat seuraavia:

- Uuden rakennuksen energiaselvitykseen sisältyvän energiatodistuksen antaa rakennuksen pääsuunnittelija.
- Erillisen energiatodistuksen voi antaa henkilö, joka on osoittanut täyttävänsä tehtävän suorittamiselle säädetyt pätevyysvaatimukset.

Energiakatselmuksen yhteydessä annettavan energiatodistuksen antaa katselmuksen suorittaja.

Edellisten lisäksi isännöitsijätodistukseen sisältyvän energiatodistuksen voi antaa yhtiön isännöitsijä tai hallituksen puheenjohtaja, mutta tämä energiatodistuksen antotapa ei ole pätevä kiinteistöveron energiatodistuksen kannalta.

Edellä mainitut kolme antotapaa ja niiden pätevyysvaatimuksia ehdotetaan sovellettavaksi myös kiinteistöveron energiatodistukselle.

2.3 E-luvun laskentamenetelmä ja -ohjelmat

Jotta energiatehokkuus voidaan laskea, tarvitaan riittävän luotettavat laskennan lähtötiedot. Lähtötietoja on kolmentyyppisiä:

- Rakennuskohtaiset lähtötiedot, jotka saadaan rakennuksen suunnitelmista. Mikäli olemassa olevalle rakennukselle ei löydy kaikkia ajan tasalla olevia suunnitteluasiakirjoja, ko. lähtötiedot määritetään rakentamisen aikana voimassa olevien

rakentamismääräysten ja rakennuksen tarkastuksen perusteella.

- Rakennuksen standardikäytön lähtötiedot. Nämä lähtötiedot ovat pakollisia laskentamenetelmän määrittämiä rakennuksen käyttötarkoitusta vastaavan rakennustyyppin lähtötietoja.
- Laskentamenetelmän ohjearvot, joita voidaan käyttää ellei tarkempia tietoja rakennusosista ja taloteknisistä järjestelmistä ole käytettävissä.

Laskentamenetelmä määrittää rakennustyyppikohtaiset E-lukujen vaatimustasot, standardikäytön lähtötiedot, laskentasäännöt ja ohjearvot sekä laskennan lähtötietojen ja tulosten esitystavan. Laskentamenetelmä on kuvattu luvussa 3. Lisäksi laskentamenetelmässä määritetään vaatimukset käytettäville laskentatyökaluille.

Vaatimukset laskentatyökaluille ehdotetaan asetettavaksi niin, että asuinrakennuksille riittää RakMK D5:ssä määritelty kuukausitason laskentamenetelmä. Muille rakennustyypeille edellytetään dynaamisten laskentatyökalujen käyttämistä, joiden osalta vaaditaan, että ne olisivat validoituja asianmukaisten EN, CIBSE tai ASHRAE standardien mukaisesti. Lisäksi määritetään lista ominaisuuksista, joita pitää ottaa laskennassa huomioon. Näillä vaatimuksilla ja rakennustyyppien standardikäytön määrittämisellä varmistetaan laskijasta ja laskentatyökalusta johtuvan laskentatulosten hajonnan pysyminen kohtuullisissa rajoissa.

3. E-LUVUN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Määritelmät

Kiinteistöveron porrastamisperusteena käytettävä energiatehokkuusluku, E-luku (kWh/(m² a)) – energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen ostoenergian laskennallinen ominaiskulutus rakennustyyppin standardikäytöllä tämän laskentamenetelmän säännöillä ja lähtöarvoilla laskettuna.

Rakennusvaipan ominaislämpöhäviö (W/(Km²)) – rakennusvaipan johtumishäviöiden ja vuotoilman konduktanssi jaettuna lämmitetyllä huoneistoalalla.

Energiamuotojen kertoimet (-) – energialähteen tai energiatuotantomuodon polttoaineiden hiilidioksidin ominaispäästökertoimet suhteutettuna kevyen polttoöljyn hiilidioksidin ominaispäästöön.

Hankittu energia ja ostoenergia – RakMK D3:2010 määrittelee ostoenergian vuotuisina energiamäärinä, jotka tuodaan rakennukseen sähkö-, kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkoista tai polttoaineina. Ostoenergia vastaa EN 15603:2008 *delivered energy* käsitettä. Suomalaisista energiatehokkuussanastoa valmistelevalta työryhmältä on esittänyt *delivered energy* täsmäl-

lisempänä käännöksenä hankittua energiaa, joka mahdollisesti korvaa jatkossa ostoenergian käsitteen. Siinä tapauksessa tässä työssä systemaattisesti käytetty ostoenergia korvataan hankitulla energialla.

Kaikki muut tässä laskentamenetelmässä käytetyt käsitteet noudattavat rakennusten energiatehokkuuden yleisiä määritelmiä, jotka on esitetty standardien EN 15603 ja ISO 13790 sekä RakMK osissa C3, C4, D2, D3 ja D5. Käsitteitä on tarvittaessa tarkennettu laskentamenetelmän tekstissä.

3.2 Energiatehokkuuden minimivaatimukset

3.2.1 Laskennallinen energiatehokkuusluku E-luku

Energiatehokkuuden minimivaatimukset esitetään laskennallisena energiatehokkuusluvuna, jonka raja-arvoja ei saa ylittää. Laskennallinen energiatehokkuusluku E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian laskennallinen ominaiskulutus rakennustyyppin standardikäytöllä. Ominaiskulutuksella tarkoitetaan vuotuisista kulutusta lämmitettyä huoneistoneliötä kohti.

Vuonna 2003 ja sen jälkeen käyttöön otettujen rakennusten E-luku ei saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

Pien-, rivi- ja ketjutalot	160 kWh/(m ² a)
Asuinkerrostalot	145 kWh/(m ² a)
Toimistorakennukset	180 kWh/(m ² a)
Myyväläarakennukset	290 kWh/(m ² a)
Majoitusliikerakennukset	250 kWh/(m ² a)
Opetusrakennukset	180 kWh/(m ² a)
Liikuntasalit	190 kWh/(m ² a)
Liikuntahallit (pl. uima- ja jäähallit)	190 kWh/(m ² a)
Päiväkodit	170 kWh/(m ² a)
Terveyskeskukset	230 kWh/(m ² a)
Sairaalat	500 kWh/(m ² a)

Vuonna 2002 ja ennen sitä käyttöön otettujen rakennusten E-luku ei saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

Pien-, rivi- ja ketjutalot	180 kWh/(m ² a)
Asuinkerrostalot	155 kWh/(m ² a)
Toimistorakennukset	190 kWh/(m ² a)
Myyväläarakennukset	300 kWh/(m ² a)
Majoitusliikerakennukset	260 kWh/(m ² a)
Opetusrakennukset	200 kWh/(m ² a)
Liikuntasalit	205 kWh/(m ² a)
Liikuntahallit (pl. uima- ja jäähallit)	205 kWh/(m ² a)
Päiväkodit	185 kWh/(m ² a)
Terveyskeskukset	240 kWh/(m ² a)
Sairaalat	520 kWh/(m ² a)

Minimivaatimusten ominaiskulutusten rakenne on esitetty liitteessä 1.

Mikäli rakennuksella on useampi kuin yksi käyttötarkoitus, jaetaan rakennus käyttötarkoituksen mukaisesti osiin lämmitettävän huoneistoalan kokoa vastaavasti. Osille käytetään vastaavien rakennustyyppien vaatimuksia, edellyttäen, että jokaisen osan lämmitetty huoneistoala ylittää 10 % koko rakennuksen lämmitetystä huoneistoalasta. Alle 10 % alat lasketaan käyttötarkoituksesta riippumatta muihin aloihin kuuluviksi. Tällaisen rakennuksen E-luvun vaatimustaso saadaan osien E-lukujen pinta-alalla painotettuna summana.

E-luvun laskemiseksi lasketaan yhteen osatoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot. Ostoenergia lasketaan tämän laskentamenetelmän sääntöjen mukaisesti.

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavia (KesEn-hanke):

Sähkö	2,0
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

Uusiutuvia polttoaineita ovat puu ja puupohjaiset sekä muut biopolttoaineet pois lukien turve, joka käsitellään fossiilisenä polttoaineena.

3.2.2 Pientalojen energiatehokkuuden vaihtoehtoinen osoittamistapa

Poikkeuksena muista rakennustyypeistä pientalojen energiatehokkuus voidaan osoittaa myös vaihtoehtoisella tavalla. Pientalon E-lukua ei tarvitse laskea seuraavien ehtojen täytyessä:

- vuonna 2003 ja sen jälkeen käyttöön otetuissa pientaloissa on ilmanvaihdon tuloilman lämpötilasuhde vähintään 0,8;
- vuonna 2002 ja ennen sitä käyttöön otetuissa pientaloissa on ilmanvaihdon tuloilman lämpötilasuhde vähintään 0,6;
- rakennusvaipan ominaislämpöhäviö ei ylitä taulukossa 1 esitettyjä arvoja.

Edellä mainittujen ehtojen täytyessä pientalojen energiatehokkuuden osoittamiseksi riittää rakennusvaipan ominaislämpöhäviön laskenta. Mikäli pientalojen energiatehokkuus osoitetaan E-luvun laskennalla, taulukon 1 arvoja ei käytetä.

Taulukko 1. Pientalojen rakennusvaipan enimmäis-ominaislämpöhäviöt eri lämmitystavoilla energiatehokkuuden vaihtoehtoista osoittamistapa varten.

Lämmitystapa	Ominaislämpöhäviö W/(K m ²)
Maalämpöpumppu	1,1
Pellettikattila	1,0
Ilma-vesi ulkoilmalämpöpumppu	0,90
Kaukolämpö	0,85
Sähkölämmitys ja aurinkokeräin	0,43

3.3 Energialaskennan lähtötiedot

E-luku lasketaan rakennuksen standardikäytöllä, eli tässä laskentamenetelmässä esitetyillä ulkoilman säätietojen, sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla. Muut energialaskennan tarvitsemat lähtötiedot otetaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. Mikäli kaikkia ajan tasalla olevia suunnitelmia ei löydy, selvitetään ko. lähtötiedot rakentamisen aikana voimassa olevien rakentamismääräysten ja rakennuksen tarkastuksen perusteella.

Energialaskelmassa ei edellytetä rakennuksen jakamista yksityiskohtaisesti laskentavyöhykkeisiin. Pientalot ja muut rakennukset yhdellä käyttötarkoituksella voidaan laskennassa käsitellä yhtenä vyöhykkeenä. Isommat rakennukset jaetaan käyttötarkoitusta ja käyttöaikoja vastaaviin vyöhykkeisiin. Jos rakennuksesta on olemassa ajan tasalla oleva simulointimalli yksityiskohtaisemmalla vyöhykejaolla, voidaan energialaskenta suorittaa sen avulla. Tällöin simulointimallin lähtötiedot tarkistetaan tämän laskentamenetelmän lähtötietoja vastaavaksi.

3.3.1 Sää tiedot

Energialaskelma tehdään Helsinki-Vantaa testivuoden sää tiedoilla. Sää tiedosto ehdotetaan vietäväksi ympäristöministeriön kotisivulle, josta se olisi vapaasti ladattavissa.

3.3.2 Sisäilmasto

Energialaskelma tehdään taulukossa 2 esitetyillä, rakennustyyppin standardikäyttöä vastaavilla huonelämpötilan asetusarvoilla ja ilmanvaihdon määrillä. Kokonaistulo- ja kokonaispoistoilmavirrat ovat tässä laskentamenetelmässä yhtä suuria.

Asuinrakennusten yksinkertaistetussa energialaskennassa, jossa huonelämpötila on vakio, käytetään taulukon 2 asetusarvoja huonelämpötilan arvoina. Jäähdytysrajan arvot on tarkoitettu käytettäväksi rakennuksissa, joissa on jäähdytysjärjestelmä.

Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella on rakennuksen ilmanvaihto $0,15 \text{ l/(s m}^2\text{)}$ (pl. jatkuvasti käytettävät rakennukset kuten asuin- ja majoitusrakennukset).

**Taulukko 2. Energialaskennassa käytettävät huonelämpötilan asetusarvot ja ilmanvaihdomäärät. Ilma-
virrat on annettu huoneistoalaa kohti.**

Rakennustyyppi	Ilmavirta $l/(s m^2)$	Lämmitys- raja, °C	Jäähdy- tysraja, °C
Pientalo	0,4	21	27
Asuinkerrostalo	0,5	21	27
Toimistorakennus	2	21	25
Myymlä rakennus	2	18	25
Majoitusliikerakennus	2	21	25
Opetusrakennus	3	21	25
Liikuntasali	3	18	25
Liikuntahalli	2	18	25
Päiväkoti	3	21	25
Terveyskeskus	3	22	25
Sairaala	4	22	25

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla varustetuissa rakennuksissa käytetään taulukon 2 ilmavirtoja maksimi-ilmavirtoina. Mikäli muuttuvilmavirtajärjestelmä on mitoitettu jäähdytystarpeen mukaan ja maksimi-ilmavirta on suurempi kuin taulukon 2 ilmavirta, käytetään maksimi-ilmavirtana suunnitteluarvoa. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän minimi-ilmavirta valitaan niin, että hiilidioksidipitoisuus ei ylitä 900 ppm ulkoilman pitoisuuden ollessa 400 ppm .

3.3.3 Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat

Rakennusten standardikäyttö ja sitä vastaavat sisäiset lämpökuormat on määritelty taulukossa 3. Pientalojen arvoja käytetään myös pari-, rivi- ja ketjutaloille.

Käyttöaika esittää kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja laitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana. Valaistuksen ja laitteiden lämpökuormat katsotaan samaksi niiden sähkönkäytön kanssa. Valaistuksen ja laitteiden vuotuinen energiankäyttö Q [$\text{kWh/(m}^2 \text{ a)}$] lasketaan:

$$Q = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000},$$

- k käyttöaste;
 P lämpökuorma W/m^2 ;
 τ_d rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h ;
 τ_w rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d .

Muissa kuin asuinrakennuksissa valaistuksen lämpökuormana käytetään asennettua keskimääräistä valaistustehoa, joka saadaan suunnitelmista tai rakennuksen tarkastuksesta. Taulukossa 3 on annettu valaistuksen ohje arvot uudisrakennuksille, joita voidaan käyttää vuonna 2003 ja sen jälkeen käyttöön otetuissa rakennuksissa ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä.

Taulukko 3. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat huoneistoalaa kohti.

Rakennustyyppi	Käyttöaika			Käyttöaste, -	Valaistus W/m ²	Laitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²	Henkilöiheys m ² /hlö
	kellonaika	h/24h	d/7d					
Pientalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^b	3	2	43
Asuinkeuhkotalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^b	4	3	28
Toimistorakennus	07:30-18:30	11	5	0,65	12 ^c	12	5	17
Myymälärakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2	43
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4	21
Opetusrakennus	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14	5
Liikuntasali	08:00-22:00	14	5	0,6	18 ^c	0	5	15
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5	17
Päiväkoti	07:00-18:00	11	5	0,4	18 ^c	4	23	3
Terveyskeskus	08:00-18:00	10	6	0,6	12 ^c	15	6	14
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8	11

^a ei sisällä latenttia lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

^b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

^c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä

Lämpökuormat ihmisistä on esitetty kahdella tavalla. Käytettävästä laskentatyökalusta riippuen käytetään joko W/m² arvoa tai syötetään ihmisten lukumäärä. Simulointiohjelmissa käytetään henkilön lämmönluovutuksena 125 W (1,2 met ja kehon pinta-ala 1,8 m²). Kouluissa, liikuntasaleissa ja päiväkodeissa käytetään lasten lämmönluovutuksena 110 W (joka vastaa 1,0 met mikäli kehon pinta-ala käytetään edelleen 1,8 m²).

Ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaika saadaan rakennuksen käyttöajan perusteella niin, että ilmanvaihto käynnistetään 1 tunti ennen rakennuksen käyttöajan alkua ja kytketään käyttöajan ulkopuoliseen tilaan 1 tunti käyttöajan päättymisen jälkeen (pl. jatkuvasti käytettävät rakennukset).

3.3.4 Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergia lasketaan käyttämällä taulukon 4 ominaiskulutuksia. Kylmän veden lämpötilana käytetään 5 °C ja lämpimän veden lämpötilana 55 °C. Lämpimän käyttöveden varaajien ja putkistojen (ml. mahdollinen kierto-vesijohto) lämpöhäviöitä ei oteta energialaskennassa huomioon.

Mikäli lämmintä käyttövettä valmistetaan aurinkokeräimillä, niin voidaan olettaa, että asianmukaisesti mitoitettulla aurinkokeräinjärjestelmällä lämmitetään puolet käyttöveden lämmitysenergian tarpeesta. Tällöin muulla lämmitysjärjestelmällä lämmitettävän käyttöveden lämmitysenergian tarve on puolet Taulukossa 4 esitetystä.

3.3.5 Rakennuksen ilmanpitävyys

Mikäli rakennuksen ilmanvuotolukua ei tunneta, voidaan rakennuksen vuotoilmanvaihto laskea taulukossa 5 esitetystä ilmanvuotoluvusta kohdan (3.4.3) vuotoilmanvaihdon laskentakaavoilla.

3.4 Laskentasäännöt

3.4.1 Yleistä

E-luku lasketaan lämmitettyä huoneistoneliötä kohti. Jos rakennuksessa on lämmitettäviä puolilämpimiä tiloja, niiden energiankäyttö otetaan huomioon, mutta niiden pinta-alaa ei lasketa mukaan lämmitettyihin huoneistoneliöihin. Autotallien ilmanvaihdon ja mahdollisen lämmityksen energiankäyttö otetaan huomioon, mutta autotallien pinta-alaa ei lasketa lämmitettyihin huoneistoneliöihin.

Taulukko 4. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergia huoneistoneliötä kohti.

Rakennustyyppi	LKV:n ominaiskulutus l/(m ² a)	Lämmitysenergia kWh/(m ² a)
Pientalo	600	35,0
Asuinkerrostalo	685	40,0
Asuinkerrostalo, huoneistokohtainen veden mittaus	582	34,0
Toimistorakennus	103	6,0
Myymläarakennus	68	4,0
Majoitusliikerakennus	685	40,0
Opetusrakennus	188	11,0
Liikuntasali	188	11,0
Liikuntahalli	343	20,0
Päiväkoti	428	25,0
Terveyskeskus	343	20,0
Sairaala	515	30,0

Taulukko 5. Ilmanvuotolukujen (q_{50}) ohjearvoja rakennusvaipan neliötä kohti.

Rakennusaika	Ilmanvuotoluku q_{50}	
	Pientalot m ³ /(h m ²)	Muut rakennukset m ³ /(h m ²)
ennen 1970	8	4
1971-1985	6	3,5
1985 jälkeen	4	3

Rakennuksessa olevia ravintoloita, ruokaloita, kahviloita, ym. erikoistiloja ei oteta laskennassa huomioon ja energialaskenta suoritetaan rakennuksen tai rakennusosan käyttötarkoitusta vastaavilla lähtöarvoilla (kohta 3.3). Myymälärakennusten kylmäkalusteita ja niiden kylmän tuottoa ei oteta laskennassa huomioon.

Muita LVIS-teknisiä järjestelmiä, joita ei ole lueteltu tässä laskentamenetelmässä (esim. ammattikeittiöt, ulkovalaistus, hissit, sulatuskaapelit) ei oteta laskennassa huomioon.

Energiantuottojärjestelmät, joita ei ole lueteltu tässä laskentamenetelmässä (esim. aurinkokeräimet, aurinkokennot, tuuliturbiinit), lasketaan niillä tuotettua energiaa käyttävien LVIS-teknisten järjestelmien osana, jonka tu-

loksena ko. järjestelmät käyttävät vähemmän ostoenergiaa.

Energialaskenta suoritetaan tarkoituksenmukaisella laskentatyökalulla, jolle esitettävät vaatimukset on kuvattu kohdassa (3.5.1).

3.4.2 Lämmitysenergian nettotarve

Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeseen lasketaan vuotoilman lämpeneminen tilassa ja tuloilman lämpeneminen sisäänpuhalluslämpötilasta huonelämpötilaan.

Ilmanvaihdon lämmityksen nettoenergiatarve lasketaan lämmön talteenoton kanssa ja se muodostuu tuloilman lämmityksestä ennen ja/tai jälkeen lämmöntalteenottoa. Ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden lämmitysenergian nettotarve lasketaan tuloilman lämpötilan, lämmön talteenottolaitteen tuloilman lämpötilasuhteen ja jäätyneen eston lämpötilan perusteella. Tuloilman lämpötilana voidaan käyttää 18 °C ellei tarkempaa tietoa ole saatavilla. Jos lämmön talteenottolaitteen tuloilman lämpötilasuhdetta ei tunneta, voidaan käyttää seuraavia ohjearvoja:

- ristivirtalevylämmönsiirtimille 0,6;
- vastavirtalevylämmönsiirtimille 0,8;
- pyöriville lämmönsiirtimille 0,8.

Lämmön talteenottolaitteen jäätyminen esto otetaan huomioon rajoittamalla jäteilman lämpötilaa (tehonsäätö). Jäätyminen eston jäteilman minimilämpötilana voidaan käyttää seuraavia ohjearvoja, jos laitteen suoritusarvoja ei tunneta:

- asuinrakennuksissa +5 °C levylämmönsiirtimen tapauksessa ja 0 °C pyörivän lämmönsiirtimen tai kosteutta siirtävän levylämmönsiirtimen tapauksessa;
- muissa rakennuksissa 0 °C levylämmönsiirtimen ja -5 °C pyörivän lämmönsiirtimen tapauksessa.

Ohjeita lämmön talteenoton laskennasta on lähteessä (Ympäristöministeriön moniste 122).

Rakennukseen tulevan aurinkoenergian laskennassa otetaan huomioon rakennuksessa olevat auringonsuojusratkaisut (rakenteelliset, markiisit, sälekaihtimet, ym.) ja ympäröivien rakennusten sekä kasvillisuuden varjostukset. Ympäristön varjostuskertoimena voidaan käyttää 0,75 tarkempien tietojen puuttuessa.

3.4.3 Rakennusvaipan lämpöhäviöt

Lämpöhäviöt lasketaan rakennusvaipan sisämitoilla RakMK C4 ohjeiden mukaisesti. Laskennassa otetaan huomioon rakenteissa olevat säännölliset ja epäsäännölliset kylmäsiilat. Ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä voidaan viivamaiset lisäkonduktanssit laskea taulukon 6 arvoilla. Ulkonurkkien tapauksessa lisäkonduktanssien arvot ovat negatiivisia.

Taulukko 6. Rakennusvaipan geometristen kylmäsiltojen viivamaisten lisäkonduktanssien ohjearvoja.

Rakenneliitos	Viivamainen lisäkonduktanssi W/(m K)
ULKOSEINÄ-ULKOSEINÄ	
Puurankaseinä	0,06
Lämmöneristetty kiviseinä	0,08
Massiivinen kiviseinä, $U < 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,07
Massiivinen kiviseinä, $U > 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,22
YLÄPOHJA-ULKOSEINÄ	
Puurankaseinä	0,07
Lämmöneristetty kiviseinä ja yläpohjassa mineraalivillaeriste	0,09
Lämmöneristetty kiviseinä ja yläpohjassa kevytsoraeriste	0,13
Massiivinen kiviseinä, $U < 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,08
Massiivinen kiviseinä, $U > 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,30
ALAPOHJA-ULKOSEINÄ	
Maanvarainen laatta ja puurankaseinä	0,12
Maanvarainen laatta ja lämmöneristetty kiviseinä	0,15
Maanvarainen laatta ja massiivinen kiviseinä, $U < 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,11
Maanvarainen laatta ja massiivinen kiviseinä, $U > 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,25
Ryömintätilainen alapohja ja puurankaseinä	0,11
Ryömintätilainen alapohja ja lämmöneristetty kiviseinä	0,17
Ryömintätilainen alapohja ja massiivinen kiviseinä, $U < 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,12
Ryömintätilainen alapohja ja massiivinen kiviseinä, $U > 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	0,30
IKKUNAN SEINÄKIINNITYS	0,03

Lämpöhäviöt maaperään lasketaan RakMK D5 mukaisella laskentamenetelmällä tai vaihtoehtoisesti dynaamisella simuloinnilla. Dynaaminen simulointi voidaan tehdä yksiuotteisesti 1 m paksulla maakerroksella, jonka alapinnassa on vakiolämpötila 7 °C.

Vuotoilmanvaihto q_v (l/s) lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$q_v = \frac{q_{50}}{3,6 \cdot x} A,$$

- q_{50} rakennusvaipan keskimääräinen ilmanvuotoluku $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$, kohta 3.3.5;
 A rakennusvaipan pinta-ala (alaphoja mukaan luettuna) m^2 ;
 x kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille korkeimmille rakennuksille 15;
 3,6 kerroin, joka muuttaa ilmavirran m^3/h yksiköstä l/s yksikköön.“

Mikäli ilmanvaihdon poistoilmavirta on olennaisesti suurempi kuin tuloilmavirta, voidaan vuotoilmanvaihto laskea vaihtoehtoisella kaavalla:

$$q_v = \frac{0,25q_{50}A}{1 + 2780 \left(\frac{q_p - q_t}{q_{50}A} \right)^2},$$

- q_{50} rakennusvaipan keskimääräinen ilmanvuotoluku $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$, kohta 3.3.5;
 A rakennusvaipan pinta-ala (alaphoja mukaan luettuna) m^2 ;
 q_p poistoilmavirta l/s;
 q_t tuloilmavirta l/s.

Mikäli edellä mainittuja vuotoilmanvaihdon laskentakaavoja käytetään samanaikaisesti, otetaan vuotoilmanvaihdoksi tulos siitä laskentakaavasta, joka antaa pienemmän ilmavirran.

3.4.4 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö koostuu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen energiankäytöstä.

Energiankäytön laskennassa lämmitysjärjestelmän häviöt otetaan huomioon jakamalla tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitysjärjestelmän hyötysuhteella (Taulukko 7). Ko. tulos jaetaan vielä kattilan hyötysuhteella (Taulukko 8) tai lämpöpumpun lämpökertoimella (Taulukko 9), jolloin tuloksena on lämmitysjärjestelmän energiankäyttö tilojen lämmityksen osalta.

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden osalta lasketaan vastaavalla tavalla jakamalla ko. lämmitysenergian nettotarve kattilan hyötysuhteella (Taulukko 8) tai lämpöpumpun lämpökertoimella (Taulukko 9). Ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden ja lämpimän käyttöveden varaajien hyötysuhteeksi otetaan tässä laskelmassa 1,0. Erilaiset konvektorit ja myös lämmitykseen käytettävät ilmastointipalkit käsitellään tässä laskentamenetelmässä patterilämmityksenä.

Taulukkojen 7-9 arvot ovat tyypillisten järjestelmien ohjearvoja, jotka on tarkoitettu käytettäväksi ellei tarkempia tietoja ole saatavilla.

Tulisijoja ja ilma-ilma tyypisiä lämpöpumpuja ei oteta energialaskennassa huomioon.

Mikäli asuinhuoneissa on vesikiertoinen patterilämmitys ja märkätiloissa sähköinen lattialämmitys, on arvioitava tilojen lämmitysenergian nettotarpeen osuudet näille lämmitystavoille. Tämä arviointi tehdään joko simulointilaskelmalla tai vaihtoehtoisesti otaksutaan, että 50 % tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta kohdistuu märkätilojen lattialämmitykselle ja 50 % asuinhuoneiden patterilämmitykselle.

Taulukko 7. Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhteiden ja apulaitteiden sähkökäytön ohjearvoja. Kaikissa tapauksissa on oletettu lämpöeristetyt runkoputket ja huonekohtainen lämpötilan säätö.

Rakennus- tyyppi	Lämmitysratkaisu	Hyöty- suhde, -	Vesikiertoisen järj. kiertopumpun sähkön- käyttö ¹ , W/m ²
Pientalo	Patterilämmitys	0,97	0,2
	Lattialämmitys, maanvarainen tai ryömintätilainen alapohja	0,85	0,5
	Lattialämmitys välipohjassa	0,98	0,5
	Kattolämmitys yläpohjassa	0,9	0,5
	Kattolämmitys välipohjassa	1,0	0,5
Muu rakennus	Patterilämmitys, 70°C/40°C	0,88	0,1
	Patterilämmitys, 50°C/35°C	0,97	0,1
	Lattialämmitys, maanvarainen tai ryömintätilainen alapohja	0,85	0,3
	Lattialämmitys välipohjassa	0,98	0,3

¹ keskimääräiselle vuotuiselle sähkökäytölle vastaava sähköteho lämmitettävää huoneistoneeliötä kohti, sähköpattereille, -kaapeleille ja kattolämmityskelmuille sekä lämpöpumppujärjestelmille 0 W/m²

Taulukko 8. Kattiloiden ja kaukolämmön vuosihyötysuhteiden ohjearvoja.

Lämmöntuototapa	Hyötysuhde, -	
	Tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys	Lämpimän käyttöveden valmistus
Kaukolämpö	1	1
Öljy- tai kaasukattila	0,85	0,85
Öljy, kondenssikattila	0,91	0,88
Kaasu, kondenssikattila	0,95	0,92
Pellettikattila	0,85	0,85
Muu kiinteän polttoaineen kattila	0,75	0,75
Sähkölämmitteinen kattila	1	1

Taulukko 9. Lämpöpumppujen lämmityskauden ja käyttöveden valmistuksen keskimääräisten lämpökerrointen¹ ohjearvoja. Esitetyt lämpökertoimet eivät sisällä mahdollista lisälämmitystä, joka lasketaan erikseen.

Lämpöpumpun tyyppi	Lämmityskauden lämpökerroin ² , -
Maalämpöpumppu, lattialämmitys 40°C/33°C tai 35°C/30°C	3,5
Maalämpöpumppu, patterilämmitys 50°C/35°C	3,0
Maalämpöpumppu, lämpimän käyttöveden valmistus	2,7
Poistoilmalämpöpumppu ³	4,0
Ilma-vesi ulkoilmalämpöpumppu, lattialämmitys 40°C/33°C tai 35°C/30°C	2,8
Ilma-vesi ulkoilmalämpöpumppu, patterilämmitys 50°C/35°C	2,5
Ilma-vesi ulkoilmalämpöpumppu, lämpimän käyttöveden valmistus	2,3

¹ lämpökertoimet sisältävät kompressorin, kiertopumppujen ja apulaitteiden sähkökäytön

² lämpimän käyttöveden valmistuksen tapauksessa vuosilämpökerroin

³ poistoilman lämpötilaero on 21–5 = 16 °C ja osa lämpöpumpun tehosta käytetään käyttöveden valmistukseen

Lämpöpumppujärjestelmissä otetaan huomioon lisälämmityksen (yleensä sähköinen) energiankäyttö ellei maalämpöpumppujärjestelmä ole mitoitettu täysitehomoitoksella. Ilma-vesi tyyppisten lämpöpumppujen tapauksessa lasketaan aina lisälämmityksen energiankäyttö. Laskenta suoritetaan tunti tunnilta esim. simulointiohjelman lämmitysenergian nettotarpeen tulosten jälkikäsitteilyllä. Laskennassa otetaan huomioon, että lämpöpumpun teho riippuu olennaisesti ulkolämpötilasta. Vastaavasti lämpökertoimen riippuvuus ulkolämpötilasta voidaan ottaa laskelmassa huomioon mikäli käytettävissä on eri ulkolämpötiloissa (-15, -7, +2 ja +7 °C) mitatut suoritusarvot, jotka kuvaavat laitteen pitkäaikaista toimintaa sisältäen myös sulatusjaksojen vaikutuksen.

3.4.5 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän ilmapirrat ja käyntiajat lasketaan kohtien 3.3.2 ja 3.3.3 mukaan. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmön talteenotto lasketaan lämmitysenergian nettotarpeen laskennan osana kohdassa 3.4.2 kuvatulla tavalla.

Ilmanvaihtojärjestelmän puhallinsähköenergia lasketaan ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon (SFP-luku) ja käyntiaikojen avulla. SFP-luku saadaan suunnitelmista tai lasketaan tarvittaessa erikseen. Ohjeita SFP-luvun laskennasta on esitetty oppaassa (SFP-opas 2004).

3.4.6 Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytysjärjestelmän energiankäyttö voidaan laskea seuraavassa kuvatulla yksinkertaistettulla menetelmällä, ellei yksityiskohtaisempaa laskentaa käytetä. Mikäli simulointiohjelman laskee ilmastointikoneen jäähdytyspatterin ja kondensoivien huonelaitteiden kondenssihöviöt, voidaan menetelmää käyttää asettamalla kondenssihöviökerroin β_{cc} nollassi.

Jäähdytysjärjestelmän energiankäyttö koostuu jäähdytysenergian tuoton energiankäytöstä sekä apulaitteiden sähkökäytöstä. Jäähdytysjärjestelmän energiankäyttö lasketaan jäähdytysenergian nettotarpeesta. Kompressorijäähdytysjärjestelmän vuotuinen sähköener-

giantarve (kWh/a), lukuun ottamatta apulaitteiden sähköenergiaa, lasketaan

$$E_{tc}^Q = \frac{(1 + \beta_{cc} + \beta_{hc})}{\varepsilon_E} Q_{nca}$$

- Q_{nca} jäähdytysenergian vuotuinen nettotarve, kWh/a
 β_{cc} kondenssihöviökerroin, -
 β_{hc} lämpöhöviökerroin, -
 ε_E jäähdytysenergian tuoton jäähdytyskauden kylmäkerroin, -.

Jäähdytyskauden kylmäkerroimille on esitetty ohjearvoja taulukossa 10 ja kondenssihöviölle taulukossa 11. Näitä ohjearvoja voidaan käyttää, ellei tarkempia tietoja ole saatavilla.

Taulukko 10. Jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuisten kylmäkerroimien ohjearvoja.

Jäähdytysenergian tuottotapa	ε_E
Kompressorikylmälaitos	3.5
Vapaa jäähdytys, liuosjäähdytin	6

Kun jäähdytysenergiaa tuotetaan kompressorijäähdytyksen lisäksi vapaa jäähdytyksellä, järjestelmän vuotuinen sähköenergiantarve lasketaan

$$E_{tc}^Q = \alpha_1 \frac{(1 + \beta_{cc} + \beta_{hc})}{\varepsilon_{E1}} Q_{nca} + \alpha_2 \frac{(1 + \beta_{cc} + \beta_{hc})}{\varepsilon_{E2}} Q_{nca}$$

- α_1 tuotto prosessilla 1 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian arvioitu suhteellinen osuus, -
 α_2 tuotto prosessilla 2 tuotetun vuosittaisen jäähdytysenergian arvioitu suhteellinen osuus, -
 $(\alpha_1 + \alpha_2 = 1,0)$
 ε_{E1} tuotto prosessin 1 vuotuinen kylmäkerroin, -
 ε_{E2} tuotto prosessin 2 vuotuinen kylmäkerroin, -.

Kaukojäähdytystä käyttävän järjestelmän vuotuinen jäähdytysenergiankäyttö, lukuun ottamatta apulaitteiden sähköenergiaa, lasketaan

$$Q_{tc} = (1 + \beta_{cc} + \beta_{hc})Q_{nca}$$

Sähköä käyttävien apulaitteiden (pumppujen, puhaltimien ym. apulaitteiden) sähkönkäyttö lasketaan

$$E_{ac} = \beta_{ac}Q_{nca}$$

β_{ac} järjestelmän vuotuinen apulaitteiden sähkönkäyttökerroin, -.

Apulaitteiden sähkönkäyttökertoimena voidaan käyttää taulukon 11 ohjearvoja, ellei tarkempia tietoja ole saatavilla.

3.4.7 Valaistuksen ja laitteiden sähkönkäyttö

Valaistuksen ja laitteiden sähkönkäyttö lasketaan kohdassa 3.3.3 esitetyllä tavalla.

Taulukko 11. Jäähdytyksen kondenssihäviökertoimen β_{cc} , lämpöhäviökertoimen β_{hc} ja apulaitteiden sähkönkäyttökertoimen β_{ac} ohjearvoja.

Jäähdytysjärjestelmä	β_{cc}	β_{hc}	β_{ac}
Vesijärjestelmä, jäähdytyspalkit	0,3	0,1	0,02
Vesijärjestelmä, puhallinkonvektorit	0,3	0,3	0,05
Ilmajärjestelmä, IMS järjestelmä	0,3	0,3	0,2
SPLIT-laitteet ¹	0,3	0	0

¹apulaitteet on otettu huomioon kylmäkertoimessa

3.5 Vaatimukset energialaskennan suorittamiselle ja tulosten esittämiseksi

3.5.1 Vaatimukset laskentatyökaluille

Laskentatyökalujen pitää noudattaa energialaskennan yleisiä periaatteita, jotka on kuvattu eritasoisille laskentamenetelmille standardissa ISO 13790.

Laskentatyökalun pitää laskea vähintään lämmitysenergian nettotarve ja mikäli tarkasteltavassa rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, niin

myös jäähdytysenergian nettotarve. Lämmitys- ja jäähdytysenergian nettotarpeesta lasketaan edellä kuvatuilla laskentasäännöillä tai tarvittaessa yksityiskohtaisemmin lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmän sekä valaistuksen ja laitteiden energiankäyttö. Laskentatyökalusta riippuen tämä järjestelmien energiankäytön laskenta tehdään yleensä joko osittain tai täysin tulosten jälkikäsitteilyllä. Ainoastaan kehittyneimmät simulointiohjelmat pystyvät suorittamaan järjestelmälaskennan edellä kuvattujen laskentasääntöjen mukaisesti. Järjestelmien energiankäyttö muodostaa rakennuksen ostoenergian käytön sähköenergian, kaukolämmön, kaukojäähdytyksen tai polttoaineiden osalta. Nämä ostoenergiat lasketaan yhteen E-luvuksi kohdan 3.2 energiamuotojen kertoimilla.

Asuinrakennusten energialaskenta voidaan suorittaa kuukausitason tai tuntitason laskentamenetelmillä. Kaikkien muiden rakennusten energialaskenta pitää suorittaa tuntitason laskentamenetelmillä.

Mikäli asuinrakennuksen energialaskenta suoritetaan kuukausitason laskentamenetelmää käyttävällä laskentatyökalulla, pitää sen noudattaa RakMK D5 tai ISO 13790 laskentamenetelmää. Näiden laskentamenetelmien implementoinnin oikeellisuus pitää olla testattu alan tutkimuslaitoksen suorittamalla vertailulaskelmalla, jossa ko. laskentatyökalua verrataan tässä kohdassa kuvatut vaatimukset täyttävään simulointiohjelmaan. Laskentatyökalu täyttää asuinrakennusten kelpoisuusvaatimuksen, mikäli laskentatyökalun levittäjällä on esittää tällaisen vertailulaskelman sisältävä tutkimuslaitoksen raportti, missä on arvioitu ko. laskentatyökalun soveltuvuutta asuinrakennusten energiakäytön laskentaan. Arviointikriteerinä käytetään lämmitysenergian nettotarpeen poikkeamaa simulointiohjelman laskentatulokseen. Edellä mainittujen laskentamenetelmien implementointi katsotaan asianmukaiseksi mikäli tarkasteltavan laskentatyökalun laskema lämmitysenergian nettotarve on korkeintaan 5 % pienempi tai korkeintaan 15 % suurempi kuin simulointiohjelman tulos edustavissa laskentatapauksissa.

Tuntitason laskentamenetelmiä käyttävät työkalut jakaantuvat yksinkertaistettuihin tuntitason laskentatyökaluihin ja dynaamisiin simulointiohjelmiin. Molempia voidaan käyttää, mikäli ne on validoitu asianmukaisten EN, CIBSE tai ASHRAE standardien tai vastaavien kansallisten standardien tai IEA BESTEST testitapausten mukaisesti, lämmitys- ja jäähdytystehon testitapausten osalta. Tuntitason laskentatyökalu täyttää kelpoisuusvaatimuksen mikäli se on läpäissyt edellä mainitut testitapaukset ja laskentatyökalun levittäjällä on esittää siitä alan tutkimuslaitoksen raportti. Lisäksi tuntitason laskentatyökalun pitää täyttää seuraavat toiminnalliset vaatimukset:

- sääprosessori pysty lukemaan tämän laskentamenetelmän testivuotta (kohta 3.3.1) ulkoilman lämpötilan ja kosteuden sekä auringon suoran ja hajasäteilyn osalta;
- dynaaminen lämmönsiirron laskenta;
- lämmön talteenoton samanaikainen laskenta lämmitysenergian nettotarpeen kanssa;
- mahdollisuus syöttää kohdassa 3.3.2 ja 3.3.3 esitetyt lähtötiedot.

3.5.2 Vaatimukset tulosten esittämiselle

Energialaskennan keskeiset lähtötiedot esitetään taulukossa 12 kuvattujen tekijöiden osalta. Rakennusvaipan umpiosien, kylmäsiltojen, ikkunoiden sekä järjestelmien taulukoissa esitetään tarpeellinen määrä rivejä sen mukaan, miten ko. rakennuksen energialaskenta on suoritettu. Rakennusvaipan ominaislämpöväviöllä tarkoitetaan rakennusvaipan (ml. kylmäsiltoja) ja vuotoilmanvaihdon konduktanssia lämmitettyä huoneistoalaa kohti laskettuna.

Energialaskennan tulokset esitetään taulukossa 13 esitetyllä tavalla. Kaikki ominaiskulutukset lasketaan lämmitettyä huoneistoalaa kohti. LVIS-järjestelmien energiankäyttö muodostaa rakennuksen ostoenergiankäytön, joka eritellään kaikkien energialähteiden osalta. Painotettu energiankäyttö saadaan kertomalla ko. ostoenergia ko. energiamuodon kertoimella (energiamuotojen kertoimet on esitetty kohdassa 3.2). Painotettu energiankäyttö lämmitettyä huoneistoneliötä kohti on rakennuksen E-luku.

Taulukko 12. Energialaskennan lähtötietojen esittäminen.

Ilmanvuotoluku q_{50}		$m^3/(hm^2)$		
Rakennusvaipan ominaislämpöhäviö		$W/(K m^2)$	Johtumishäviöiden ja vuotoilman konduktanssi jaettuna lämmitetyllä huoneistoalalla	
Rakennusvaipan umpiosat	A m^2	U $W/(K m^2)$	U*A W/K	
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Yht. ¹ /painotettu keskiarvo ²	1	2	1	
Kylmäsilat	ψ W/(K m)	L m	$\psi*L$ W/K	
Ulkoseinä - ulkoseinä				
Alapohja - ulkoseinä				
Yläpohja - ulkoseinä				
Ikkunan ulkokehä				
Ulko-ovien ulkokehä				
Ulkoseinä $W/(m^2 K)$	-	-		
Muu W/K	-	-		
Yhteensä, W/K	-	-		
Ikkunat	A m^2	Lasiosan U $W/(K m^2)$	Kehäosan U $W/(K m^2)$	g-arvo -
1 (Etelä)				
2 (Länsi)				
3 (Itä)				
4 (Pohjoinen)				
Yht. ¹ /painotettu keskiarvo ²	1	2	2	2
Ilmanvaihtojärjestelmä	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötila-suhde -	Jäätymisen esto °C	
1 (pääilmanvaihtokoneet)				
2 (erillispoistot)		-	-	
Lämmitysjärjestelmä	Kattilan hyötysuhde -	Lämmönjaon hyötysuhde -	Lämpökerroin ³ -	Apulaitteiden sähkönkäyttö ⁴ W
Tilojen ja iv:n lämmitys LKV:n valmistus		-		-
³ lämmityskauden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumppujärjestelmille				
⁴ lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämmityskauden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden keskimääräinen kylmäkerroin, -			
LKV:n käyttö	$l/(d m^2)$	yht., m ³ /a		
Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt W/m ²	Laitteet W/m ²	Valaistus W/m ²	

Taulukko 13. Energialaskennan tulosten esittäminen.

Rakennuksen käyttötarkoitus	
Osoite	
Rakennusvuosi	
Lämmitetty huoneistoala	m ²
Kokonaishuoneistoala	m ²
Energiatehokkuusluku (E-luku)	kWh/(m²a) (kWh lämmitettyä huoneistoneliötä kohti)

Energiälähde	Ostoenergia	Painokerroin	Painotettu energiankäyttö	Painotettu energiankäyttö
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(a m ²)
Sähkö		2		
Kaukolämpö		0,7		
Kaukojäähdytys		0,4		
Polttoaine 1				
Polttoaine 2				
...				
Yhteensä	1	-		2

¹ Rakennuksen LVIS-järjestelmien energiankäyttö yhteensä (lämpö+sähkö)

² Lämmitettyä huoneistoneliötä kohti

Rakennuksen LVIS-järjestelmien energiankäyttö	Sähkö kWh/a	Lämpö kWh/a	Sähkö kWh/(a m ²)	Lämpö kWh/(a m ²)
Lämmitysjärjestelmä	-	-	-	-
Tilojen lämmitys				
Tuloilman lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
Ilmanvaihtojärjestelmä ³		-		-
Jäähdytysjärjestelmä				
Laitteet ja valaistus		-		-
Rakennuksen LVIS-järjestelmien energiankäyttö yhteensä				

³ Ilmanvaihdon tulo- ja korvausilman lämmitys kuuluu lämmitysjärjestelmään

Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(a m ²)
Tilojen lämmitys ⁴		
Ilmanvaihdon lämmitys ⁵		
Lämpimän käyttöveden valmistus		
Jäähdytys		

⁴ sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

⁵ laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Ilmaisenergiat	kWh/a	kWh/(a m ²)
Aurinko		
Ihmiset		
Laitteet		
Valaistus		

LVI-järjestelmien mitoitustehot	Sähkö kW	Lämpö kW	Sähkö kW/m ²	Lämpö kW/m ²
Lämmitysjärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmä		-		-
Jäähdytysjärjestelmä				

Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys
---------	---------------	-----------------

4. LÄHDEVIITTEET

KesEn hanke, Kestävä energia tutkimushanke, <http://hvac.tkk.fi/KesEn/>.

RET hanke, D5-taustaraportti 2005, <http://extra.motiva.fi/rethanke/>.

EN 15603:2008. Energy performance of buildings – Overall energy use and definition of energy ratings. European Standard, CEN 2008.

ISO 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.

Ympäristöministeriön moniste 122. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Helsinki 2003.

SFP-opas 2004. Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen. 3. painos, Heinäkuu 2009, LVI-talotekniikkateollisuus ry.

M. Eriksson. Trends in the Norwegian building ventilation market and drivers for changes AIVC VIP 21, 2008, 7 pp.

H. Tommerup, J. Rose, S. Svendsen. Energy-efficient houses built according to the energy performance requirements introduced in Denmark in 2006. Energy and Buildings 39 (2007) 1123–1130.

LIITE 1. Energiatehokkuusvaatimusten muodostuminen

Vuonna 2003 ja sen jälkeen käyttöön otettujen rakennusten E-luvun muodostuminen on esitetty taulukossa 1. Pientalon laskentaperusteena on nykyistä rakentamiskäytäntöä edustava pientalo maalämpöpumpulla tai vaihtoehtoisesti sähkölämmiteinen passiivitalo, jossa puolet lämpimästä käyttövedestä valmistetaan aurinkokeräimellä. Kaikissa muissa rakennustyypeissä tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys sekä lämpimän käyttöveden valmistus tapahtuu kaukolämmöllä.

Vaatimustasot perustuvat Kestävä energia –hankkeen (KesEn hanke) tyyppitaloihin ja niillä suoritettuihin laskel-

miin pääsääntöisesti 2010 energiamääräysten lähtöarvoilla. Koulurakennusten, liikuntahallien ja sairaaloiden vaatimustasojen määrittelyssä on sovellettu norjalaisia vaatimuksia (M. Eriksson 2008). Pientalojen lämpökuormien osalta on hyödynnetty lähdeä (H. Tommerup et al. 2007). Muut vaatimukset ja lähtöarvot perustuvat KesEn ja RET hankeisiin sekä RakMK D5 lähtöarvoihin.

2002 ja ennen sitä käyttöön otettujen rakennuksissa hyväksytään 30 %:n verran suurempi lämmitysenergian käyttö tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksen osalta (Taulukko 2).

Taulukko 1. 2003 ja sen jälkeen käyttöön otettujen rakennusten E-luvun muodostuminen.

Ominaiskulutus, kWh/(m ² a)	Pientalo	Asuin-kerrostalo	Toimisto-rakennus	Kauppakeskus	Hotelli	Koulu-rakennus	Liikuntasali	Liikunta-halli	Päiväkoti	Terveys-keskus	Sairaala
Tilojen lämmitys	28	21	36	4	9	39	41	48	59	21	57
Ilmanvaihdon lämmitys	2	17	11	40	26	27	19	40	15	17	42
LKV:n valmistus	18	40	6	4	40	11	11	20	25	20	30
Puhaltimet ja pumput	5	10	15	35	35	25	28	23	23	25	54
Valaistus	7	10	22	77	37	23	39	31	21	23	47
Laitteet	16	21	24	4	11	10	0	0	5	28	47
Jäähdytys (sähköä)	3	4	9	10	13	5	0	0	0	18	50
Lämpöenergia yhteensä		78	53	48	75	77	71	108	99	58	129
Sähköenergia yhteensä	78	45	70	126	95	63	67	54	48	94	199
Lämpöenergian kerroin		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Sähköenergian kerroin	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Painotettu ominaiskulutus	157	144	178	285	243	179	185	183	166	228	488
Pyörästetty E-luku	160	145	180	290	250	180	190	190	170	230	500

Taulukko 2. 2002 ja ennen sitä käyttöön otettujen rakennusten E-luvun muodostuminen.

Ominaiskulutus, kWh/(m ² a)	Pientalo	Asuin-kerrostalo	Toimisto-rakennus	Kauppakeskus	Hotelli	Koulu-rakennus	Liikuntasali	Liikunta-halli	Päiväkoti	Terveys-keskus	Sairaala
Tilojen lämmitys	28	27	47	6	12	51	53	62	77	27	74
Ilmanvaihdon lämmitys	12	23	14	52	34	35	25	52	20	22	55
LKV:n valmistus	18	40	6	4	40	11	11	20	25	20	30
Puhaltimet ja pumput	5	10	15	35	35	25	28	23	23	25	54
Valaistus	7	10	22	77	37	23	39	31	21	23	47
Laitteet	16	21	24	4	11	10	0	0	5	28	47
Jäähdytys (sähköä)	3	4	9	10	13	5	0	0	0	18	50
Lämpöenergia yhteensä		90	67	61	85	97	89	134	121	69	159
Sähköenergia yhteensä	88	45	70	126	95	63	67	54	48	94	199
Lämpöenergian kerroin		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Sähköenergian kerroin	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Painotettu ominaiskulutus	177	152	188	295	250	193	197	201	181	236	508
Pyörästetty E-luku	180	155	190	300	260	200	205	205	185	240	520

HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING
PUBLICATIONS B

- B74 Jokisalo, Juha, Kurnitski, Jarek,
Simulation of Energy Consumption in Typical Finnish Detached House. Preliminary Report. 2002.
- B75 Holopainen, Rauno, Salonen, Eero-Matti,
Modelling Bristle Behaviour in Rotating Brush Duct Cleaning. 2003.
- B76 Tuomainen, Marianna, Björkroth, Marko, Kämppi, Reima, Mussalo-Rauhamaa, Helena, Salo, Suvi-
Päivikki,
Säntti, Jaakko, Tuomi, Timo, Voutilainen, Risto, Seppänen, Olli
Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalivillakuitujen terveysvaikutukset. 2003.
- B77 Seppänen, Olli (toim.),
Tuottava toimisto 2005. Loppuraportti. 2004.
- B78 Kurnitski, Jarek, Jokiranta, Kai, Kalamees, Targo, Helenius, Tapio, Palonen, Jari, Airaksinen, Miimu
Ruusutorpan koulun puhallinavusteinen painovoimainen ilmanvaihto. 2005.
- B79 Jokisalo, Juha, Kurnitski, Jarek,
Effect of the Thermal Inertia and Other Building and HVAC Factors on Energy Performance and Thermal
Comfort in Finnish Apartment Buildings. 2005.
- B80 Holopainen, Rauno,
Ilmanvaihtokanaviston tilavuusvirtojen tasapainotus. 2006
- B81 Vuolle, Mika (toim.),
Kunnallinen ESCO-menettely. 2007.
- B82 Vuolle, Mika (toim.),
Talotekniikan korjaaminen kilpailullisella neuvottelumenettelyllä. 2007.
- B83 Suur-Uski, Tuomas,
Rakennusten taloteknisten järjestelmien toimivuus ja toimivuuden tunnusluvut sekä varmentaminen mit-
tauksin ja simuloinnein. 2007.
- B84 Hasan, Ala, Vuolle, Mika, Sirén, Kai, Holopainen, Riikka, Tuomaala, Pekka,
Optimisation of Building Energy Systems – A Computational Approach. 2007.
- B85 Kurnitski, Jarek,
Rakennusten energiatehokkuuden osoittaminen kiinteistöveron porrastusta varten. 2009.