

KARELIA AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Joni Sihvola

OMAKOTITALON ENERGIALASKENTA VUOSIEN 2007 JA 2012 RAKEN-
NUSMÄÄRÄYSTEN MUKAISESTI JA TULOKSIEN VERTAILU JA EROAVAI-
SUUKSIEN TUTKIMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Puh. (013) 260 800

Tekijä
Joni Sihvola

Nimeke
Omakotitalon energialaskenta vuosien 2007 ja 2012 rakennusmääräysten mukaisesti ja tuloksien vertailu ja eroavaisuuksien tutkiminen.

Toimeksiantaja
Eeva Hynynen

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä suoritettiin Kouvolassa sijaitsevan 80-luvulla rakennetun omakotitalon energiakulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskenta rakennusmääräyskokoelman D5 mukaisesti. Laskenta suoritetaan vuosien 2007 sekä 2012 rakennusmääräyskokoelmien mukaisesti.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös laskelmien lopputuloksiin vaikuttavat tekijät ja niiden myötä myös vanhan ja uuden laskentatavan eroavaisuuksien vertailu.

Pohdinnassa otetaan pienimuotoisesti kantaa uudemman rakennusmääräyskokoelman epäselvyyksiin.

Opinnäytetyön tarkoitus on verrata ja selventää 2007 ja 2012 laskentatapojen eroja. Opinnäytetyöstä voi olla myös apua niille henkilöille, jotka ovat opetelleet vanhan rakennusmääräyskokoelma D5:n mukaisen laskennan. Tarkoituksena tarjota heille materiaali, jonka lukemalla on mahdollista saada suora tieto siitä, mikä muuttui uudessa rakennusmääräyskokoelmassa.

Opinnäytetyö voi myös palvella opettajia heidän opettaessaan 2007 ja 2012 välillä tapahtuneita muutoksia.

Suurimmat huomioitavimmat muutokset ovat lämpöjohtumisen laskennassa. RakMK D5 2012 huomioi kylmäsillat kun taas 2007 versio ei huomioi näitä. Suurta kehitystä on myös tapahtunut siinä miten lämpimät ja puolilämpimät tilat huomioidaan laskennassa. Vanhempi versio käyttää laskennassa useasti bruttoneliöitä kun uudempi taas lämmitetyn alan neliöitä.

Uudistuksen myötä E-luvun laskentaan tuli mukaan energiamuotojen energiakertoimet jotka on päätetty riippuen siitä, miten ekologisena kyseinen energiamuoto nähdään.

Kieli
Suomi

Sivuja 73
Liitteet 12
Liitesivumäärä 64

Asiasanat
D5, E-luku, Energiankulutus, Energiatodistus



THESIS
May 2013
Degree programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Puh. (013) 260 800

Author
Joni Sihvola

Title
Calculation of Energy consumption for detached house according to the new and old building regulations from years 2007 and 2012 and comparing the differences.

Commissioned by
Eeva Hynynen

Abstract

The thesis handles energy efficiency calculations for detached house built in the 80's. The calculations are made according to the new and the old versions of the building regulations from years 2007 and 2012. Moreover, the differences affecting the results of the calculations on the varying versions are also demonstrated.

The purpose of the study is to compare and clarify the calculation differences of the 2007 version of building regulations. Thus, the study might also provide straightforward assistance to those professionals who have learnt the calculations of the old building regulations.

This thesis can also be used by lecturers to support them when teaching the changes that happened between 2007 and 2012.

Most notable changes that have happened are in cold bridges. Version of 2007 does not have calculations for them at all. There has also been great improvement in how the calculations take into account the different areas that are warm or semi-warm

With the new building regulations also came factors for different forms of energy production. That are dependant on how ecological is the view of that form of energy production

Language
Finnish

Pages 73
Appendices 12
Pages of Appendices 64

Keywords
D5, Energy efficiency, Energy consumption

Sisältö

1 Johdanto.....	8
1.1 Tausta.....	8
1.2 Tavoite	8
1.3 Rajaus.....	9
2 Omakotitalo ja sen rakenteet	9
2.1 Alapohja	11
2.2 Yläpohja.....	12
2.3 Ulkoseinät	13
2.4 Väliseinät.....	13
2.5 Ovet.....	13
2.6 Ikkunat ja tuuletusluukut	13
2.7 Rakenneosien pinta-alat ja rakennuksen tilavuus	14
2.8 Rakenteiden U-arvot	15
3 Omakotitalon energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta RakMK D5 2012 mukaan.....	16
3.1 Tilojen tarvitsema lämmitysenergian nettotarve	16
3.1.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	17
3.1.2 Ilmanvaihdon aiheuttaman tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve	21
3.1.3 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	23
3.2 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus 2012 mukaan	24
3.3 Lämpökuormat RakMK D5 2012 mukaan	25
3.3.1 Lämpökuormat henkilöistä.....	25
3.3.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista	26
3.3.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia	26
3.3.4 Lämpökuormista hyödynnettävä energia.....	29
3.3.5 Lämpimän käyttöveden kiertojohdon ja varastoinnin hyödynnettävä lämpöenergia	30
3.3.6 Lämpökuormien laskennallinen hyödynnettävä energia kuukausittain	31
3.4 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	33
3.4.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve.....	33
3.4.2 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve.....	35
3.4.3 Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus.....	37
3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus.....	38
3.6 E-luvun laskenta	39
4 Omakotitalon energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta RakMK D5 2007 mukaan.....	41
4.1 Energiankulutus.....	41
4.1.1 Ostoenergiat.....	41

4.1.2 Rakennuksen lämmitysenergia.....	43
4.2 Rakennuksen tilojen lämpöhäviöenergiat	45
4.2.1 Rakennuksen läpi johtuva lämpöenergia	45
4.2.2 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia.....	47
4.2.3 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja lämmön talteenotto.....	48
4.3 Käyttöveden lämmitystarve	50
4.4 Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat	51
4.4.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän häviöt	51
4.4.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän häviöt	52
4.5 Laitesähkönkulutus	53
4.5.1 Valaistuksen sähkönkulutus	54
4.5.2 Ilmanvaihdon sähkönkulutus.....	54
4.5.3 Laitteiden sähkönkulutus	55
4.6 Lämpökuormat.....	55
4.6.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia	55
4.6.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia	56
4.6.3 Lämpimän käyttöveden järjestelmistä vapautuva lämpökuorma	56
4.6.4 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia	57
4.6.5 Auringosta tuleva lämpökuormaenergia	57
4.7 Lämpökuormista hyödynnettävä energia.....	57
4.8 Lämmitysenergia	59
4.9 Sähköenergia.....	60
4.10 E-luku laskenta	61
5 Vuosien 2007 ja 2012 Rakennusmääräyskokoelmien D5 vertailua	62
5.1 Lähtötiedot.....	62
5.2 Rakenteiden läpi johtuva energia.....	63
5.3 Vuotoilma.....	63
5.4 Ilmanvaihto	64
5.5 Käyttövesi.....	64
5.6 Lämpöhäviöt	64
5.6.1 Lämmitysjärjestelmän häviöt	64
5.6.2 Käyttöveden lämpöhäviöt	65
5.7 Laitesähkönkulutus	66
5.8 Lämpökuormat.....	66
5.8.1 Ihmisten luovuttama lämpökuorma.....	66
5.8.2 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöistä tuleva lämpökuorma.....	66
5.8.3 Lämpimän käyttöveden luovuttama lämpökuorma	67
5.8.4 Auringon luovuttama lämpöenergia	67
5.9 Lämpökuormista hyödynnettävä energia.....	67

5.10 Aurinkoenergia.....	68
5.11 Lämmöntalteenotto	68
5.12 Laskenta-arvojen vertailu	68
6 Pohdinta	70
Lähteet	73

Liitteet

Liite 1 Vuoden 2007 rakennusmääräyskokoelman merkinnät

Liite 2 Vuoden 2012 rakennusmääräyskokoelman merkinnät

Liite 3 Lisäkonduktanssin arvot

Liite 4 Laskentaan valitut F_{ympäristö} arvot

Liite 5 Säätiiedot vyöhykkeelle I&II rakennusmääräyskokoelmasta D3 2012

Liite 6 Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat

Liite 7 Taulukkoarvoja 2007 rakennusmääräyskokoelmasta

Liite 8 Säätiiedot vyöhykkeelle II rakennusmääräyskokoelmasta D5 2007

Liite 9 E-luvun luokitteluasteikko

Liite 10 Rakennuksen pohjapiirustus

Liite 11 Aukkojen mitat ja laskennan kannalta olennaiset lähtötiedot

Liite 12 Laskenta rakennusmääräyskokoelmien mukaan 2012 ja 2007 ja tulosten vertailu

1 Johdanto

1.1 Tausta

Rakennusmääräyskokoelman D5:n 14.3.2012 laadittu luonnos on yhä ajankoh-
taisempi tänä päivänä koska energiatehokkuutta koskevat lakimuutokset astu-
vat voimaan 1.6.2013.

Opinnäytetyön tarkoituksena on palvella vanhoja osajia ja avustaa heitä päivit-
tämään tietonsa vanhan rakennusmääräyskokoelman laskutyylistä uuteen
RakMK D5 2012 mukaiseen laskutyylin, jonka rinnalla RakMK D3 2012 palvelee
yhä tiiviimmin.

1.2 Tavoite

Työn tutkinnan pääpaino ei varsinaisesti ollut energiankulutuksessa eikä sen
käyttötehokkuuden parantamisessa. Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut koota
tietoa uudistuksesta ja niiden vaikutuksesta laskentaan. Pääpainona on antaa
nopeaa tietoa siitä, mikä muuttui uudistuvassa RakMK D5 ja miten se vaikuttaa
eri osa alueittain laskentaan.

Arvioinnin kohteena on Kouvolassa sijaitseva omakotitalo vuodelta 1987. Talon
energialuku ei tule olemaan parasta mahdollista luokkaa sillä se on rakennettu
senaikaisten määräysten ja hyvän rakentamistavan mukaisesti. Kohteessa ei
ole suoritettu lisälämmöneristämistä tähän päivään mennessä. Tavoitteena ei
siis ole saada parasta mahdollista energialukua vaan saada vertailuarvoja uu-
den sekä vanhan RakMK D5-laskennan eroista ja niiden vaikutuksista.

Näitä eroavaisuuksia tarkastellaan ja käydään läpi, mistä eroavaisuudet johtu-
vat ja kuinka suuri on niiden vaikutus..

Eroavaisuuksia uuden ja vanhan laskentatavan lähtöarvotarpeissa tarkastellaan tässä opinnäytetyössä.

1.3 Rajaus

Opinnäytetyössä tarkastellaan tarkemmin vain uudistuvaa RakMK D5:tä eikä opinnäytetyö ei ota kantaa RakMK D3:en muutoksiin vaikka sieltä haettavia arvoja käytetään RakMK D5 2012 laskennan kanssa.

Opinnäytetyön ulkopuolelle rajataan myös RakMK C4 joka käsittelee rakenteiden U-arvoja myöhempää laskentaa varten. Vertailulaskennassa on käytetty U-arvoja, jotka on ilmoitettu vanhoissa piirustuksissa. Nämä vahat U-arvot eivät käsittele rakenteiden kylmäsiltoja yhtä yksityiskohtaisesti kuin uudempi laskenta. Kylmäsiltojen vaikutus lämpöhäviöihin tullaan huomioimaan RakMK D5 2012 laskennassa liitoksia tarkasteltaessa.

Helpottavat valmiit laskentaohjelmat on jätetty pois opinnäytetyöstä, koska ne eivät tarjoaisi tarpeeksi tarkastelukelpoisia tuloksia. Todennäköisesti ei edes ole mahdollista löytää laskentaohjelmaa, joka olisi suunniteltu laskemaan huomioiden vain RakMK D5:sen muutokset.

2 Omakotitalo ja sen rakenteet

Opinnäytetyössä kohteena oli Kouvolassa sijaitseva omakotitalo vuodelta 1987 (kuva 1). Taloon ei ole sittemmin suoritettu korjauksia, jotka vaikuttaisivat merkittävästi energiakulutuksen laskentaan. Talo on lämmitetty kaukolämmöllä ja sisältää kaksi varaavaa tulisijaa joidenka hyötysuhteeksi suunnitelmista saadaan keskiarvollisesti 0.8. Talon märkätiloissa (pesuhuone + sauna) on myös

sähkövastuksella toimiva lattialämmitys. Talon suunniteltu käyttölämpötila on 21 astetta.

Talo on rakennettu harkkoperustein maanvaraisen betonilaatan päälle. Kanta-
vat ulkoseinät ovat puurunkoisia ja ne on eristetty mineraalivillalla. Talon sisällä
on väliseiniä jotka ovat joko lastulevystä puurankaisina tai tiilimuurauksella to-
teutettun. Tiilimuuratut seinät sijaitsevat saunan ja pesuhuoneen ympärillä.

Talon vapaa huonekorkeus on 2400 mm paitsi talon keskellä olevissa keittiös-
sä ja olohuoneessa jossa on korotettu kalteva sisäkatto.

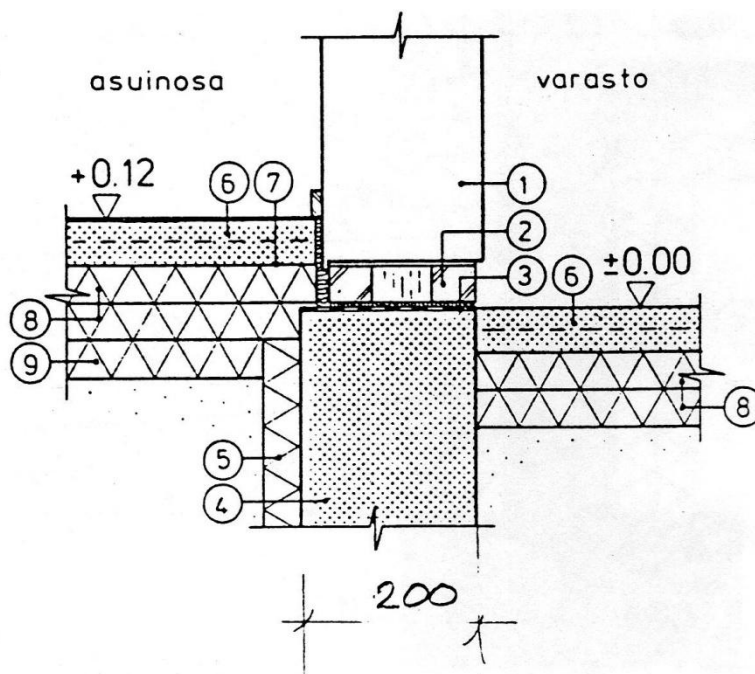
Kohteesta oli käytettävissä aluperäiset rakennuspiirustukset rakennekuvineen.
Näistä on saatu lähtöarvoja vertailulaskennan perusteiksi. Tilanteessa, jossa
laskennan kannalta olennaisia arvoja ei löydy vanhoista rakennekuvista tai lu-
vista, on käytetty oletusarvoja. Käytetyt oletusarvot ovat ko. aikakaudelle mää-
rättyjen määräyksien ja hyvän rakentamistavan mukaisesti.

Talossa on puolilämpimiä tiloja. Näissä tiloissa on tekninen tila, varasto ja auto-
talli. Kuvasta näkee tarkemmin kuinka tilat ovat jakautuu lämpimiin ja puoliläm-
pimiin tiloihin. Puolilämpimän tilan suunniteltu lämpötila on +15 astetta (Liite 11)

Rakennuksessa on huippuimuri jota käytetään 30 %:n teholla maksimista. Ky-
seisellä imurilla ja teholla rakennuksen ilmanvaihtoluku ei tule täyttymään. Ky-
seinen arvo on rakennusmääräyskokoelman vastainen, mutta realistinen tässä
kohteessa.

2.1 Alapohja

Alapohja on rakennettu maanvaraisena 80mm betonilaatalle (2x 50mm) 100mm styroksin päälle. Talon reunoilla ja tiloilla, jotka ovat varaston vierellä, on 50mm reunalisäys styroksin kokonaispaksuuteen (kuva 2)



1. ULKOSEINÄ
2. ALAOHJAUSPUU KTS. DET. DO-812
3. KOSTEUDENERISTYS
4. HARKKO- TAI BETONIPERUSTUS
5. STYROX N. 50 mm
6. TERÄSBETONILAATTA 60 mm, VERKKO 3015 B 500 V
7. TIIIVISTYSMUOVI TAI -PAPERI
8. STYROX N. 2x50 mm
9. STYROX N. 50 mm, 1 mm:n REUNAKAISTALLA

Kuva 1. Maanvarainen alapohjarakenne asuinosa/varasto (Vanhat rakennepiirustukset)

2.3 Ulkoseinät

Ulkoseinät ovat puurunkoisia ja rakenne lueteltuna ulkoapäin on seuraavasti: paneeli, ilmarako, 12mm huokoinen kuitulevy, eristeenä 200mm mineraalivilla, muovikalvo ja sisäpintana lastulevy. Sisäseinät on joko maalattu tai tapetoitu huoneen käyttötarkoituksen mukaisesti.

2.4 Väliseinät

Väliseiniä talossa on kahdenlaisia. Ensimmäinen kevyempi väliseinä koostuu kahdesta lastulevystä, jotka ovat sisäpintoina ja äänieristeenä näiden välissä on 75mm mineraalivillaa. Toinen seinätyyppi on tiiliseinä kosteissa tiloissa, saunassa ja pesuhuoneessa.

2.5 Ovet

Kohteessa on ulosjohtavia ovia kolme kappaletta. Yksi pääovi, joka johtaa eteisen kautta ulos. Kaksi sekundaariovea, joista toisesta on pääsy kodinhoitohuoneesta ulos pyykinkuivatus telineille. Toinen sekundaariovistä sijaitsee toisessa makuuhuoneessa, jossa on pieni takka. Ovi johtaa ulos terassille.

2.6 Ikkunat ja tuuletusluukut

Rakennuksen ikkunat kaksipuitteisia ja kolmilasisia (ulkoa 1 lasi ja sisällä 2 lasia). Ikkunat ovat sen ajan määräysten mukaisia ikkunoita. Ikkunoiden dimensiot vaihtelevat ikkunan sijainnin ja valontarpeen mukaan. Ikkunoiden karmirakenteena on tässä laskennassa 100mm paksuinen karmirakenne. Talossa on myös muutama pienempi tuuletusluukku, jotka sijaitsevat samassa kahden kookkaamman ikkunan kanssa. Ikkunat ovat joko pikalukoin tai isommat ikkunat kiereruuvein varustettuja jotka mahdollistavat tiukemman kiinnittymisen ja siten

pienemmät ilmavuodot ikkunoiden kautta. Liitteessä 11 on esitelty rakennuksessa sijaitsevien aukkojen mitat. Havainnollistamisen helpottamiseksi kuvaan on myös piirretty yksinkertaiset näkymät ikkunoita katsottaessa. Ikkunaryhmien kuvat ovat kuvassa siten, että ne ovat talon sisältäpäin katsottuna kaadettu maakaamaan ulospäin.

2.7 Rakenneosien pinta-alat ja rakennuksen tilavuus

Lämpimän yläpohjan arvo eroaa lämpimän alapohjan arvosta sen takia, että keittiössä ja olohuoneessa on korotettu sisäkatto, joka normaalista poiketen kalteva samalla tavalla kuin ulkopuolinen katto. Edellä mainitusta syystä lämpimän yläpohjan pinta-ala arvo on hieman suurempi. Rakenneosien pinta-alojen arvot ovat hieman eriävät uudemman ja vanhemman RakMK D5 laskennan kanssa johtuen siitä miten itäpuolisen puolilämpimän rakenneosien pinta-alat huomioidaan.

Ohessa on esitetty eri rakenneosien pinta-aloja[m²]. (Eri värit indikoivat arvot käyttöä eri laskennassa) harmaata käytetään RakMK D5 2012 laskennassa, ruskeaa RakMK D5 2007 laskennassa

Taulukko 1. Pinta-alat

Ovet&tuuletusluukut	7,195		
Ikkunat	13,59		
Ulkoseinä(lämmin)	85,99		
Ulkoseinä(puolilämmin)	40,97		
Seinä(puolil.-lämmin)	19,94		
Yläpohja(lämmin)	116,1		
Yläpohja(puolilämmin)	32,5	kauko	säh
Alapohja(lämmin)	105	96,7	8,3
Alapohja(puolilämmin)	32,5		
Huoneistoala A _{br}	105	96,7	8,3
Avaippa(lämmin)	307		
Avaippa(puolilämmin)	106		

2.8 Rakenteiden U-arvot

Rakenteiden U-arvoina käytetään vanhoissa piirustuksissa esitettyjä entisiä ns. k-arvoja. Arvoista saisi mahdollisesti hieman eriävät arvot, jos laskenta suoritettaisiin uudestaan nykyisten RakMK C4:sen laskentamenetelmien mukaisesti. Tämän opinnäytetyön pääpaino laskennan kannalta on tuoda eroavaisuuksia esille uuden ja vanhan RakMK D5 rakennusmääräyskokoelman välillä. Käyttäessä samoja U-arvoja kummassakin laskennassa erot pysyvät realistisinä eroina.

Ohessa eri rakenteiden U-arvot, jotka on poimittu vanhoista suunnitelmista.

Taulukko 2. U-arvot

Rakenne	U-arvot[W/(m ² K)]
Ovet&tuuletusluukut	0,7
Ikkunat	1,7
Ulkoseinä	0,23
Yläpohja	0,15
Alapohja	0,18

3 Omakotitalon energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta RakMK D5 2012 mukaan

Laskenta suoritetaan D5 2012 ohjeistuksen myötäisesti. Laskennan kulku suoritetaan RakMK D5:ssä esitetyn vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseen vaaditulla tavalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laskennan ohjearvoja haetaan osaan laskuista D3 2012 rakennusmääräyskokoelmasta. Laskennassa käytetyt viittaukset kaavoihin ja kaavanumeroihin viittaavat kyseiseen RakMK kokoelmaan ja sen kaavanumeroon. Tämä sen takia, että opinnäytetyötä olisi helppo tutkia RakMK D5:sen rinnalla.

3.1 Tilojen tarvitsema lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen sisällä olevat asuintilat tarvitsevat lämmitystä ja lämmittäminen vaatii energiaa. Energiatarpeen suurin vaikutustekijä on lämpöjohtuminen rakenteiden läpi. Lämmitysenergian nettotarpeen $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ laskenta suoritetaan D5:sesta löytyvällä kaavalla (D5, 2012 s. 17, kaava 3.1). Nettotarpeen laskentaan tarvitaan lähtötietoina vähintään rakenneosien pinta-alat, rakenneosien lämmönläpäisykertoimet, ilmanvaihdon ilmavirrat, ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat ja ilmanvaihtokoneiden lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen.

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh
Q_{tila}	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpöenergiat jotka huomioidaan lämmityksessä, kWh

Tilojen lämmitysenergian tarve Q_{tila} lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.17, kaava 3.2)

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (3.2)$$

jossa

Q_{tila}	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
Q_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{iv,tuloilma}$	tiloissa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{iv,korvausilma}$	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

3.1.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennuksen rakenteiden läpi johtuu lämpöä, koska käytännössä niin paksuja seiniä on mahdoton rakentaa jotka toimisivat siten, että lämpöhäviötä ei olisi. Johtuminen lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.18, kaava 3.3)

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinä} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkuna} + Q_{ovi} + Q_{muu} + Q_{kylmäsiljat} \quad (3.3)$$

jossa

$Q_{ulkoseinä}$	Johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{yläpohja}$	Johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
$Q_{alapohja}$	Johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
Q_{ikkuna}	Johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
Q_{ovi}	Johtumislämpöhäviö ulko-ovien ja tuuletusaukkojen läpi, kWh
Q_{muu}	Johtumislämpöhäviö puolilämpimiin tiloihin, kWh
$Q_{kylmäsiljat}$	Kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö, kWh

Yllä olevat eri rakenneosat lasketaan jokainen erikseen kaavalla (D5, 2012 s.18
3.4)

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.4)$$

Jossa

Q_{rakosa}	Johtumislämpöhäviö rakenneosan läpi, kWh
U_i	Rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m ²
T_s	Sisälämpötila, °C
T_u	Ulkolämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Kohteessa on puolilämmin päätytila jossa on autotalli, tekninen tila ja varasto (kuva 1). Joten Q_{muu} On johtumista lämpimästä tilasta tähän kuvassa eroteltuun puolilämpimään tilaan jonka suunniteltu lämpötila on +12 astetta.

Laskettaessa $Q_{alaphoja}$ on käytettävä kuukausittaista keskilämpötilaa.

Alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen lämpötilan laskenta saadaan kaavoista (D5, 2012 s. 20, kaava 3.6 & 3.7). Näin saadaan maanlämpötila selville, joka on $Q_{alaphoja}$ laskennassa T_u .

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (3.6)$$

jossa

$T_{maa,vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{u,vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{maa,vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

Arvo $\Delta T_{maa,vuosi}$ haetaan taulukosta (D5, 2012 s. 21, Taul.3.5) ja koska alapohjan U-arvo on 0.18 ja alapohjan maalaji on luokkaa "Savi, salaojitettu hiekka ja sora" Saadaan arvoksi 5

$$T_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (3.7)$$

jossa

$T_{maa,kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
$T_{maa,vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{maa,kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

Arvo $\Delta T_{maa,kuukausi}$ haetaan taulukosta (D5, 2012 s. 21, Taul.3.5)

Näiden arvojen laskenta on suoritettu poikkeuksellisesti laskentaosion sivulla 27.

Rakennuksessa sijaitsevat viivamaiset kylmäsilat (kts. rakenneleikkauskuvat) ovat rakenteita joissa rakennuksen läpi kulkeutuu esimerkiksi rakennetta itseään tukeva puulankku. Kylmä johtuu tätä lankkua pitkin paremmin talon lämpimälle puolelle kuin rakenteen kohdalta jossa on mineraalivillaa eristeenä. Nimitys kylmäsilta tulee siis siitä, että se on tavallaan kulkuväylä kylmälle rakenteiden läpi.

$Q_{kylmäsilta}$ arvoa laskettaessa RakMK D5 taulukoista 3.1 ja 3.2 saatiin ψ_k arvot seuraavasti: Yläpohjan viivamaisen lisäkonduktanssin ψ_k oli arvoltaan 0,05 , koska sekä seinärakenne, että yläpohjan kantavat rakenteet olivat puuta. Alapohjan viivamaisen lisäkonduktanssin ψ_k oli arvoltaan 0,10 , koska rakennuksessa on maanvastainen betonipohja, joka liittyy puiseen seinärakenteeseen. Nurkkien viivamaisen lisäkonduktanssin arvoksi saatiin taulukosta 0,04 , koska seinärakenteet ovat puuta kauttaaltaan ja kaikki nurkat rakenteessa ovat "ulko-

nurkkia". Ikkunoiden ja oviliitosten viivamaiseksi seinäkonduktanssiksi saatiin 0,04 , koska ikkunat ja ovet ovat lämmöneristeen kohdalla seinärakenteessa. Lisäkonduktanssin arvot myös ympyröitynä liitteessä 3.

Rakennuksen kylmäsiltojen aiheuttama lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (D5, 2012 s. 18, 3.5)

$$Q_{kylmäsilto} = \sum I_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.5)$$

Vuotoilma on olennainen osa laskentaa, koska rakenteita on käytännössä mahdoton rakentaa 100%:sen tiiviiksi. Rakentamisen aikana tapahtuu inhimillistä epätarkkuutta, jotka omalta osaltaan aiheuttavat rakennuksen ilmatiiveyden heikkenemistä. Lämpöeläminekin saattaa aiheuttaa rakenteeseen rakoja, jos ilma pääsee vuotamaan lävitse. Vuotoilmaa aiheutuu tuulesta ja lämpötilaeroista jotka aiheuttavat paine-eroja ulkoilman ja sisäilman välille. Tässä kohdassa laskentaa ei huomioida ilmanvaihtokoneiden aiheuttamaa ilmavirtaa rakenteiden läpi. Vuotoilman lämmittämiseen tarvittava lämpöenergian tarve voidaan laskea kaavalla (D5, 2012 s. 21, 3.8)

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i C_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3.8)$$

Jossa

$Q_{vuotoilma}$	Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
ρ_i	Ilman tiheys, 1,2kg/m ³
C_{pi}	Ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	Sisäilman lämpötila, °C
T_u	Ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

$q_{v,vuotoilma}$ arvoa laskettaessa käytetään q_{50} arvoa joka on otettu RakMK D5:sen taulukosta 3.6 arvo eli keskiarvallisesti otettuna 4,0. Arvo on laskettu näin , kos-

ka rakennus on pientalo ja arvioidaan, että talon ilmapitävyys on keskimääräinen. Arvoa laskettaessa A_{vaippa} arvona käytetään lämpimän tilan yläpohjan, alapohjan ja seinän yhteenlaskettua pinta-alaa (kuva 1). $q_{v,vuotoilma}$ lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.21, 3.9)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa} \quad (3.9)$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{50}	rakennusvaipan ilmapuotoluku, m ³ /(h m ²)
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m ²
x	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksilla 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja siitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3m, -. Vain maapinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon
3600	Kerroin, joka muuttaa ilmavirran m ³ /h yksiköstä m ³ /s yksikköön

3.1.2 Ilmanvaihdon aiheuttaman tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

Rakennus tarvitsee ilmanvaihtoa, koska ihmisten hengittäessä ilmaan tulee hiilidioksidia ja tämä hiilidioksidinen ilma tulee vaihtaa rakennuksen sisällä uuteen tasaisiin väliajoin. Näin pidetään rakennuksen sisäilma hengityskelpoisena ja terveellisenä. Opinnäytetyön rakennukselle on määrätty ilmanvaihtoluku arvo 0,5 1/h. Tämä tarkoittaa, että puolet talon ilmasta vaihtuu tunnin aikana. Kahden tunnin aikana talon ilma on vaihtunut kokonaan.

Korvausilman lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.25, 3.15)

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000 \quad (3.15)$$

jossa

$Q_{iv,korvausilma}$	korvausilman lämpenemisen lämpö energian tarve, kWh
ρ_i	ilman tiheys, 1,2kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000J/(kg K)
$q_{v,korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
T_u	ulkolämpötila, °C
T_s	sisälämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Kohteessa on huippuimuri joka tarkoittaa sitä, että kohteessa kaikki tapahtuva ilmavirta on imurin kautta ulospäin. Kaikki sisään tuleva ilma tulee rakenteiden läpi korvausilmana. Huippuimurille on säätöpaneeli talon sisällä. Imuria käytetään yleisesti noin 30% teholla joten laskenta tulee tapahtumaan 30% teholla verrattuna huippuimurin maksimitehoon. Tämä arvo on $q_{v,poisto}$ ja $q_{v,tulo}$ arvona käytetään arvoa 0

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.26, 3.16)

$$Q_{v,korvausilma} = t_d t_v q_{v,poisto} - t_d t_v q_{v,tulo} \quad (3.16)$$

jossa

$q_{v,korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s

Kohteessa ei ole lämmöntalteenottoa joten lämmöntalteenoton laskentaa käsittelevä osuus on jätetty pois laskennasta.

3.1.3 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän veden käyttö rakennuksessa edellyttää veden lämmitystä varaajassa tai jossain muualla. Tämä vaatii lämpöenergiaa. Tämä lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.26, 3.18)

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v C_{pv} V_{lk} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 - Q_{lkv,LTO} \quad (3.18)$$

jossa

$Q_{lkv,netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
ρ_v	veden tiheys, 1000kg/m ³
C_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
V_{lk}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h
$Q_{lkv,LTO}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh

Laskenta suoritetaan energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksien mukaisesti, käytetään RakMK D3 2012 rakennusmääräyskokoelman sivulta 21 taulukosta 5 löytyvää Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksen arvoa 600 dm³/(m²a) muutettuna laskentaan sopivaksi arvoksi 0,6 m³/(m²a). Tätä arvoa käytetään laskettaessa lämpimän käyttöveden kulutus arvoa V_{lk} . Kyseinen arvo lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.27, 3.20)

$$V_{lk} = V_{lk,omin} A_{netto} \Delta t / 365 \quad (3.20)$$

jossa

V_{lk}	Lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
$V_{lk,omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, m ³ /m ² a
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Δt	ajanjakson pituus, vuorokautta
365	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorikausikulutukseksi, vuorokautta/vuosi

Rakennusmääräyskokoelman D3 2012 mukaan kylmänä veden lämpötilana käytetään arvoa 5°C ja lämpimän käyttöveden lämpötilana 50°C

3.2 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus 2012 mukaan

Rakennuksessa olevien laitteiden sähköenergiankulutus on sähkölaitteiden yhteenlaskettu kulutus. Tämä ei huomioi valaistuksen, ilmanvaihdon eikä lämmitys/jäähdytysjärjestelmien energiankulutusta. Opinnäytetyössä on tarkoituksena laskea vaatimuksenmukaisuuden osoittamalla tavalla rakennuksen E-luku. Laskennassa käytetään RakMK D3 2012 määräyskokoelmasta löytyviä kuluttajalaitteiden sähkönkulutuksen arvoja, jotka määräytyvät rakennuksen pinta-alan mukaan. Pinta-alana käytetään rakennuksen lämpimän tilan pinta-alaa.

RakMK D5 2012 itsessään tarjoaisi tarkemman tarkastelun rakennuksen sähkönkulutukselle. RakMK D5 2012 on taulukot joissa esitetään vuosikulutuksia erinäisille sähkölaitteille. Laskenta taulukon arvojen mukaan ei ole vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen kannalta oikeanlaista laskentaa joten tätä laskentaa ei voida käyttää esimerkkinä tämän opinnäytetyön laskennassa.

Huomioitavaa tässä laskennassa on, että valaistuksen laskennassa käyttöasteena käytetään 0,1 muusta laskennasta poiketen. Tämä on mainittu taulukon (D3 s.19, Taul. 3) alareunassa.

Arvot saadaan RakMK D3 2012 s.19 Taulukosta 3. Lämpökuorma sekä sähköenergian kulutus kummatkin lasketaan samalla kaavalla (D3 s.19, 4)

Tämä kaava antaa suoraan vuosittaisen sähköenergiasta tulevan lämpökuorman/kulutuksen. Joten laskennassa, jossa tarvitaan kuukausitason sähköener-

gian arvoa tullaan vuositason laskenta jakamaan vuoden tunneilla ja kerrotaan kyseisen kuukauden tunneilla.

$$Q = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad (\text{D3 s.19, 4})$$

$$W = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad (\text{D3 s.25, 6})$$

jossa

Q	sähkölaitteiden ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma, kWh/m ²
W	sähkölaitteiden ja kuluttajalaitteiden vuotuinen sähkönkäyttö, kWh/m ²
k	käyttöaste
P	lämpökuorma, W/m ²
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa, h
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, d

3.3 Lämpökuormat RakMK D5 2012 mukaan

3.3.1 Lämpökuormat henkilöistä

Henkilöt luovuttavat rakennukseen lämpöenergiaa siellä oleskellessaan. Lämpöenergian määrään vaikuttaa henkilöiden lukumäärä ja henkilöiden oleskeluaika rakennuksessa. Tässä laskenta tehdään siten, että niillä voidaan osoittaa rakennuksen vaatimuksenmukaisuus ja E-luku. Käytetään henkilön luovuttaman lämpöenergian arvoja jotka esitetään RakMK D3 2012 sivulla 19 taulukossa 3. Lämpöenergia lasketaan kaavalla (D3, 2012 s.19, kaava 4)

$$Q = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad (4)$$

Taulukko 3. Lämpökuormat/energiakuormat(RakMK D3 2012 s.19 Taulukko 3)

Taulukko 3. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti. Käyttöaika esittää kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana.

Käyttötarkoituksiluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

3.3.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista

Rakennuksen sisällä sijaitsevat valaisimet ja laitteet tuottavat lämpöenergiaa taloon vaikka niiden pääsääntöinen tarkoitus olisikin tehdä jotain muuta, esim jäähdyttää ilmaa jääkaappiin. Tämä lämpökuorman määrä lasketaan samalla kaavalla kuin 3.3.1. Ainoana erona on taulukosta (D3, 2012 s. 19 Taul. 3) katsotut laskennan lähtöarvot.

3.3.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Auringonpaiste, joka yltää ikkunoiden kautta rakennuksen sisätiloihin tuo rakennukseen valon lisäksi lämpöenergiaa. Määrä riippuu auringon suunnasta ikku-

naa vasten, varjostuksesta, ikkunan lasista, ikkunan koosta ja mahdollisista ikkunaan sijoitetuista verhoista.

Rakennukseen ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.31, 5.4)

$$Q_{aur} = \sum G_{säteilty,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (5.4)$$

jossa

Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva säteilyenergia, kWh/kk
$G_{säteilty,pystypinta}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
A_{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen, m ²)
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

Liitteestä 5 saadaan arvot $G_{säteilty,pystypinta}$ arvolle. Liite on RakMK D3 2012 liitteistä otettu.

Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.33, 5.5)

$$g = 0,9g_{kohtisuora} \quad (5.5)$$

$g_{kohtisuora}$ arvo saadaan taulukosta (D5, 2012 s.33, 5.1) kyseisessä rakenteessa se on 0,70 , koska rakennuksen ikkunat luokitellaan luokkaan "Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna"

Ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.33, 5.6)

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (5.6)$$

jossa

$F_{\text{läpäisy}}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
$F_{\text{kehä}}$	kehäkerroin
F_{verho}	verhokerroin
$F_{\text{varjostus}}$	varjotusten korjauskerroin

Rakennuksen kehäkerroin lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.33, 5.7)

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk,valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad (5.7)$$

A_{ikk} arvot lasketaan yhteensä per ilmansuunta, koska varjostus jokaisella ikkunalalla per ilmansuunta on lähes samanlainen. Tämä ei tuo merkittävää häiriötä tai virhettä laskelmiin. Liitteessä 11 näkyvät ikkunan koot ovat karmirakenteen ja ikkunan kehyksen kanssa. Karmirakenne ikkunan ympärillä on kaikilla ikkunoilla samanlainen. Karmin leveys ikkunan kehyksen kanssa on 100mm ja laskenta tullaan suorittamaan tällä apuarvolla. Esimerkiksi kun luoteisen makuuhuone/takkahuoneen ikkuna lasketaan, niin kyseisen ikkunan A_{ikk} tulisi kuvasta 4 eli $1,05\text{m} \cdot 1,3\text{m}$ ja $A_{\text{ikk,valoaukko}}$ on $(1,05\text{m} - 0,1\text{m}) \cdot (1,3\text{m} - 0,1\text{m})$. Tätä arvoa käytetään $F_{\text{kehä}}$ arvon laskennassa.

F_{verho} arvo katsotaan taulukosta (D5, 2012 s.34, 5.2). Rakenteessa on sälekaihtimet lasien välissä, joten laskennassa käytetään arvoa 0,3

Rakennuksen ympärillä olevien muiden rakennuksien ja rakennuksen omien rakenteiden varjostuksen vaikutukseen vaikuttavat arvot $F_{\text{ympäristö}}$, $F_{\text{ylävarjotus}}$, $F_{\text{siivuvarjostus}}$ arvioitiin paikanpäällä silmämääräisesti varjostusasteina. Arvioinnin mukaan varjostusasteet ovat seuraavasti. Itään päin kohdistuneita ikkunoita ei ole lämmitetyn rakennuksen puolella, joten itäpuolen ikkunat jätetään huomiotta.

Rakennuksen ympärillä sivuvarjostusta esiintyi vain yhden ikkunan luona ja siinäkin alle 5° verran, joten se jätettiin huomiotta. Selvyyden vuoksi liitteestä 4 näkee arvot jotka valittiin rakennuksen varjostuskertoimiksi.

$F_{varjostus}$ lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.34, 5.8)

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjotus} F_{sivuvarjostus} \quad (5.8)$$

$F_{ympäristö}$

Pohjoinen 15°

Itä 15°

Etelä 15°

Länsi 45°

$F_{ylävarjotus}$

Pohjoinen 10°

Itä 0°

Etelä 0°

Länsi 0°

$F_{sivuvarjostus}$

Pohjoinen 0°

Itä 0°

Etelä 0°

Länsi 0°

3.3.4 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Osa aiemmin lasketuista lämpökuormista voidaan hyödyntää talon lämmitykseen käytettävänä lämpöenergiana. Näitä lämpökuormia voidaan hyödyntää vain jos rakennuksessa esiintyy lämmityksen tarvetta. Lämpökuormien hyödynnettävä energia lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.36, 5.9)

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lkv,kierto,kuorma} + Q_{lkv,varastointi} \quad (5.9)$$

jossa

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
$Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh
$Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä lämpökuormaksi tuleva osuus, kWh

Oheisista arvoista laskettuna aiemmin on $Q_{\text{lämpökuorma}}$, Q_{henk} , $Q_{\text{säh}}$ ja Q_{aur} laskematta on siis arvot $Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}}$ ja $Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}}$. Normaalisti nämä arvot tulisi laskea vasta myöhemmässä osassa laskentaa, mutta nyt ne lasketaan seuraavassa kohdassa selvyiden vuoksi.

3.3.5 Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ja varastoinnin hyödynnettävä lämpöenergia

$Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}}$ ja $Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}}$ arvojen laskenta tapahtuu D5, 2012 s. 44 kapale 6.3. Nämä arvot ovat 50% arvoista $Q_{\text{lkv,kierto}}$ ja $Q_{\text{lkv,varastointi}}$.

$Q_{\text{lkv,varastointi}}$. Rakennuksessa ei ole varaajaa vaan lämmin käyttövesi tulee kaukolämmön vaihtimen kautta. Tämän takia lämpimän käyttöveden varastoinnin häviönä ja hyödynnettävänä lämpöenergiana käytetään arvoa 0

$Q_{\text{lkv,kierto}}$ lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.45, 6.5)

$$Q_{\text{lkv,kierto}} = (\Phi_{\text{lkv,kiertohäviö,omin}} L_{\text{lkv}} + \Phi_{\text{lkv,lämmitys,omin}} \eta_{\text{lämmityslaite}}) \frac{t_{\text{lkv,pumppu}}^{365}}{1000}$$

jossa

$Q_{lkv,kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/a
$\Phi_{lkv,kiertohäviö,omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
L_{lkv}	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus, m
$\Phi_{lkv,lämmitys,omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytketyn lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$\eta_{lämmityslaitte}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
$t_{lkv,pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, h/vrk

Yllä mainitussa $\Phi_{lkv,lämmitys,omin}$ tarkoitetaan kuivaukseen käytettäviä lämmityslaitteita. Tässä tapauksessa niiden määrä on 0 joten se osa laskennasta tullaan jättämään pois

Rakennuksessa sijaitsevan kiertojohdon pituus on arvioitu RakMK D5 2012 s46 taulukon 6.5 mukaisesti 4,3 metriä pitkäksi.

Kiertojohdon eristyspaksuus on 0,5 kertaa putken paksuus joten tämän rakennuksen $\Phi_{lkv,kiertohäviö,omin}$ arvona käytetään arvoa 10 W/m

Näiden arvojen selvittämisen jälkeen lasketaan luvussa 5.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia $Q_{lämpökuorma}$.

3.3.6 Lämpökuormien laskennallinen hyödynnettävä energia kuukausittain

Lämpökuormista kokonaisuudessaan kuukausittain lämmitykseen hyödynnettävä energia lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.37, 5.10)

$$Q_{sis.lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad (5.10)$$

jossa

$Q_{sis.lämpö}$	lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä kWh
$\eta_{lämpö}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta sisälle vapautuva lämpöenergia.

Lämpökuormien hyödyntämisaste ($\eta_{\text{lämpö}}$) on riippuu lämpökuorman ($Q_{\text{lämpökuorma}}$) ja lämpöhäviön (Q_{tila}) suhteesta toisiinsa sekä rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin suhteesta ominaislämpöhäviöön. Kaavan 5.10 laskentaa varten täytyy tässä tapauksessa laskea alla esitellyt kaavat.

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1-y^a}{1-y^{a+1}} \quad (5.11)$$

$$a = 1 + \frac{t}{15} \quad (5.13)$$

$$y = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}} \quad (5.14)$$

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H_{\text{tila}}} \quad (5.15)$$

$$H_{\text{tila}} = \frac{Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u) \Delta t} 1000 \quad (5.16)$$

jossa

$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
y	lämpökuormien suhde lämpöhäviöön
a	numeerinen parametri
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma
Q_{tila}	rakennuksen tilojen lämpöenergian tarve
τ	rakennuksen aikavakio, h
C_{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/k
H_{tila}	rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvien lämpenemisen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö), W/K

T_s	Sisäilman lämpötila, °C
	Ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi

Laskennan läpikäynti tulee aloittaa kaavasta (D5 s. 38, 5.16) edeten siitä kaavaan 5.15 jonka C_{rak} arvo saadaan taulukosta (D5 s.39, Taul. 5.6). Tässä laskentaesimerkissä kyseiselle valitaan arvo taulukosta kohdasta ”Pientalot, keskiraskas I”, koska talo on omakotitalo, jossa on puurakenteiset seinät ja alapohja on betonia. $C_{rak,omin}$ arvona käytetään arvoa 70 Wh/(m² K).

Kun $Q_{sis,lämpö}$ on saatu laskettua kuukausittain voidaan palata tämän opinnäytteen luvussa 3 esitettyyn ensimmäiseen laskukaavaan ja laskea se läpi kuukausittain kaavan ollessa (D5, 2012 s. 17, kaava 3.1).

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{tila} - Q_{sis.lämpö} \quad (3.1)$$

3.4 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämmitysjärjestelmän laskennassa lasketaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen vaadittava energia ottaen huomioon lämpöhäviöt ja lämmöntuoton vaikutukset. Laskennassa huomioidaan hyötysuhteet ja lämpökertoimien vaikutukset.

3.4.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve

Tilojen tarvitseman lämpöenergian laskelmat eritellään lämmönjakojärjestelmitäin. Tilan tarvitseman lämpöenergian määrä lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.41, 6.1). Tilojen lämmityksen jakautuminen lasketaan siten, että lattiasähköllä, joka

sijaitsee saunassa ja pesuhuoneessa, lämmitetään 5% kohteen lämmitysnettotarpeesta ja kaukolämmöllä lämmitetään loput 95%

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (6.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmönjakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{jakelu,ulos}}$	lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviöt lämmittämättömään tilaan kWh/a
$Q_{\text{varastointi,ulos}}$	laskettavan lämmönjakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$	laskettavan lämmönjakelujärjestelmän hyötysuhde

Arvo $\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$ saadaan taulukosta (D5, 2012 s.43, Taul. 6.2). Kohteessa on vesiradiaattorit 70/40°C joiden jakojohdot on eristetty. Arvoksi saadaan 0,9

Arvolle $Q_{\text{varastointi,ulos}}$ ei löydy ohjeiden mukaista laskentaa eikä taulukkoarvoja. Kyisistä laskentaa tarvitse huomioida tässä laskennassa, koska kohteessa ei ole lämmönjakelujärjestelmän varastointia koska energia tulee taloon kaukolämpönä. Tässä laskennassa otetaan huomioon kaksi kappaletta varaavia takkoja, joista hyödynnettäväksi energiaksi tulee yhteensä 2000kWh. Tämän takan hyödynnettävä energia hyödynnetään myöhemmässä laskennassa (D5 s. 47, 6.7)

Laskennassa edetään RakMK D5:sen mukaisessa järjestyksessä. Ensin lasketaan arvon $Q_{\text{jakelu,ulos}}$ tulos kohdan (D5, 2012 s. 41, 6.2) mukaan.

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}} L \quad (6.2)$$

jossa

$Q_{jakelu,ulos}$	lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviöt lämmitämättömään tilaan kWh/a
$q_{jakeluhäviöt,ulos}$	lämmönjakelujärjestelmän ominaishäviö lämmitämättömään tilaan kWh/(m a)
L	Lämmönjakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmitämättömässä tilassa.

Laskennassa oleva arvo $q_{jakeluhäviöt,ulos}$ saadaan taulukosta (D5, 2012 s. 42, Taul 6.1) Taulukosta saadaan arvo 25 kWh/(m a) , koska kyseessä on pientalo jonka jakoputket sijaitsevat puolilämpimässä tilassa eristettyinä.

Seuraavana lasketaan lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus (D5, 2012 s. 42, 6.3) mukaan.

$$W_{tila} = e_{tilat} A_{netto,i} \quad (6.3)$$

jossa

W_{tila}	lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergiankulutus, kWh/a
e_{tilat}	lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, kWh/(m ² a)
$A_{netto,i}$	rakennuksen osan i lämmitetty netto-ala jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m ²

Laskennassa tarvittava arvo e_{tilat} saadaan taulukosta (D5, 2012 s. 43, Taul. 6.2) Kohteessa on vesiradiaattorit 70/40°C joidenka jakojohdot on eristetty. Arvoksi tästä saadaan 2 kWh/(m² a).

3.4.2 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

Lämpimän käyttöveden tarvitsema lämpöenergia koostuu kolmesta eri laskentakohdasta. Ensimmäisenä $Q_{lkv,netto}$,joka on laskettu aiemmin tässä opinnäytetyössä luvussa 3.5. Toisena $Q_{lkv,varastointi}$, joka on huomioitu kappaleessa 5.6 ja

arvo on saatu RakMK D5 2012 taulukoiden mukaisesti. Tässä kohteessa se on 0, koska varaajaa ei ole. Viimeisenä $Q_{Ikv,kierto}$ laskettuna myöskin kappaleessa 5.6

$$Q_{\text{lämmitys,Ikv}} = \frac{Q_{Ikv,netto}}{\eta_{Ikv,siirto}} + Q_{Ikv,varastointi} + Q_{Ikv,kierto} \quad (6.5)$$

Jossa

$Q_{\text{lämmitys,Ikv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{Ikv,netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
$\eta_{Ikv,siirto}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde
$Q_{Ikv,varastointi}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh
$Q_{Ikv,kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh

Kohta $\eta_{Ikv,siirto}$ huomioidaan tässä kohteessa arvona 0,96 , koska kyseessä on pientalo ja talossa on lämminvesikierto.

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (D5, 2012 s. 46, 6.6)

$$W_{Ikv,pumppu} = P_{Ikv,pumppu} t_{Ikv,pumppu} \frac{365}{1000} \quad (6.6)$$

jossa

$W_{Ikv,pumppu}$	Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$P_{Ikv,pumppu}$	Lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun sähkömoottorin ottoteho, W
$t_{Ikv,pumppu}$	Lämpimän käyttöveden kiertopumpun käyttöaika, h/vrk

Tarkempia arvoja yllämainituille arvoille ei ole tiedossa, joten käytetään RakMK D5 2012 kehoittamia arvoja $P_{Ikv,pumppu}$ ollen 200 W/dm³/s mitoitetuna virtaamalla, joka on saatu vanhoista piirustuksista ollen 0,4dm³/s . $t_{Ikv,pumppu}$ arvona käytetään 24h/vrk.

3.4.3 Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus saadaan, kun yhdistetään lämmitysenergian ja sähköenergian kulutukset, jotka ovat laskettu erikseen jo aikaisemmin.

Lämpöenergiaa laskettaessa huomioidaan lämmitysenergian hyötysuhde laskennan aikana lämpöjärjestelmittäin.

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.47, 6.7)

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}} - Q_{\text{aurinko,lkv}} - Q_{\text{muu tuotto}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (6.7)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys,iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys,lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{aurinko,lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu energia lämpimään käyttöveeseen, kWh
$Q_{\text{muu tuotto}}$	muilla mahdollisilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia, kWh
η_{tuotto}	lämmitysenergian hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä

Laskennassa $Q_{\text{muu,tuotto}}$ sisältää talossa olevat kaksi varaavaa tulisijaa, jotka tulee kumpikin laskea omalla vuosihyötysuhteellaan, tässä tapauksessa se on 0,8

Lämmitysjärjestelmä tarvitsee yleensä toimiakseen sähköenergiaa, joten seuraavassa laskennassa käydään läpi lämmitysjärjestelmien sähköenergian kulutus. Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (D5, 2012 s. 48, 6.8)

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{aurinko,pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}} \quad (6.8)$$

jossa

$W_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
W_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{lkv,pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{aurinko,pumput}}$	aurinkojärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{LP,lämmitys}}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh

Jotta tämän kaavan laskenta voidaan suorittaa tarvitaan vielä arvo $W_{\text{tuotto,apu}}$ joka lasketaan kaavalla (D5, 2012 s. 48, 6.9)

$$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (6.9)$$

jossa

$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
e_{tuotto}	apulaitteiden ominaiskulutus, kWh/(m ² a)
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtokoneet tarvitsevat sähköä toimiakseen. Sähkönkulutus lasketaan RakMK D5:sen ohjetta noudattaen ominaissähkätehon, ilmavirran ja käyntiajan tulona. Tämä lasketaan kaavalla (D5, 2012 s.55, 7.1)

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum SFP q_v \Delta t + W_{\text{iv, muut}} \quad (7.1)$$

jossa

$W_{ilmanvaihto}$	Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ s)
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
Δt	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentatasolla, h
$W_{iv,muut}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

Kaavan laskennan suorittamiseen tarvitaan ensin laskea kaava (D5 s.55, 7.2) jotta saadaan ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho tietoon.

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v} \quad (7.2)$$

jossa

SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ s)
P_{puh}	Puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s

3.6 E-luvun laskenta

E-luku on uudessa rakennusmääräyskokoelmassa energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen lasketun vuotuisen ostoenergian kulutus jaettuna rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohti.

E-lukua laskettaessa laskennassa on tarve käyttää energiamuotojen kertoimia, jotka haetaan määräyskokoelmasta (D3, 2012 s. 8, 2.1.3) Laskennassa on käytetty kolmea erinäistä energiamuotoa joten kertoimineen ovat seuraavat:

sähkö

1,7

kaukolämpö	0,7
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Selvyyden vuoksi todettakoon, että uusiutuvalla polttoaineella tarkoitetaan puuta jota käytetään takkojen lämmittämiseen. Sähkö ja kaukolämpö kertoimet ovat nimikkeiltään sellaisia jotka selittävät tarkoituksensa.

E-luvun laskenta suoritetaan kaavalla (D5, 2012 s.15, 2.3)

$$E = \frac{f_{kaukolämpö} Q_{kaukolämpö} + f_{kaukojäähdytys} Q_{kaukojäähdytys} + \sum f_{polttoaine} Q_{polttoaine} + f_{sähkö} W_{sähkö}}{A_{netto}}$$

jossa

E	rakennuksen energialuku, kWh/(m ² a)
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/a
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
$Q_{polttoaine}$	polttoaineen sisältämä energian kulutus, kWh/a
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
$f_{kaukolämpö}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin
$f_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin
$f_{polttoaine}$	polttoaineen energiamuodon kerroin
$f_{sähkö}$	sähkön energiamuodon kerroin
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Rakennuksen E-luku: 169 kWh/(m² a)

Tällä arvolla rakennus sijoittuisi E-luku asteikolla energiatehokkuudeltaan C-luokkaan. Tämä on asteikolla luokkaa parempi kuin etukäteen arvioitiin. Tähän luultavammin on vaikuttanut vanhojen k-arvojen käyttäminen laskennassa. Vanhat k-arvot eivät ole huomioineet kylmäsiltoja rakennetyypeissä ja ovat liian hyvät.

4 Omakotitalon energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta RakMK D5 2007 mukaan

Energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta suoritetaan RakMK D5 2007 mukaisesti siten, että ne olisivat olleet aikanaan virallisia laskelmia. Ne ovat käyttökelpoisia rakennuksen energiatehokkuuden tarkastelussa. Huomioitavaa näissä laskennoissa on se, että laskenta suoritetaan suoraan vuosittaiseksi kulutukseksi. Myöhemmässä laskentavaiheessa, jossa tarvitaan kuukausittaista arvoa. Tullaan se laskemaan jos ei erikseen mainittu siten, että vuotuinen arvo jaetaan vuoden tunneilla ja kerrotaan sen kuukauden tunneilla jonka kuukauden kulutusarvo tarvitaan. Laskennassa käytetyt viittaukset kaavoihin ja kaavanumeroihin viittaavat kyseiseen RakMK ja sen kaavanumeroon. Tämä sen takia, jotta opinnäytetyötä olisi helppo tutkia RakMK D5:sen rinnalla.

4.1 Energiankulutus

4.1.1 Ostoenergiat

Rakennuksen lämmityksen vaatima lämpöenergian kulutus lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.13, 3.1)

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{Q_{\text{lämmitys}}}{\eta_{\text{lämmitys}}} \quad (3.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,osto}}$ rakennuksen ostettava lämmitysenergian kulutus, kWh
($Q_{\text{lämmitys,osto}} = W_{\text{lämmitys,sähkö,osto}}$ jos lämmitys hoidetaan sähköllä)

$Q_{\text{lämmitys}}$ rakennuksen lämmitysenergian kulutus, kWh

$\eta_{\text{lämmitys}}$ lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde

Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde saadaan taulukosta (D5, 2007 s.14, Taul 3.1)

Rakennuksen ostosähköenergian kokonaiskulutus lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 15, 3.3)

$$W_{\text{sähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö,osto}} + W_{\text{lämmitys,sähkö,osto}} + W_{\text{jäähdytys,sähkö,osto}} \quad (3.3)$$

jossa

$W_{\text{sähkö,osto}}$ rakennuksen ostettavan sähköenergian kokonaiskulutus, kWh

$W_{\text{laitesähkö,osto}}$ rakennuksen ostettava laitesähköenergia, kWh

$W_{\text{lämmitys,sähkö,osto}}$ rakennuksen ostettavan lämmityssähköenergian kulutus, kWh

$W_{\text{jäähdytys,sähkö,osto}}$ rakennuksen ostettavan jäähdytys­sähköenergian kulutus, kWh

Eritelty rakennukseen ostettava laitesähkön vaatima ostoenergia lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.15, 3.4)

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö}} / \eta_{\text{sähkö}} \quad (3.4)$$

jossa

$W_{\text{laitesähkö,osto}}$ rakennuksen ostettava laitesähköenergian kulutus, kWh

$W_{\text{laitesähkö}}$ rakennuksen laitesähköenergian kulutus, kWh

$\eta_{\text{sähkö}}$ sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde

Rakennuksen se osa jota lämmitetään (sauna ja pesutiloissa) lattiassa sijaitsevalla sähkövastuslämmityksellä tullaan laskemaan kaavan (D5, 2007 s. 14, 3.1) mukaisesti arvona $W_{\text{lämmitys,sähkö,osto}}$

4.1.2 Rakennuksen lämmitysenergia

Rakennuksen lämmitysenergiaan lasketaan mukaan rakennuksen lämpimän käyttöveden ja lämmitysenergia. Jos rakennuksessa olisi lämpöpumppu niin, sen hyöty huomioitaisiin laskennassa. Tämän opinnäytetyön kohteessa kyseistä laitetta ei ole joten se osa laskennasta jätetään huomiotta.

Lämmitysenergian laskenta tapahtuu kaavalla (D5, 2007 s.16, 3.7)

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{Ikv}} + Q_{\text{LP}}/\epsilon_{\text{LP}} \quad (3.7)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$	Rakennuksen lämmitysenergian kulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	Rakennuksen tilojen lämmitysenergian kulutus, kWh
Q_{Ikv}	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
Q_{LP}	poistoilmalämpöpumpun varaajan siirtämä ja tilojen ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
ϵ_{LP}	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin

Rakennuksen sisätilan tarvitsema lämmitysenergia eli $Q_{\text{lämmitys,tilat}}$ lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.16, 3.8)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} - Q_{\text{LP,tilat}} \quad (3.8)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergian kulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$	rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö-energiat, kWh
$Q_{\text{LP,tilat}}$	poistoilmalämpöpumpun varaajan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnettävä energia, kWh

Rakennuksen nettoenergian laskennassa lasketaan yhteen rakenteiden läpi johtuvat lämpöenergiat, vuotoilman vaatima lämpöenergian tarve, ilmanvaihdon vaatima energia ja lämmityksessä hyödynnettävä lämpökuormat henkilöistä, auringoista yms. Tämä arvo $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.16, 3.9)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} + Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.9)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergian tarve, kWh
Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä. kWh

Huomioitavaa tässä osiossa on, että ilmanvaihdon lämmitykselle ei tule olemaan arvoa. Rakennuksessa on huippuimuri jonka seurauksena kaikki sen aiheuttaman ilmamäärän vaihtumisen lämpöenergian tullaan laskemaan vuotoilma kohdassa korvausilmana.

Rakennuksessa käytettävän lämpimän käyttöveden lämmitysenergia lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 17, 3.10)

$$Q_{\text{lkv}} = Q_{\text{lkv,netto}} + Q_{\text{lkv,häviö}} - Q_{\text{LP,lkv}} \quad (3.10)$$

jossa

Q_{lkv}	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{\text{lkv,netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiatarve. kWh
$Q_{\text{lkv,häviö}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{LP, lkv}$ poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

4.2 Rakennuksen tilojen lämpöhäviöenergiat

Rakennuksen rakenteiden läpi johtuu energiaa epätiiveyksien vuoksi, koska käytännössä täysin tiivistä rakennetta on mahdotonta rakentaa.

4.2.1 Rakennuksen läpi johtuva lämpöenergia

Rakenteiden läpi johtuvan energian määrä lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.18, 4.1)

$$Q_{joht} = \sum H_{joht} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.1)$$

Rakennosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö lasketaan rakennosakohtaisesti kaavalla (D5, 2007 s.18, 4.1)

Laskentaa yksinkertaistetaan hieman ja laskenta hoidetaan samanlaisella taulukkolaskennalla kuin uudemmassa määräyskokoelmassa.

$$\sum H_{joht} = \sum (U_{ulkoseinä} A_{ulkoseinä}) + \sum (U_{yläpohja} A_{yläpohja}) + \sum (U_{alapohja} A_{alapohja}) + \sum (U_{ikkuna} A_{ikkuna}) + \sum (U_{ovi} A_{ovi})$$

jossa

Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$\sum H_{joht}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C

Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi

Tässä laskennassa puolilämmintä tilaa ei huomioida.

Alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen lämpötilan laskenta saadaan kaavoista (D5, 2007 s. 19, kaava 4.3 & 4.4). Näin saadaan maanlämpötila selville, joka on $Q_{alapohja}$ laskennassa T_u .

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (4.3)$$

jossa

$T_{maa,vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{u,vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{maa,vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

Arvo $\Delta T_{maa,vuosi}$ haetaan taulukosta (D5, 2007 s. 19, Taul. 4.1) ja koska alapohjan U-arvo on 0.18 ja alapohjan maalaji on luokkaa "Savi, salaojitettu hiekka ja sora" Saadaan arvoksi 5

$$T_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (4.4)$$

jossa

$T_{maa,kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
$T_{maa,vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$\Delta T_{maa,kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

Arvo $\Delta T_{maa,kuukausi}$ haetaan taulukosta (D5, 2007 s. 20, Taul. 4.2)

Näiden arvojen laskenta on suoritettu poikkeuksellisesti laskentaosion sivulla 27.

4.2.2 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

Rakenteiden epätiiveyksiä lävitse vuotaa rakenteissa ilmaa ja sen määrään vaikuttaa ulkoilman lämpötila, sisälämpötila, vuotoilma kerroin ja rakennuksen tilavuus. Rakennuksen vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.20, 4.5)

$$Q_{vuotoilma} = H_{vuotoilma}(T_s - T_u)\Delta t/1000 \quad (4.5)$$

Vuotoilman ominaislämpöhäviön arvo saadaan kaavalla (D5, 2007 s.20, 4.6)

$$H_{vuotoilma} = \rho_i C_{pi} q_{v,vuotoilma} \quad (4.6)$$

jossa

$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$H_{vuotoilma}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö. W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Laskennan yksinkertaistamisen vuoksi yllä olevat laskut yhdistetään ja lasketaan samaan tapaan kuin uudemmassa rakennusmääräyskokoelmassa

Vuotoilmavirran suuruus saadaan laskettua kaavalla (D5, 2007 s. 20, 4.7)

$$q_{v,vuotoilma} = \eta_{vuotoilma} V / 3600 \quad (4.7)$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
$\eta_{vuotoilma}$	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa 1/h
V	rakennuksen tilavuus, m ³
3600	kerroin jolla suoritetaan laatumuunnos m ³ /s > m ³ /h

Rakennuksen vuotoilmakerrointa laskettaessa rakennukselle valittiin n_{50} arvoksi keskimääräisesti 4, koska kyseessä on pientalo jossa on keskimääräinen ilmapitävyys. Kyseinen arvo valittiin taulukosta (D5, 2007 s. 21, Taul 4.3). Rakennuksen vuotoilmakerroin lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 21, 4.8)

$$n_{vuotoilma} = \frac{n_{50}}{25} \quad (4.8)$$

jossa

$n_{vuotoilma}$	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
n_{50}	on rakennuksen ilmapitavuus 50Pa:n paine-erolla, 1/h

4.2.3 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja lämmön talteenotto

Ilmanvaihdon mukana tuodaan taloon uutta ilmaa, joka tarvitsee lämpöenergiaa lämmitäkseen. Ilmanvaihdon tarvitsema lämpöenergia lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 22, 4.9)

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 \quad (4.9)$$

Yllä olevassa laskennassa tarvittava ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 22, 4.10)

$$H_{iv} = \rho_i C_{pi} q_{v,poisto} t_d r_{tv} (1 - \eta_a)$$

jossa

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000Ws/(kgK)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
r	muuntokerroin joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
T_s	sisälämpötila, °C
T_u	ulkolämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde tai keksimääräinen hyötysuhde laskentajaksolla

Tässä laskennassa arvolle η_a ei ole käyttöä , koska kohteessa ei ole lämmön talteenottoa. Termille annetaan siis arvo 0.

Termi H_{iv} arvo lasketaan kertaalleen ja sitä käytetään Q_{iv} taulukkolaskennassa , koska H_{iv} arvo ei muutu kuukaudesta riippuen tässä laskentaesimerkissä.

Muuntokerroin r saa arvoksi 1 , koska ilmanvaihtokoneisto on ympärivuorokautisessa käytössä.

4.3 Käyttöveden lämmitystarve

Lämmin käyttövesi tarvitsee lämpöenergiaa. Lämpöenergian määrä riippuu henkilöiden lukumäärästä tai rakennuksen bruttoalasta. Laskentatietojen valintaan vaikuttaa myös rakennuksen tyyppi. Tässä laskennassa käytetään laskentaa joka laskee lämpimän käyttöveden kulutusta rakennuksen pinta-alan mukaan. Täten laskenta pysyy vertailukelpoisena uuden version laskujen kanssa. Laskenta suoritetaan rakennusmääräyskokoelman kaavalla (D5, 2007 s.25, 5.1)

$$Q_{Ikv,netto} = \rho_v c_{pv} V_{Ikv} (T_{Ikv} - T_{kv}) / 3600 \quad (5.1)$$

jossa

$Q_{Ikv,netto}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
V_{Ikv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{Ikv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Tässä laskennassa käytetään kylmän ja lämpimän veden erona 50 astetta, eli kylmä vesi on 5 °C ja lämmin 50 °C. Lämpimän käyttöveden nettotarve ei huomioi lämpöhäviöitä.

Lämpimän käyttöveden kulutusmäärät saadaan laskettua kaavalla (D5, 2007 s. 25, 5.3)

$$V_{Ikv} = V_{Ikv,omin} A_{br} \Delta t / 365 / 1000 \quad (5.3)$$

jossa

V_{Ikv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
-----------	--

$V_{lkv,omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm^3 henkilöä kohti vuorokaudessa
A_{br}	rakennuksen bruttoala, brm^2
Δt	ajanjakson pituus, vrk
365	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorokausikulutukseksi
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi

Termin $V_{lkv,omin}$ arvo saadaan taulukosta (D5 s. 27, Taul. 5.1). Arvoksi saadaan $600 \text{ dm}^3/\text{brm}^3$ eli sama arvo kuin uudemmassa laskennassa. Ainoastaan pinta-alan arvo muuttuu, koska uusi laskentamalli käyttää lämmitettyä alaa ja vanha käyttää bruttoalaa.

4.4 Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat

4.4.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän häviöt

Tilojen lämmittämiseen tarvittava energia ei kaikki kulu tilan itsensä lämmittämiseen vaan osa menee hukkaan lämpöhäviöinä. Tilojen lämmityshäviöenergiat lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 28, 6.1)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}} \quad (6.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}}$ tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimen lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}}$ tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien (radiaattori, lattialämmitys) lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh

Laskennan lähtöarvoina käytetään rakennuksen bruttoalaa ja taulukkoarvoja (D5, 2007 s. 29 Taul 6.1). Taulukon arvoista valitaan arvot jotka vastaavat eristettyjä vesiradiaattoreita 70/40°C. Varaajan lämpöhäviöitä ei ole, koska rakennuksessa ei ole lämpövaraajaa. Laskenta lasketaan myös sauna ja pesuhuoneelle erikseen sähköisenä lattialämmityksenä alapohjan eristyspaksuutena ollessa 200mm.

4.4.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän häviöt

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän häviöitä laskettaessa laskennassa on mukana kolme eri termiä: kehityshäviöt, kiertohäviöt ja varaajahäviöt. Tässä laskennassa kehityshäviöiden laskenta jätetään huomioimatta, koska kohdan (D5 s.31 6.2.3) mukaan niitä ei tarvitse laskea erikseen, jos lämpimällä käyttövedellä ei ole omaa lämmönkehityslaitetta. Tässä laskentatapauksessa lämmönkäyttövesi käyttää samaa lämmönkehitysjärjestelmää kuin muukin lämmitys. Talossa on siis kaukolämmitysjärjestelmä ja veden lämmitys tapahtuu vaihtimen kautta. Lämmönvaraajan lämpöhäviöt jätetään laskennasta pois, koska rakennuksessa ei ole lämmönvaraajaa. Lämpimän veden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 31, 6.2)

$$Q_{\text{lkv,häviöt}} = Q_{\text{lkv,kehityshäviöt}} + Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}} + Q_{\text{lkv,varaajahäviöt}} \quad (6.2)$$

jossa

$Q_{\text{lkv,häviöt}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
-------------------------	---

$Q_{Ikv,kehityshäviöt}$	lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimen lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{Ikv,kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden lämpöenergia, kWh
$Q_{Ikv,varaajahäviöt}$	lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöenergia, kWh

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon tarvitsema lämpöenergia ja siihen liitettyjen lämmityslaitteiden lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 31, 6.3)

$$Q_{Ikv,kiertohäviöt} = Q_{Ikv,kiertohäviöt,omin} A_{br} \quad (6.3)$$

jossa

$Q_{Ikv,kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, kWh
$Q_{Ikv,kiertohäviöt,omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämmityksen tarvitsema ominaislämpöenergia, kWh/brm ²
A_{br}	rakennuksen bruttoala, brm ²

Kiertohäviöiden ominaislämpöenergian arvoksi saadaan 15 kWh/brm² arvo saadaan taulukosta (D5 s.32, Taul. 6.2). Rakennuksen ollessa asuinrakennus jonka lämpimän veden kiertooppiiriin ei ole kytketty lämmityslaitteita.

4.5 Laitesähkönkulutus

Laitesähkön laskennassa huomioidaan sähköenergiankulutus johon kuuluu valaistuksen, ilmanvaihdon ja muun laitesähkön vaatima sähköenergia. Laskenta ei huomioi jäähdytyksen vaatimaa sähköenergian tarvetta. Laitteiden tarvitsema sähköenergia lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 33, 7.1)

$$W_{\text{laites\ae}hk\o} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muutlaitteet}} \quad (7.1)$$

jossa

$W_{\text{laites\ae}hk\o}$	rakennuksen laitteiden s\ae}hk\oenergiankulutus, kWh
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen s\ae}hk\oenergiankulutus, kWh
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtoj\ae}rjestelm\ae}n s\ae}hk\oenergiankulutus, kWh
$W_{\text{muutlaitteet}}$	<i>muiden laitteiden s\ae}hk\oenergiankulutus, kWh</i>

4.5.1 Valaistuksen s\ae}hk\oenergiankulutus

Laskenta suoritetaan taulukon (D5, 2007 s. 33, Taul 7.1) arvojen mukaisesti, koska t\ae}m\ae} laskentamenetelm\ae} vastaa parhaiten aiemmin 2012 versiossa k\ae}ytetty\ae} laskentaa. N\ae}in saadaan mahdollisimman vertailukelpoiset tulokset. Valaistuksen laskenta olisi mahdollista suorittaa my\o}s kaavalla (D5 s. 34, 7.2). T\ae}m\ae} ei antaisi vertailukelpoista tulosta, koska samaa laskentaa ei voida k\ae}ytt\ae} uudemmassa rakennusm\ae}\ae}r\ae}yskokoelmassa. Syyn\ae} on laskujen m\ae}\ae}r\ae}yksien vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen.

4.5.2 Ilmanvaihdon s\ae}hk\oenergiankulutus

Ilmanvaihdon s\ae}hk\oenergiankulutusta ei lasketa aiemmin mainitulla taulukkoarvoilla, koska kaava (D5, 2007 s. 36, 7.4) vastaa uudemman version laskentaa l\ae}hemmin. T\ae}ten saadaan parempi vertailuarvo uudemman kanssa.

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{\text{es}} q_v \Delta t \quad (7.4)$$

jossa

$W_{\text{ilmanvaihto}}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen s\ae}hk\oenergiankulutus, kWh
--------------------------	--

P_{es}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
q_v	puhaltimen ja ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
Δt	puhaltimen ja ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h

Laskennassa oleva P_{es} arvona käytetään samaa arvoa, joka saatiin uudemman kokoelman laskennassa SFP arvoksi. Laskentaa ei käydä tarkemmin läpi tässä osioissa, koska se on täysin samanlainen uuteen verrattuna. Ainoana erona on laskentatermit.

4.5.3 Laitteiden sähkönkulutus

Laitteiden sähkönkulutus lasketaan aiemmin mainituilla taulukkoarvoilla jotta saadaan mahdollisimman vertailukelpoinen tulos uudemman kokoelman kanssa. Laitteille olisi tarjolla tarkempi laitesähkön tarkastelu. Tämä ei tosin ole tarpeen, koska kyseisellä laskennalla tulos ei olisi yhtä vertailukelpoinen uuden kokoelman kanssa. Arvoiksi $W_{valaistus,omin}$ saadaan siis 7 kWh/brm²/vuosi ja $W_{muut,laitteet,omin}$ saadaan 36 kWh/brm²/vuosi.

4.6 Lämpökuormat

4.6.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

Laskennassa käytetään taulukkoarvoja (D5, 2007 s. 39, Taul. 8.1) kerrottuna rakennuksen bruttoalalla jotta arvoista saadaan mahdollisimman vertailukelpoisia uuden kokoelman laskennan kanssa. Henkilöiden luovuttamaksi ominaislämpöenergiaksi valitaan siis 8 kWh/brm²/vuosi, , koska rakennus on pientalo.

4.6.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

Vanhan kokoelman laskelmissa lämmitysjärjestelmästä tulee häviöitä vaikka koko järjestelmä olisi lämmitetyssä tilassa. Lämpöhäviöistä rakennukselle tuleva lämpökuorma lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.41, 8.3) Lämpökuormaksi tulee 70% lämmitysjärjestelmän häviöistä.

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma}} = 0,7Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} \quad (8.3)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh

0,7 kerroin, jolla lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö kerrotaan saaden sille 70% hyötyarvon

$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

4.6.3 Lämpimän käyttöveden järjestelmistä vapautuva lämpökuorma

Laskenta huomioi lämpökuormiksi 30% lämpimän käyttöveden nettoenergian tarpeesta ja 50% lämpimän käyttöveden lämpöhäviöenergiasta. Lämpimän käyttöveden järjestelmästä rakennukseen vapautuva lämpökuorma lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 41, 8.4)

$$Q_{\text{lkv,kuorma}} = 0,3Q_{\text{lkv,netto}} + 0,5Q_{\text{lkv,häviöt}} \quad (8.4)$$

jossa

$Q_{\text{lkv,kuorma}}$ käyttöveden lämmitysjärjestelmästä sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh

$Q_{\text{lkv,netto}}$ käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöhäviöenergia eli nettoenergiatarve, kWh

$Q_{\text{lkv,häviöt}}$ käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

4.6.4 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

Laskennassa käytetään taulukon (D5, 2007 s. 42, Taul. 8.3) arvoja, koska aiemmin sähkönkulutusta laskettaessa käytettiin taulukkoarvoja (D5, 2007 s. 33, Taul 7.1) $Q_{säh,omin}$ arvo on 32 kWh/brm²/vuosi, koska kyseessä on pientalo.

4.6.5 Auringosta tuleva lämpökuormaenergia

Auringosta saatava lämpöenergia on samanlainen uudemman kokoelman kanssa. Ainoana eriävänä arvona on arvo $G_{säteily,pystypinta}$ joka muuttaa laskentatulosta hieman. Tästä syystä aurinkoenergian laskentaa ei käydä tässä kohdassa tarkemmin läpi. Laskentaosiossa laskenta on yksinkertaistettu siten, että vain $G_{säteily,pystypinta}$ arvo muuttuu. Itäpuolta ei huomioitu uudemman kokoelman laskennassa joten olennaiseksi asiaksi ei noussut, että itäisivulla ikkunoissa ei ole verhoja joten verhokerroin muuttuu 0,3 :sesta arvoksi 1.

Huom! itäpuolen laskenta on jätetty pois lopullisen laskennan tuloksista vaikka se onkin laskentaosiossa laskettu. Itäpuolen ikkunoita ei oteta mukaan laskentaan vaikka näin alunperin oli tarkoitus. Puolilämmin tila huomioidaankin samalla tavalla kuin RakMK D5 2012 laskennassa.

4.7 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Lämpökuormien hyödynnettävä energian laskenta ei eroa uudemman kokoelman laskennasta muuten kuin termeiltään, joten sen laskennan tarkastelu ei ole niin yksityiskohtaista tässä laskennassa kuin uudessa. Rakennuksen lämpökuormaenergia lasketaan kaavalla (D5, 2007 s. 48, 8.11)

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{lämmitys,kuorma} + Q_{lkv,kuorma} + Q_{säh} + Q_{aur} \quad (8.11)$$

Lämpökuormien yhteenlaskettu lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityslaskennassa, lasketaan kaavalla (D5, 2007 s.47, 8.12)

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (8.12)$$

jossa

$Q_{\text{sis.lämpö}}$	rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuormaenergia eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva energia, kWh
$Q_{\text{lkv,kuorma}}$	käytöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh

Kuten uudemman kokoelman laskennassa, laskenta suoritetaan kuukausittain. Mainitun kaavan laskenta suoritetaan samalla tavalla kuin uudessa kokoelmassa. $\eta_{\text{lämpö}}$ arvo on eriävä, koska lämpökuormaenergian suhde on eriävä näiden kahden laskennan välillä. Suhde on vanhemmassa laskettu suhteena lämpökuorman ja lämpöhäviön välillä, kun taas uudessa kokoelmassa se oli lämpökuorman ja tilojen lämpöenergian välillä.

Laskentaan tarvittavat kaavat on esitelty alla

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1-y^a}{1-y^{a+1}} \quad (8.14)$$

$$a = 1 + \frac{t}{15} \quad (8.15)$$

$$y = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}} \quad (8.16)$$

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatteri}} \quad (8.17)$$

$$T = \frac{C_{\text{rak}}}{H} \quad (8.18)$$

$$H = \frac{Q_{\text{lämpöhäviö}}}{(T_s - T_u) \Delta t} 1000 \quad (8.19)$$

jossa

$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
γ	lämpökuormien suhde lämpöhäviöön
a	numeerinen parametri
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh
T	rakennuksen aikavakio, h
C_{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/k
H	rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvien lämpenemisen yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö), W/K
T_s	Sisäilman lämpötila, °C
T_u	Ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi

4.8 Lämmitysenergia

Näiden laskukaavojen suorittamisen jälkeen palataan alkuun laskemaan kaava (D5, 2007 s.16, 3.9)

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.9)$$

Tästä edetään rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus kaavaan (D5, 2007 s.16, 3.8)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} - Q_{\text{LP,tilat}} \quad (3.8)$$

Lasketaan yhteen koko rakennuksen lämmitysenergiankulutuksen kaavalla (D5, 2007 s.16, 3.7)

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lkv}} + Q_{\text{LP}}/\epsilon_{\text{LP}} \quad (3.7)$$

Ennen kuin lasketaan lämmityksen tarvitsema ostoenergia lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhteen avulla. Jaetaan lämmitysenergia kahteen osaan: 5% saunan ja pesuhuoneen lattialämmitykselle, 95% kaukolämmön tuottamalle energialle. Nämä kaksi lasketaan siis eriävällä lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhteella. Lattiasähkölle arvo on 1,00 ja kaukolämmölle 1,00. Tässä tapauksessa vuosihyötysuhteet ovat samat, mutta erittely toteutetaan siitä huolimatta. Ennen ostoenergian laskentaa tulee huomioida 2 takan vaikutus laskentaan, jotka kumpainenkin antavat 2000kWh/a hyötysuhteella 0.8. Uusina termeinä toimivat $W_{\text{lämmitys,sähkö,osto}}$ ja $Q_{\text{lämmitys,kauko,osto}}$. Laskenta suoritetaan kaavalla (D5 s. 13, 3.1)

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = Q_{\text{lämmitys}}/\eta_{\text{lämmitys}} \quad (3.1)$$

4.9 Sähköenergia

Laitesähkön energiaa laskettaessa ei ole tarvetta eritellä sähköä eri osiin. Laitesähkön laskenta suoritetaan kaavalla (D5, 2007 s.15, 3.4)

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö}}/\eta_{\text{sähkö}} \quad (3.4)$$

Sähköntuottolaitteen vuosihyötysuhteena käytetään arvoa 1,00.

Näitä saatuja arvoja verrataan uudemman rakennusmääräyskokoelman arvoihin.

4.10 E-luku laskenta

Vuoden 2007 mukaisilla arvoilla lasketaan myös vertauskelvollinen "E-luku" jossa ostoenergian jakavana lukuna käytetään talon bruttoalaa toisin kuin uudemmassa käytettiin rakennuksen lämmitettyä nettoalaa. Tämä johtuu siitä, että muualla laskennassa on käytetty bruttoalaa laskennan perustana.

$$E = \frac{Q_{\text{l\u00e4mmitys,takka,osto}} + Q_{\text{l\u00e4mmitys,kauko,osto}} + Q_{\text{l\u00e4mmitys,s\u00e4hk\u00f6.osto}} W_{\text{laites\u00e4hk\u00f6,osto}}}{A_{br}}$$

$$E = 188 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$$

Rakennus sijoittuu E-luvultaan luokkaan C. Luokka on yhden asteen parempi kuin tutkija oli oletanut. T\u00e4h\u00e4n on luultavammin vaikuttanut vanhojen k-arvojen k\u00e4ytt\u00f6 laskennan l\u00e4ht\u00f6arvoina. Vanhat k-arvot eiv\u00e4t ole huomioineet rakennosien kylm\u00e4siltoja ja ovat liian hyv\u00e4t.

5 Vuosien 2007 ja 2012 Rakennusmääräyskokoelmien D5 vertailua

RakMK D5 2007 eroaa RakMK D5 2012 laskentamallista monilta osin.

Merkittäviä eroavaisuuksia ovat muun muassa se, että puolilämpimien ja lämpimien tilojen huomioiminen eri laskennan kohdissa on pienempää verrattuna uudempaan rakennusmääräyskokoelmaan.

RakMK D5 2007 laskennassa ei ole kertoimia erilaisille energiamuodoille. Vuoden 2012 RakMK D5 laskennassa otetaan huomioon energiamuotojen ekologisuus kertoimilla ja niitä käytetään E-lukua laskettaessa.

RakMK D5 2007 laskenta perustuu monessa kohdassa laskettavan kohteen bruttopinta-alaan. Uudistuksen myötä laskentaa tehdään nettopinta-alasta. RakMK D5 2007 löytyy kuitenkin kohta jonka voi tulkita niin, että bruttopinta-alan merkitys muuttuu samanlaiseksi kuin RakMK D5 2012 nettopinta-ala.

RakMK D5 2012 laskennassa otetaan huomioon energian talteenottaminen.

5.1 Lähtötiedot

Laskennan lähtötiedot ovat hieman erilaiset RakMK D5 2007 ja RakMK D5 2012 välillä. Sää tiedot ja lämpötilataulukot on jaoteltu tarkemmin RakMK D5 2007 versiossa. RakMK D5 2012 versio kun taas antaa samat lähtöarvot säävyöhykkeille I ja II. Kun taas RakMK D5 2007 versiossa nämä säävyöhykkeet ovat jaoteltu erilleen ja eriyvät muutenkin arvoiltaan. Edellisen johdosta myös arvot auringon aiheuttamalle säteilyenergialle ovat muuttuneet. Laskennan eri kohdissa laskupohjien eriyvyyksien vuoksi laskennan lähtöarvot muuttuvat hieman.

Laskentaliitteessä laskennassa käytettyjen arvojen eroavaisuuksia voi tarkastella lähemmin. Laskentataulukossa eri laskennassa käytetyt lähtötietojen solujen pohjat on väritetty erinäisillä väreillä. Indikoiden kyseisen lähtöarvon käyttöä laskennassa.

5.2 Rakenteiden läpi johtuva energia

Rakennusmääräyskokoelma D5 2007 ei erittele erikseen johtumista muihin tiloihin kuten puolilämpimään tilaan. Johtumisen aiheuttaman lämpöhäviöenergiat tulevat eriämään näissä laskelmissa 2007 ja 2012 välillä.

Kylmäsiltojen vaikutusta lämpöenergian kulutukseen ei huomioida ollenkaan 2007 laskennassa. uudemmassa versiossa kylmäsiltoille on kattavat laskelmat.

Maanvastaisien alapohjien johtumishäviötä laskettaessa ohjeistus RakMK D5 2007 osalta on lähes olematon. Tässä laskennassa kyseinen laskenta on suoritettu samalla tavalla kuin RakMK D5 2012 laskennassa siten, että T_u eli ulkolämpötilana käytetään maan lämpötilaa. Arvo on saatu samalla tavalla kuin RakMK D5 2012 version laskennassa. Ainoa poikkeama laskennassa on laskettavassa pinta-alassa aiemmin mainittujen syiden takia.

5.3 Vuotoilma

Vuotoilman laskennassa eroavaisuus on siinä, että RakMK D5 2012 versiossa lasketaan rakennuksen vaipan mukaan kun taas RakMK D5 2007 versio käyttää laskennan lähtöarvoina rakennuksen ilmatilavuutta. RakMK D5 2012 on myös kerroin, joka ottaa huomioon rakennuksen korkeuden kerroksina laskennassa. Korkeammalla tuulen paine on kovempi ja siten on myös vuotoilma.

5.4 Ilmanvaihto

Versioiden välillä on eroavaisuuksia ilmanvaihdon huomioimisessa laskennassa. Uudempi versio laskee kyseisen kohteen ilmanvaihdon korvausilmana, koska huippuimuri aiheuttaa rakennukseen alipainetta joka imee korvausilmaa rakenteiden läpi joka taas tarvitsee lämmitystä. Vanhempi versio taas laskee tämän ilman ilmanvaihdon itsensä vaatimana lämpöenergiana. Myöhemmässä osiossa tarkastellaan minkälaista vaikutusta tällä on lämpöenergian vaatimukseen.

5.5 Käyttövesi

RakMK D5 eroavaisuudet laskuissa koskien käyttöveden lämmityksen tarvetta ovat hyvin minimaaliset , koska uudempi versio viittaa siihen, että vaatimustenmukaisuuden osoittamissa laskuissa tulee käyttää arvoja jotka saadaan RakMK D3 2012. Nämä arvot ovat tämän laskennan kannalta samanlaisia kuin RakMK D5 2007 versiossa esitetyt arvot. Eroja aiheuttaa se, että laskenta suoritetaan vanhassa määräyskokoelmassa bruttoalan mukaan eikä lämmitetyn pinta-alan mukaan niin kuin uudemmassa versiossa.

RakMK D5 2007 ei huomioi jätevedestä mahdollisesti talteen otettua energiaa ollenkaan toisin kuin RakMK D5 2012. Tässä laskentaesimerkissä se ei kuitenkaan tullut esille koska rakennuksessa ei ole jäteveden lämmön talteenottoa.

5.6 Lämpöhäviöt

5.6.1 Lämmitysjärjestelmän häviöt

Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt on jaoteltu uuden ja vanhan version välillä eri tavoin. Uudempi versio käsittelee lämmitysjärjestelmän häviöinä ainoastaan

termejä $Q_{jakelu,ulos}$ ja $Q_{varastointi,ulos}$ kun taas vanhempi versio käsittelee lämmitysjärjestelmän häviöitä viidellä eri termillä: $Q_{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}$, $Q_{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}$, $Q_{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}$, $Q_{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}$, $Q_{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}$. Näiden arvojen laskennan lähtötietoina käytetään rakennuksen bruttoalaa ja taulukon (D5 s. 29 Taul 6.1) arvoja. Arvojen valintaan vaikuttaa lämmitysjärjestelmän tyyppi ja mahdolliset eristykset. Uudempi rakennusmääräyskokoelma ei pidä sisällään kuin 2 häviötermiä lämmönjakelujärjestelmälle, mutta tarkastelu on realistisempaa ottaen huomioon jakeluputkien pituuden lämmittämättömässä tilassa kun taas vanhan tarkastelu on tarkastelua asunnon koko pinta-alan suhteen.

5.6.2 Käyttöveden lämpöhäviöt

RakMK D5 2007 on termi $Q_{lqv,kehityshäviöt}$. Tämä arvo tulee laskea jos lämpimälle käyttövedelle on oma lämmönkehityslaite. Laskenta on kuitenkin hyvin karkeaa eli vähintään 1000kWh vuodessa tai 1kWh/bm². Kiertohäviöiden laskennassa eriyvää on se, että 2007 RakMK huomio häviöt rakennuksen bruttoalan mukaan ja uusi laskee ne tarkemmin kiertojohdon pituuden mukaan. Laskennassa on eroja myös kiertoon kytkettyjen lämmityslaitteiden osalta. Vanhemmassa on rakennustyyppistä liittyen kaksi arvoa kiertohäviöiden ominaislämpöhäviöenergialle riippuen siitä onko lämmityslaitteita kytketty vai ei. Tätä arvoa käytetään laskennassa bruttoneliöiden kanssa kerrottuna. RakMK D5 2012 huomioi lämmityslaitteiden olemassaolon antaen arvon per lämmityslaite.

RakMK D5 2012 huomioi paremmin lämmöneristystason kyseisien putkien ympärillä.

Varaajaan lämpöhäviöteho on tarkemmin esitelty 2012 RakMK D5 luonnoksessa ja siinä onkin kaksi erilaista arvoa eri eristystasoilla. RakMK D5 2007 ei määritä varaajan eristystasoa millään tavalla.

5.7 Laitesähkönkulutus

Huomattavin ero laitesähkön laskennassa kahden RakMK D5 versioiden välillä on se, että taulukkoarvojen kertoimena käytetään vanhassa bruttoneliöitä ja uudessa lämmitetyn alan neliöitä. Laskennassa on vielä erinäisiä kertoimia mutta näiden vaikutusta laskentaan täytyy arvioida vertailemalla laskennan tuloksia.

Ilmanvaihdon kannalta laskenta on hyvinkin samankaltaista. Ainoana erona on vuoden 2007 RakMK D5 joka ei huomioi tässä kohtaa muiden kuin itse ilmanvaihdon energiankulutuksen. Jättäen siis pois ilmanvaihdon rinnalla olevan lämmöntalteenoton energiankulutuksen.

5.8 Lämpökuormat

5.8.1 Ihmisten luovuttama lämpökuorma

Ihmisten luovuttamassa lämpöenergiassa uudemman kokoelman mukaan käytetään RakMK D3 2012 yksinkertaistettua laskentaa (D3 s. 19, 4). Tästä johtuen vanhemmassa laskennassa käytetään (D5 s. 39, Taul 8.1) arvoja kerrottuna talon bruttoneliöillä. Vanhemman kokoelman tarkempi tarkastelu ottaisi huomioon henkilöiden lukumäärän asunnossa, mutta laskenta ei enää olisi vertauskelvollinen uudemman kokoelman kanssa.

5.8.2 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöistä tuleva lämpökuorma

RakMK D5 2012 luonnos versiossa ei ole termiä lämmitysjärjestelmän häviöille joita voitaisiin hyödyntää lämpökuormana. Uudemman laskennassa häviöiksi lasketaan vain ne energiat jotka häviävät kylmiin tai puolilämpimiin tiloihin. Nämä arvot eivät ole hyödynnettävissä. RakMK D5 2007 laskennassa taas huomi-

oidaan lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt siten, että 70% näistä tulee lämpökuormana rakennukseen.

5.8.3 Lämpimän käyttöveden luovuttama lämpökuorma

Lämpimästä käyttövedestä lämpökuormaksi tuleva energia on sama kierron ja varastoinnin häviöenergioiden suhteen. Näiden energioiden hyödyntämisprosentti on 50% kummassakin rakentamismääräyskokoelmassa. Eriävänä arvona on, että vanhempi kokoelma käyttää lämpökuorman hyödyksi myös 30% käyttöveden lämmitykseen tarvitsemasta energiasta.

5.8.4 Auringon luovuttama lämpöenergia

Laskenta auringosta saatavan lämpöenergian suhteen on täysin samanlainen, ainoana eroavaisuutena on lähtöarvo $G_{säteily,pystypinta}$ joka muuttaa laskennan lopputulosta.

Vanhassa kokoelmassa tarkastellessa F_{verho} arvoa on enemmän arvoja valittavissa kuin uudessa kokoelmassa.

Kumpikaan rakennusmääräyskokoelmista ei kerro kuinka ovet, joissa on valoaukkoja, tulisi käsitellä. Ovien valoaukot ovat tässä laskennassa jätetty huomioita.

5.9 Lämpökuormista hyödynnettävä energia.

Useimmat eroavaisuudet löytyvät arvoista jotka on aiemmin laskettu ja termistö on hieman erilainen. Suurin ero on siinä, että suhdeluku lasketaan vanhemmassa suhtena lämpökuorman ja lämpöhäviön välillä, kun taas uudessa kokoelmassa se on lämpökuorman ja tilojen lämpöenergian tarpeen välillä.

5.10 Aurinkoenergia

Vanhemmassa kokoelmassa ei ole laskentaa aurinkokeräimillä talteenotetulle lämpöenergialle. Uudessa kokoelmassa tälle on oma lukunsa joka käsittelee erikseen auringosta keräimillä talteen otetun lämpöenergian että aurinkopaneelleilla kerätyn sähköenergian.

5.11 Lämmöntalteenotto

Lämpöpumppujen energialaskentaa on laajennettu huomattavasti uudemmassa rakennusmääräyskokoelmassa.

5.12 Laskenta-arvojen vertailu

Oheisessa taulukossa 4 esitellään laskennasta saatuja lopputuloksia laskennan eri osilta. Taulukon jälkeen tuloksia on analysoitu ja eroavaisuuksia aiheuttavia tekijöitä pohdittu.

Taulukko 4. Laskenta arvojen vertailu

Arvo	2007	2012
Q_{joht}	11967,03	11895,68
$Q_{\text{vuotoilma}}$	1860,67	1579,37
$Q_{\text{iv}}/Q_{\text{korvausilma}}$	2692,237	2402,22
$Q_{\text{lkv,netto}}$	3675	3675
$W_{\text{valaistus}}$	735	735,84
$W_{\text{muut,laitteet}} / W_{\text{laitteet}}$	3780	1655,64
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	508,08	508,08
Q_{henk}	840	1103,76
Q_{aur}	816,62	908,45
$Q_{\text{säh}}$	3360	2391,48
$Q_{\text{lämmitys,tilat,kau}}$	9454,135	12438,6
$Q_{\text{lämmitys,tilat,säh}}$	760,7439	673,61

$W_{\text{sähkö}}$	5318,896	3860,91
E-luku	188,3146	169,2435

Q_{joht} arvojen eroavaisuudet ovat hyvin pienet vaikkakin RakMK D5 2007 ei huomioi johtumista puolilämpimiin tiloihin eikä kylmäsiltoja. Vanhempi kokoelma käyttää eriäviä lämpötiloja lähtötietoina jotka taasen tasoittavat lopputulosta

$Q_{\text{vuotoilma}}$ Laskennassa eroja aiheuttaa laskentatapa. RakMK D5 2012 käyttää laskennassa rakennuksen vaippaa ja RakMK D5 2007 käyttää rakennuksen ilmatilavuutta.

$Q_{\text{iv}}/Q_{\text{korvausilma}}$ arvon erot tulevat laskentatavan muutoksista ja lähtöarvojen eroavaisuuksista.

Q_{lkv} arvo on pysynyt ennallaan, koska laskenta ei ole muuttunut.

$W_{\text{valaistus}}$ Laskenta on pysynyt ennallaan.

$W_{\text{muut,laitteet}} / W_{\text{laitteet}}$ Tuloksien eroavaisuudet johtuvat RakMK D5 eri versioiden eriävistä taulukkolähtöarvoista. RakMK D5 2012 ohjaa käyttämään arvoja jotka saadaan RakMK D3 2012. Laskenta on myös muuttunut. RakMK D5:sesta ei selviä huomioivatko eri versioiden arvot toisistaan erinäisiä sähkölaitteita vai oletetaanko vain, että laitteiden sähkönkulutus on vain parantunut 2007 ja 2012 versioiden välillä.

$W_{\text{ilmastointi}}$ Tulos on pysynyt samanlaisena ja laskenta pysynyt muuttumattomana. Ainoana erona ollen arvojen nimikkeet.

Q_{henk} Tulos on eriävä laskennan ja lähtöarvojen muuttumisen takia.

Q_{aur} Tulos eriää koska RakMK D5 eri versioiden välillä lähtöarvo joka osoittaa säteilyn voimakkuutta pystypinnalle on eriävä. Laskenta on muuten pysynyt ennallaan.

$Q_{\text{säh}}$ Tulos erii ja laskenta muuttunut samalla tavalla kuin Q_{henk} arvon laskenta.

$Q_{\text{lämmitys,tilat,kau/säh}}$ Arvot erievät suuresti ja se johtuu eroista joita aiheuttavat hyödynnettävät lämpökuormat. RakMK D5 2007 laskennassa hyödynnettävien lämpökuormien arvot kuukausittain ovat huomattavasti suuremmat. Tätä suurta eroa aiheuttavat arvot $Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ ja $Q_{\text{lkv,kuorma}}$ RakMK D5 2012 laskennassa vastaava arvo on $Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}}$, mutta kyseinen arvo on vain prosentiosuuksia verrattuna kahteen aiemmin mainittuun arvoon. Katso myös luku 5.8.3. RakMK D5 2007 laskennassa kiertohäviöt ja myös niistä hyödynnettävä lämpökuorma on suurempi. RakMK D5 2007 hyödyntää myös lämpökuormana 30% veden lämmittämiseen käytettävästä energiasta.

$W_{\text{säh}}$ Suurin ero tähän arvoon aiheutuu $W_{\text{muut,laitteet}} / W_{\text{laitteet}}$ arvoista. Muuten tulos olisi lähes saman suuruinen kummankin RakMK D5 versioiden laskennan välillä.

E-luku Lopputuloksen eriävyyttä aiheuttaa kaikkien yllä mainittujen arvojen eriävyydet ja energiamuotojen kertoimien puuttuminen RakMK D5 2007 versios-
ta.

6 Pohdinta

Työn suorittaminen antoi hyvän ymmärryksen rakennusmääräyskokoelman D5 käytöstä laskennasta.

Opinnäytetyötä voidaan mahdollisesti käyttää päivittäessä tietoja vanhasta rakennusmääräyskokoelman D5:sesta uudempaan versioon.

Jatkokehitysidea tälle opinnäytetyölle on mahdollisuus käyttää tätä opinnäytetyötä kun rakennusmääräyskokoelma D5:sen osiota uudistetaan uudemman

kerran. Tämä opinnäytetyö tarjoaisi vertailukelpoiset tutkimuksen versioista 2007 ja 2012.

Rakennusmääräyskokoelman D5 2012 laskennassa oli epäselvyyttä kohdassa ”kylmäsiltojen laskenta”. Rakennusmääräyskokoelmassa ei ollut selviä ohjeita kuinka toimia kun nurkan kylmäsilta on talon reunalla siten, että toisella puolella on puolilämmin tila ja toisella puolella ulkotila.

Huomioitavaa on myös valaistuksen energiakulutuksen laskenta, jossa RakMKD5 2012 ohjaa käyttämään RakMK D3 2012 esiteltyjä arvoja. Tällä saadaan kulutusarvo, joka tulee rakennuksen pinta-alan mukaan. Tämä tekee laskennasta universaalin ja arvo on käyttötavasta tai käyttäjien määrästä riippumaton. Laskennan tulokseen ei tapahdu muutosta vaikka seuraava talon asukas haluaa vaihtaa energiatehokkaammat valaisimet taloon.

Kysymys herääkin siitä, että jos taloon ja sen kattoon integroitaisiin led valaistus, joka olisi niin sanotusti ”kiinteä” jolloin se olisi teoriassa muuttumaton ja riippumaton käyttäjästä. Voitaisiinko silloin sähkönkulutus laskea valaistusjärjestelmälle yksityiskohtaisesti ilman, että sen pätevyys E-luvun laskennassa häviäisi.

Käyttöveden lämmitysenergian tarvetta laskettaessa laskenta ei oteta huomioon varaajaan puutetta, kun lämmin vesi tulee vaihtajan kautta kaukolämmöllä. Olisiko kyseisen järjestelmän toiminnan kautta tulevat häviöt muutenkaan laskennan kannalta merkittäviä ei kuitenkaan ole varmaa.

Laskennassa huomioitavaa oli myös auringon sisälle tuoman energian laskentaa suorittaessa se, että varjostuksen vaikutus auringon tuomaan energiaan on erittäin laaja. Suhteutettuna sen pieneen vaikutukseen auringon tuoman energian lopputulokseen. Tätä laskentaa voitaisiin mahdollisesti yksinkertaistaa tulevissa RakMK D5:sissa.

Tutkimuksien aikana ilmeni yhä selvemmin se, että E-luvun laskenta nykyistään on suurelta osin hyvin teoreettista laskentaa. Sillä miten rakennusta käy-

tään ei ole vaikutusta laskentaan.. Rakennuksessa sijaitsevien laitteiden määrä ei myöskään vaikuta E-lukuun koska laitteiden ja valaistuksen kulutus lasketaan pinta-alan mukaan. Käytännössä E-luvulla voidaan ohjata energiatehokkaampaan rakentamiseen, mutta rakennuksen energiatehokkaaseen käyttämiseen se ei ohjaa.

RakMK D5 2012 laskennassa käytettävät energiamuotojen kertoimet ovat enimmäksi niin sanottuja "poliittisia" kertoimia enemmän kuin käytännön läheisiä. Arvot riippuvat siitä, että mitkä energian toteutuksen muodot nähdään energiystävällisinä eli mitkä energiamuodot kuluttavat vähemmän primäärienergiaa per tuotettu energiayksikkö. Tämä tarkoittaa taas sitä, että nämä arvot voivat teoriassa muuttua tulevaisuudessa. riippuen esimerkiksi teknologian kehityksestä. Nykyiseltäänkin sähkölle on annettu vain yksi arvo ja se yksi energiamuodon kerroin ei ota millään tavalla kantaa siihen, että miten sähköä loppuen lopuksi tuotetaan. Eri tapojen välillä voi kuitenkin olla suurikin vaikutus energiystävällisyyden ja ekologisuuden kannalta. Sähköä voidaan tuottaa tusinalla eri tavalla ja näiden tuottotapojen erot voivat olla suuret verraten esimerkiksi tuulienergiaa ydinvoimaan.

Energiamuotojen kertoimien ollessa enemmän vain päätettyjä kertoimia kuin laskennallisia on hyvinkin mahdollista, että tulevaisuudessa ne voivat muuttua. Mahdollisesti tulevaisuudessa sähköenergiakin tullaan jaottelemaan pienempiin osiin riippuen siitä millaista sähköenergiaa on käytettävissä. Onhan tuulienergialla tuotettu energia kuitenkin suhteellisen ympäristöystävällistä verrattuna ydinvoimaan.

Esimerkkinä energiamuotojen kertoimien aiheuttamasta outouksista mahdollisissa E-luvun laskennassa: Tietyissä tapauksissa talo, joka on lämmitetty maalämmöllä ja johon rakennetaan myöhemmässä vaiheessa varaava takka. Kyseisessä tapauksessa rakennuksen E-luku saattaa huonontua takan rakentamisen seurauksena. Tämä johtuu siitä, että takalla on huonompi energiamuodon kerroin kuin maalämmöllä.

Lähteet

- D3 (2012)= D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki.
- D5 (2007)= D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Rakennusten energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta Ohjeet. Helsinki.
- D5 (2012)= D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. Rakennusten energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta Ohjeet. Luonnos 14.3.2012. Helsinki

Liitteet**Vanhan 2007 vuoden rakennusmääräyskokoelman merkinnät**

A	rakennusosan pinta-ala, m ²
A _{huone}	valaistavan tilan huonepinta-ala, hum ₂
A _{br}	rakennuksen bruttoala, brm ²
A _{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m ₂
A _{ikk, valoaukko}	ikkunan valoaukon pinta-ala, m ₂
C _{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/(kgK)
C _{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kgK)
C _{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
C _{rak, omin}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen ominaislämpökapasiteetti, (Wh/K)/brm ²
E	tilan valaistusvoimakkuus, lx
E _{rakennus}	rakennuksen energiankulutus, kWh
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin, -
F _{kehä}	ikkunan kehäkerroin, lasipinta-alan suhde ikkunapinta-alaan, -
F _{läpäisy}	ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
F _{sivuarjostus}	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostuksen korjauskerroin, -
F _{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
F _{varjostus}	ikkunan varjostusten korjauskerroin, -
F _{verho}	ikkunan verhokerroin, -
F _{ylävarjostus}	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostuksen korjauskerroin, -
F _{ympäristö}	ympäristön horisontaalisten ikkunavarjostusten korjauskerroin (esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut), -
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -
g _{kohtisuora}	ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaissäteilykerroin, -
G _{säteily, pystypinta}	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/m ²
G _{säteily, vaakapinta}	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/m ²
H	rakennuksen tai tilan ominaislämpöhäviö, W/K
H _{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
H _{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
H _{vuotoilma}	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
k	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimää räistä läsnäoloa rakennuksessa, -
n	henkilöiden lukumäärä
n ₅₀	rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
n _{vuotoilma}	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h PA
lämmitys, osto	rakennuksen ostettavaa lämmitysenergiaa vastaava polttoainemäärä, polttoaineen mittayksikkö
P _e	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho, kW

P_{es}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
$P_{valaistus}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum ²
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{henk, omin}$	henkilöiden luovuttama ominaislämpöenergia, kWh/bm ²
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$Q_{iv, ei LTO}$	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman lämmöntalteenottoa (LTO), kWh
Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$Q_{jäähdytys, osto}$	rakennuksen ostettavan jäähdytysenergian kulutus, kWh
$Q_{jäähdytys, tilat}$	rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus (jäähdytysjärjestelmään tuotu kylmäenergia), kWh
$Q_{jäähdytys, tilat, netto}$	rakennuksen tilojen jäähdytyksen nettoenergiantarve, kWh
Q_{lkv}	lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh
$Q_{lkv, kehityshäviöt}$	lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lkv, kiertoahviöt, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämmityksen tarvitsema ominaislämpöenergia, kWh/bm ²
$Q_{lkv, kuorma}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpö kuormaenergia, kWh
$Q_{lkv, häviöt}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lkv, kiertoahviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, kWh
$Q_{lkv, netto}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
$Q_{lkv, varaajahäviöt}$	lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöenergia, kWh
Q_{LTO}	lämmöntalteenottolaitteistolla talteenotettu ja tuloilman lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{LTO, LP}$	poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
Q_{LP}	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{LP, lkv}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{LP, tilat}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{lämmitys}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh (lämmöntuottolaitteen rakennukseen tuottaman lämpöenergian määrä sisältäen lämmöntuottolaitteiden lämpöhäviöenergiat sisälle rakennukseen ja lämmitysverkostoon menevän lämmön)
$Q_{lämmitys, kuorma}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{lämmitys, osto}$	rakennuksen ostettavan lämmitysenergian kulutus, kWh
$Q_{lämmitys, tilat}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, häviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien (radiaattori, lattialämmitys) lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatteri}}$	tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	rakennuksen tai tilan lämpöhäviöenergia (johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviöenergia vähennettynä tarvittaessa tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutuksella), kWh
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	lämpökuormaenergia eli muulla tavalla kuin säätölaitteilla ohjatulla lämmityksellä rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{polttoaine, omin}}$	käytetyn polttoaineen tehollinen lämpöarvo, kWh/polttoaineen mittayksikkö
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{säh, omin}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva ominaislämpöenergia, kWh/brm ²
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
$q_v, \text{lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta, m ³ /s
q_v, poisto	poistoilmavirta, m ³ /s
$q_v, \text{vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_v, lkv	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, m ³ /s
$q_v, \text{lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon mitoitusvesivirta, m ³ /s
q_v, tulo	tuloilmavirta, m ³ /s
r	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
R	ilmavirtasuhde, lämmöntalteenoton kautta kulkevan tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -
$S17$	lämmitysenergiantarpeen normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, Kd
t_d	keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde tai käyttöaikasuhde, h/24h
t_v	keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhde tai käyttöaikasuhde, vrk/7 vrk
$T_{\text{jäte}}$	jäteilman lämpötila, °C
$T_{\text{jäte, mit}}$	jäteilman lämpötila mitoitustilanteessa, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{\text{lkv, kierto, paluu}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon paluuveden lämpötila, °C
$T_{\text{maa, vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{\text{maa, kuukausi}}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
T_p	poistoilman lämpötila, °C
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_s, \text{lask, keskim}$	laskennallinen kuukauden keskimääräinen sisäilman lämpötila, °C
T_t	tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C
T_{tulo}	tuloilman lämpötilan asetusarvo, °C
$T_{\text{tulo, mit}}$	tuloilman lämpötilan asetusarvo mitoitusolosuhteissa, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C

$T_{u, mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
$T_{u, vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila (liite 1), °C
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
V	rakennuksen ilmatilavuus, m ³
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
$V_{lkv, omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ /brm ²
$V_{lkv, omin, henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ /henk vuorokaudessa
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh
$W_{jäähdytys, sähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan jäähdytys­sähköenergian kulutus, kWh
W_{kiuas}	saunan kiukaan sähköenergiankulutus, kWh
$W_{laitesähkö}$	rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh
$W_{laitesähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan laitesähköenergian kulutus, kWh
W_{liesi}	lieden ja uunin sähköenergiankulutus, kWh
$W_{lämmitys, sähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan lämmityssähköenergian kulutus, kWh
$W_{muut laitteet}$	laitteiden (ei sisällä valaistusta eikä ilmanvaihtojärjestelmää) sähköenergiankulutus, kWh
$W_{muut pienlaitteet}$	rakennuksen sisällä olevien pienitehoisten tai jatkuvatoimisten laitteiden sähköenergiankulutus (laitteet, joilla ei ole omaa merkintää), kWh
$W_{pesukoneet}$	pesu- ja kuivauskoneiden sekä kostuttimien ja kuivaimien sähköenergiankulutus, kWh
$W_{sisävalaistus}$	sisävalaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
$W_{sähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan sähköenergian kokonaiskulutus, kWh
$W_{tuloilmapuhallin}$	ilmanvaihdon tuloilmapuhaltimien sähköenergiankulutus, kWh
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
β	valaistuksen alenemakerroin ("beeta"), -
γ	lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin ("gamma"), -
Δt	käyttöaika, h tai ajanjakson pituus ("delta t"), h tai vrk
$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
Δt_{vrk}	lämmöntarpeen huomioon ottava vuorokautinen näennäiskäyntiaika, h
$\Delta T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C
$\Delta T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero, °C
$\epsilon_{jäähdytys}$	kylmäntuottolaitteen vuotuinen kylmäkerroin ("epsilon"), -
ϵ_{LP}	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin, -
η	valaistushyötysuhde ("eeta"), -
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta, -
$\eta_{huonelämmitys}$	huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{jäähdytys, tilat}$	tilojen jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde, -
η_{lkv}	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{lämmitys}$	lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde, -
$\eta_{lämpö}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistäaste, -
η_p	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde, -

$\eta_p = (T_p - T_{j\grave{a}te}) / (T_p - T_u)$, -	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{p,mit}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde, -
$\eta_{s\grave{a}hk\ddot{o}}$	sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde, -
η_t	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde,
$\eta_t = (T_t - T_u) / (T_p - T_u)$, -	lämmöntalteenoton tuloilman vuotuinen lämpötilasuhde, -
$\eta_{t,a}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{t,mit}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{tuloilma}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
η_r	lamppujen valotehokkuus, lm/W
ρ_i	ilman tiheys ("rho"), 1,2 kg/m ³
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
Σ	summa ("sigma")
τ	rakennuksen aikavakio ("tau"), h
Φ_{henk}	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtu mislämpöä) ("fii"), W/henkilö
$\Phi_{huonel\grave{a}mmitys}$	huonelämmityksen tehon tarve, W
Φ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
Φ_{joht}	johtumislämmitysteho, W
Φ_{lkv}	käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, kW
$\Phi_{lkv, kierto\grave{a}vi\ddot{o}, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsema ominaisteho, kW/brm ²
$\Phi_{lkv, kierto\grave{a}vi\ddot{o}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsema teho, kW
$\Phi_{l\grave{a}mmitys}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
$\Phi_{tuloilmapatteri}$	tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W
$\Phi_{vuotoilma}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W

Uuden 2012 vuoden rakennusmääräyskokoelman merkinnät

a	numeerinen parametri
A _{huone}	valaistavan tilan huonepinta-ala, m ²
A _i	rakennusosan i pinta-ala, m ²
A _{ikk}	ikkunan pinta-ala, m ²
A _{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²
A _{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m ²
C _{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 J/(kgK)
C _{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kgK)
C _{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
E _i	tilan i valaistusvoimakkuus, lx
E _{osto}	rakennuksen ostoenergian kulutus, kWh/(m ² a)
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskertoimia
f _{kaukolämpö}	kaukolämmön energiamuodon kerroin
F _{läpäisy}	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
F _{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi
f _{sähkö}	sähkön energiamuodon kerroin
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
g _{kohtisuora}	ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin
G _{säteily, vaakapinta}	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
H _{tila}	rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö, W/K
k	rakennuksen käyttöaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keski määräistä läsnäoloa rakennuksessa
l _k	viivamaisen kylmäsillan pituus, m
n	henkilöiden lukumäärä
n ₅₀	rakennuksen ilmapuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
φ _{henk}	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä), W/henkilö
P _{valaistus}	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hm ²
q ₅₀	rakennusvaipan ilmapuotoluku, m ³ /(hm ²)
Q _{alapohja}	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
Q _{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh tai kWh/kk
Q _{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
Q _{ikkuna}	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
Q _{iv}	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
Q _{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
Q _{kaukolämpö}	kaukolämmön kulutus, kWh/(m ² a)
Q _{kylmäsillat}	johtumislämpöhäviö kylmäsilltojen läpi, kWh
Q _{lkv, netto}	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
Q _{lkv, varastointi}	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
Q _{lämpökuorma}	rakennuksen lämpökuorma, kWh
Q _{lämmitys}	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/(m ² a)
Q _{lämmitys, iv}	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh
Q_{ovi}	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
Q_{rakosa}	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
$Q_{\text{sis. lämpö}}$	lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
Q_{tila}	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
$q_{v, \text{tulo}}$	tuloilmavirta, m ³ /s
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh SFP puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen omaissähköteho, kW/(m ³ s)
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk
U_i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
V	rakennuksen ilmatilavuus, m ³
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{sähkö}}$	sähkön kulutus, josta vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
$W_{\text{valaistus}}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
x	kerroin, joka on yksikerroksiselle rakennukselle 35
β	valaistuksen alenemakerroin
γ	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön
Δt	ajanjakson, laskentajakson tai käyttöajan ajallinen kes- to oleskeluaika, h
$\Delta t_{\text{oleskelu}}$	oleskeluaika, h
$\Delta T_{\text{puhallin}}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
η	valaistushyötysuhde
$\eta_{\text{lkv, siirto}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistäaste
η_{ϕ}	lamppujen valotehokkuus, lm/W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
ρ_v	veden tiheys, 1 000 kg/m ³
T	rakennuksen aikavakio, h
Ψ_k	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(mK)

Lisäkonduktanssin arvot

19

Taulukko 3.1. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille (Ψ_k) ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runkomateriaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni, maan-vast.	betoni, ryöm. tila	kevyt-betoni, ryöm. tila	puu, ryöm. tila
betoni	0,08		0,04	0,0			0,24	0,28		
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,1	0,0		0,09	0,08	0,03	
kevytsorabetoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,0			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,10			0,06
hirsi			0,04			0,0	0,11			0,09

Taulukko 3.2. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille (Ψ_k) ulkoseinien välisissä murkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt-betoni	kevyt-sora-betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla ^{*)}	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

^{*)} Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Taulukko 3.3. Ohjearvot viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille (Ψ_k) liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa taulukoissa 3.1 ja 3.2, W/(m·K). Muut rakenteiden väliset liitokset voidaan jättää laskennassa huomioimatta.

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)
ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,3
ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,5
ulkoseinän ja välipohjan liitos	0,2
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,1
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,1
ikkuna- ja oviliitos	0,2

Selostus

Kylmäsiilat kaavassa 3.5 voidaan laskea ympäristöministeriön oppaan tai SFS-EN-standardien mukaan. Standardien mukaan kylmäsiiloja laskettaessa on käytettävä kaavan 3.4 mukaisia lämmönläpäisykertoimien ja pinta-alojen määritelmiä tai muuten varmistuttava siitä, että rakennusvaipan johtumislämpöhäviö vastaa kaavaa 3.3.

Laskentaan valitut $F_{\text{ympäristö}}$ arvot

35

Taulukko 5.3. Ympäristön varjostuksen korjauskertoimet $F_{\text{ympäristö}}$, kun varjostuskulma on 45° (15°).
Kun varjostuskulma on 0° , on kerroin aina 1,0. Väliarvot ovat jakautuneet tasavälein.

Kuukausi	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
Tammikuu	0,95 (0,98)	0,60 (0,86)	0,25 (0,75)
Helmikuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,30 (0,76)
Maaliskuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,40 (0,80)
Huhtikuu	0,80 (0,93)	0,50 (0,83)	0,50 (0,83)
Toukokuu	0,80 (0,93)	0,55 (0,85)	0,70 (0,90)
Kesäkuu	0,60 (0,86)	0,50 (0,83)	0,75 (0,91)
Heinäkuu	0,70 (0,90)	0,55 (0,85)	0,75 (0,91)
Elokuu	0,65 (0,88)	0,40 (0,80)	0,40 (0,80)
Syyskuu	0,85 (0,95)	0,50 (0,83)	0,45 (0,81)
Lokakuu	0,90 (0,96)	0,55 (0,85)	0,30 (0,76)
Marraskuu	0,90 (0,96)	0,60 (0,86)	0,20 (0,73)
Joulukuu	0,95 (0,98)	0,80 (0,93)	0,20 (0,73)

Taulukko 5.4. Yläpuolisen varjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle $F_{\text{ylävarjostus}}$.

Kulma (α)	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,98	0,99
20°	0,93	0,95	0,97
30°	0,90	0,92	0,95
40°	0,87	0,88	0,92
45°	0,80	0,81	0,85
60°	0,66	0,65	0,66

Taulukko 5.5. Sivuvarjostuksen korjauskertoimet lämmityskaudelle $F_{\text{sivuvarjostus}}$.

Kulma (β)	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,97	0,98
20°	0,99	0,94	0,96
30°	0,98	0,90	0,94
40°	0,98	0,87	0,91
45°	0,98	0,82	0,85
60°	0,98	0,73	0,73

Säätiedöt vyöhykkeelle I&II rakennusmääräyskokoelmasta D3 2012

Taulukko L2.2. Säätiedot kuukausittain säävyöhykkeellä I ja II. Helsinki-Vantaa.

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ - kWh/m ²	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-3,97	6,2	650
Helmikuu	-4,50	22,4	602
Maaliskuu	-2,58	64,3	607
Huhtikuu	4,50	119,9	354
Toukokuu	10,76	165,5	117
Kesäkuu	14,23	168,6	9
Heinäkuu	17,30	180,9	0
Elokuu	16,05	126,7	31
Syyskuu	10,53	82,0	161
Lokakuu	6,20	26,2	331
Marraskuu	0,50	8,1	495
Joulukuu	-2,19	4,4	595
Koko vuosi	5,57	975	3952

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin,
 $G_{\text{säteily, pystypinta}}$ kWh/m²

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	6,2	4,7	3,8	9,5	12,9	9,5	3,8	4,7
Helmikuu	17,3	13,8	15,6	31,0	41,4	30,9	15,6	14,0
Maaliskuu	40,3	38,1	48,5	75,1	89,5	69,4	43,7	36,9
Huhtikuu	43,9	56,3	79,9	101,1	107,3	101,6	80,6	56,8
Toukokuu	57,8	82,1	112,8	123,3	116,0	117,5	104,5	76,3
Kesäkuu	70,6	87,9	109,6	109,9	101,6	110,9	111,2	89,1
Heinäkuu	66,3	91,1	118,8	123,1	115,5	128,6	122,7	91,2
Elokuu	50,0	66,4	91,8	106,0	100,4	92,8	78,8	61,1
Syyskuu	32,9	37,5	56,5	83,9	100,5	87,3	59,3	38,1
Lokakuu	17,9	15,6	17,5	28,3	37,0	30,0	18,8	15,7
Marraskuu	7,2	5,5	5,1	12,3	16,8	12,3	5,1	5,6
Joulukuu	4,2	3,2	2,6	8,4	11,8	8,8	2,9	3,2
Koko vuosi	414,6	502,2	662,5	811,9	850,7	799,6	647,0	492,7

Muunnoskerroin F_{suunta} , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi eri ilmansuunnissa

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	0,995	0,757	0,609	1,531	2,080	1,519	0,605	0,759
Helmikuu	0,774	0,618	0,700	1,387	1,854	1,381	0,700	0,624
Maaliskuu	0,627	0,592	0,754	1,169	1,392	1,079	0,679	0,574
Huhtikuu	0,366	0,470	0,666	0,843	0,895	0,847	0,672	0,474
Toukokuu	0,349	0,496	0,681	0,745	0,701	0,710	0,632	0,461
Kesäkuu	0,419	0,521	0,650	0,652	0,602	0,658	0,659	0,528
Heinäkuu	0,367	0,503	0,657	0,681	0,639	0,711	0,679	0,504
Elokuu	0,395	0,524	0,725	0,837	0,793	0,732	0,622	0,482
Syyskuu	0,401	0,457	0,689	1,023	1,225	1,064	0,723	0,465
Lokakuu	0,683	0,595	0,670	1,081	1,412	1,144	0,718	0,598
Marraskuu	0,888	0,683	0,632	1,519	2,068	1,519	0,633	0,686
Joulukuu	0,920	0,697	0,571	1,850	2,615	1,942	0,637	0,697
Koko vuosi	0,425	0,515	0,679	0,833	0,872	0,820	0,663	0,505

Lämmitysjärjestelmien

lämpöhäviöenergiat

6.1.3

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden (esimerkiksi lämmityskattilat, lämpöpumput ja kaukolämmön lämmönsiirtimet) vaipan lämpöhäviöenergia lasketaan yleensä valmistajan ilmoittamasta tai muulla tavalla todetusta lämpöhäviötehosta.

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat voidaan määrittää käyttämällä taulukon 6.1 vuotuisia ominaislämpöhäviöitä kerrottuna rakennuksen bruttoalalla, ellei selvityksin toisin osoiteta. Jos rakennuksen eri osissa on erilaisia lämmitysjärjestelmiä, voidaan ominaislämpöhäviönä käyttää näiden osien pinta-aloilla painotettua keskiarvoa.

Taulukko 6.1. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat eri lämmitysjärjestelmille.

Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmän ominaislämpöhäviöt $Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt, omin}}$, kWh/brm ² vuodessa				
	Kehitys- häviöt 2)	Jakelu- häviöt 3)	Luovutus- häviöt 3)	Säätö- häviöt 3)	Varaaja- häviöt 2)
Vesiradiaattorit, menovesi 90/paluuvesi 70 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä	Lasketaan valmistajan ilmoittamasta tai vastaavasta häviötehosta, tai käytetään arvoa 2 kWh/brm ² vuodessa.	10 40	4	2	Kuva 6.1
Vesiradiaattorit, 70/40 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä	Kehityshäviönä käytetään kuitenkin vähintään arvoa 2 000 kWh vuodessa.	5 20	4	2	Kuva 6.1
Vesiradiaattorit, 45/35 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä		3 10	4	2	Kuva 6.1
Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 °C - alapohjan lämmöneristys 200 mm 1) - alapohjan lämmöneristys 100 mm 1) - välipohja lämmöneristys 50 mm 1) - välipohja ilman lämmöneristystä		5	10 20 15 30	4	Kuva 6.1
Vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys - keskitetty lämmitys		5	1	4	Kuva 6.1
Sähkölämmityspatterit	0	0	4	1	0
Sähköinen lattialämmitys - alapohjan lämmöneristys 200 mm 1) - alapohjan lämmöneristys 100 mm 1) - välipohja lämmöneristys 50 mm 1) - välipohja ilman lämmöneristystä	0	0	10 20 15 30	4	0
Sähköinen ilmanvaihtolämmitys - keskitetty tuloilman lämmitys - huonekohtainen tuloilman lämmitys	0 0	5 0	1 1	4 1	0

1) Eristyspaksaus vastaa lämmöneristettä, jonka suunnittelulämmönjohtavuus on enintään 0,045 W/(m K).

2) Kehitys- ja varaajahäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa. Jos käyttövesi lämmitetään samalla lämmönkehityslaitteella, niin käyttöveden lämmönkehityksen häviöitä ei tarvitse ottaa erikseen huomioon.

3) Jakelu-, luovutus ja säätöhäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista jakamalla häviöt eri kuukausille seuraavasti: marras-, joului-, tammi- ja helmikuu kukin 15 %, loka-, maaliskuu- ja huhtikuu 10 % sekä touko- ja syyskuu 5 % vuotuisesta lämpöhäviöenergiasta. Kesällä tilojen lämmitysjärjestelmässä ei yleensä ole jakelu-, luovutus ja säätöhäviöitä.

Taulukkoarvoja 2007 rakennusmääräyskokoelmasta

Taulukko 7.1. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin.

Rakennustyyppi	Laitteiden	Valaistus-	Ilmanvaihto-	Muut
	sähkönkulutus	järjestelmä	järjestelmä	laitteet
	yhteensä			
	$W_{\text{laitesähkö}}$	$W_{\text{valaistus}}$	$W_{\text{ilmanvaihto}}$	$W_{\text{muut laitteet}}$
	kWh/brm ² /vuosi	kWh/brm ² /vuosi	kWh/brm ² /vuosi	kWh/brm ² /vuosi
Asuinkerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36.
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Liikerakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Liikuntarakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59

Taulukko 8.1. Henkilöiden luovuttama vuotuinen ominaislämpöenergia $Q_{\text{henk, omin}}$ eri rakennustyypeissä.

Rakennustyyppi	$Q_{\text{henk, omin}}$ kWh/brm ² vuodessa
Asuinkerrostalo	17
Rivitalo	11
Pientalo	8
Toimistorakennus	10
Opetusrakennus	58
Liikerakennus	13
Hotelli	18
Ravintola	38
Liikuntarakennus	16
Sairaala	70
Muut rakennukset	13

Taulukko 8.3. Valaistuksesta, ilmanvaihtojärjestelmästä ja muista laitteista lämpökuormaksi tuleva vuotuinen energia $Q_{\text{säh, omin}}$ eri rakennustyypeissä

Rakennustyyppi	$Q_{\text{säh, omin}}$ kWh/brm ² vuodessa
Asuinkerrostalo	32
Rivitalo	32
Pientalo	32
Toimistorakennus	53
Opetusrakennus	44
Liikerakennus	66
Hotelli	88
Ravintola	79
Liikuntarakennus	128
Sairaala	81
Muut rakennukset	71

Säätiedöt vyöhykkeelle II rakennusmääräyskokoelmasta D5 2007

<i>Taulukko L1.3. Säätiedot kuukausittain säävyöhykkeellä II. Jokioinen, 1979.</i>			
Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$, kWh/m ²	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-9,16	7,1	811
Helmikuu	-10,4	27,6	767
Maaliskuu	-1,80	53,5	583
Huhtikuu	1,68	93,4	460
Toukokuu	10,5	154,1	169
Kesäkuu	15,5	187,5	0
Heinäkuu	14,2	123,3	17
Elokuu	15,2	128,6	0
Syyskuu	9,08	67,0	230
Lokakuu	3,37	31,0	423
Marraskuu	0,81	7,8	486
Joulukuu	-5,25	4,5	690
Koko vuosi	3,72	885,4	4 634

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin, $G_{\text{säteily, pystypinta}}$, kWh/m ²								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	6,2	6,2	6,5	9,3	10,9	9,8	6,9	6,24
Helmikuu	19,5	19,7	27,4	45,8	57,6	47,6	28,7	19,8
Maaliskuu	37,0	39,0	48,4	60,7	69,2	63,7	51,1	39,9
Huhtikuu	32,7	41,2	61,0	78,0	81,4	73,1	57,5	41,1
Toukokuu	57,6	72,4	96,5	106,8	104,7	108,2	100,0	76,0
Kesäkuu	73,9	97,2	126,4	127,7	114,7	123,6	123,0	96,5
Heinäkuu	59,0	68,9	81,2	82,8	77,0	77,9	76,0	66,4
Elokuu	47,4	63,1	90,6	106,7	102,9	94,7	79,8	59,8
Syyskuu	27,0	32,8	48,1	62,4	70,7	65,6	50,7	33,2
Lokakuu	12,3	13,3	24,0	40,4	48,2	37,0	21,7	13,4
Marraskuu	4,4	4,4	6,0	9,6	11,3	8,9	5,5	4,4
Joulukuu	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Koko vuosi	378,0	459,3	617,2	731,3	749,5	711,2	601,9	457,8

<i>Muunnoskerroin F_{suunta}, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi eri ilmansuunnissa</i>								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	0,873	0,873	0,915	1,310	1,535	1,380	0,972	0,879
Helmikuu	0,707	0,714	0,993	1,659	2,087	1,725	1,040	0,717
Maaliskuu	0,692	0,729	0,905	1,135	1,293	1,191	0,955	0,746
Huhtikuu	0,350	0,441	0,653	0,835	0,872	0,783	0,616	0,440
Toukokuu	0,374	0,470	0,626	0,693	0,679	0,702	0,649	0,493
Kesäkuu	0,394	0,518	0,674	0,681	0,612	0,659	0,656	0,515
Heinäkuu	0,479	0,559	0,659	0,672	0,624	0,632	0,616	0,539
Elokuu	0,369	0,491	0,705	0,830	0,800	0,736	0,621	0,465
Syyskuu	0,403	0,490	0,718	0,931	1,055	0,979	0,757	0,496
Lokakuu	0,397	0,429	0,774	1,303	1,555	1,494	0,700	0,432
Marraskuu	0,564	0,564	0,769	1,231	1,449	1,141	0,705	0,564
Joulukuu	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511
Koko vuosi	0,427	0,519	0,697	0,826	0,847	0,803	0,680	0,517

E-luvun luokitteluasteikko

1

Liite 1

RAKENNUKSEN E-LUVUN LUOKITTELUASTEIKOT

Energiatodistuksessa energiatehokkuuden luokitteluasteikkona käytetään tässä liitteessä esitettyä rakennuksen käyttötarkoitukseluokan perusteella määräytyvää asteikkoa.

Rakennuksen energiatehokkuus (E-luku, kWh/m²), ilmoitetaan vuotta kohden ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna.

Erilliset pientalot

Käyttötarkoitukseluokka: Yhden asunnon talot
Kahden asunnon talot
Muut erilliset pientalot
Majoituselinkeinoon harjoittamiseen tarkoitettut loma-asunnot, jotka ovat erillisiä pientaloja

$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$

Energiatehokkuusluokka	Energiatehokkuusluku (E-luku, kWh/m ²)
A	E-luku ≤ 84
B	$85 \leq \text{E-luku} \leq 144$
C	$145 \leq \text{E-luku} \leq 204$
D	$205 \leq \text{E-luku} \leq 284$
E	$285 \leq \text{E-luku} \leq 414$
F	$415 \leq \text{E-luku} \leq 484$
G	E-luku ≥ 485

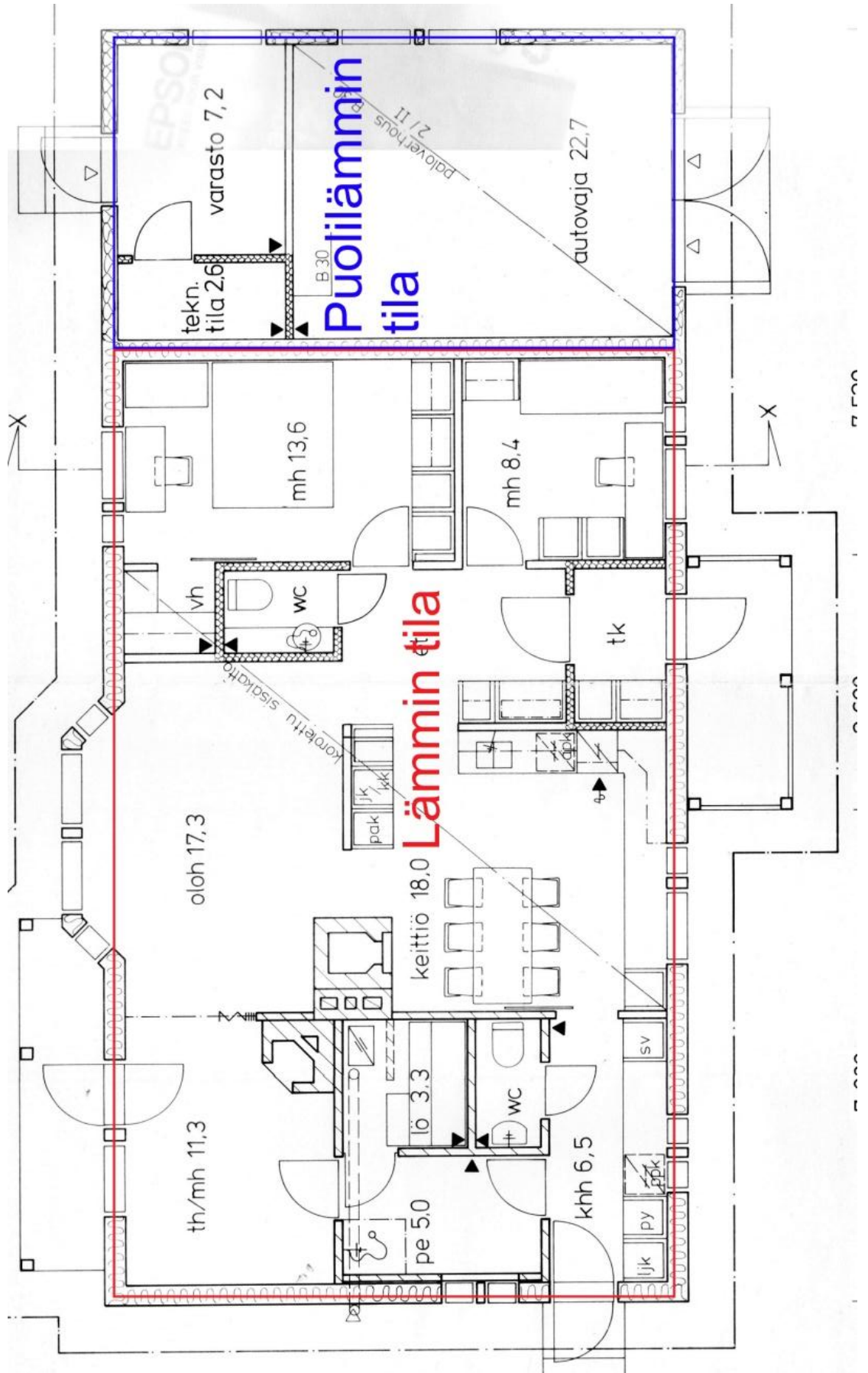
$120 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} < 150 \text{ m}^2$

Energiatehokkuusluokka	Energiatehokkuusluku (E-luku, kWh/m ²)
A	E-luku $\leq 230 - 1,13 \cdot A_{\text{netto}}$
B	$230 - 1,13 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 320 - 1,47 \cdot A_{\text{netto}}$
C	$314 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 373 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
D	$374 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 453 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
E	$454 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 583 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
F	$584 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 653 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
G	E-luku $\geq 654 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$

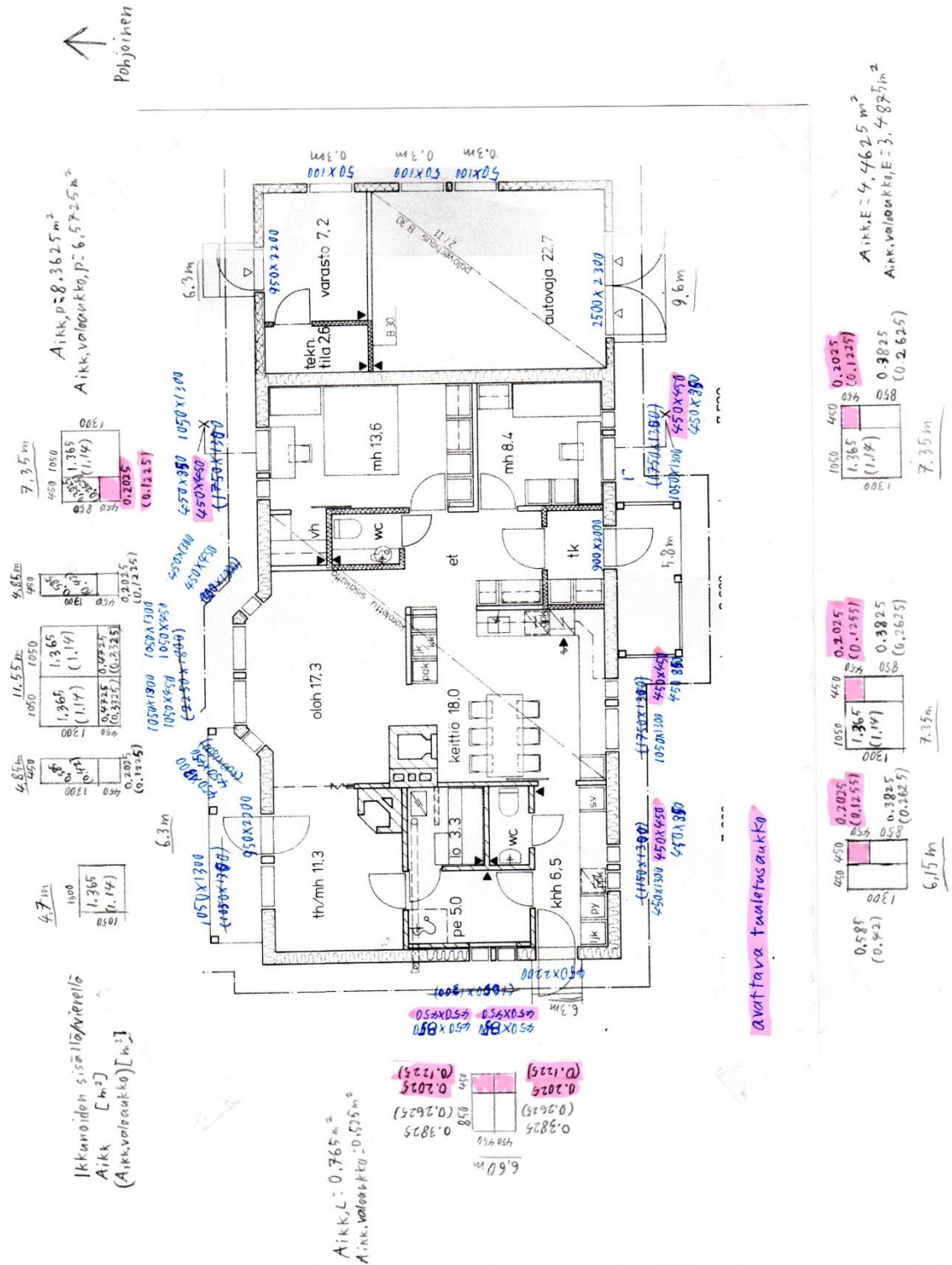
$150 \text{ m}^2 > A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$

Energiatehokkuusluokka	Energiatehokkuusluku (E-luku, kWh/m ²)
A	E-luku ≤ 60
B	$61 \leq \text{E-luku} \leq 100$
C	$111 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
D	$174 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 253 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
E	$254 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 383 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
F	$384 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}} \leq \text{E-luku} \leq 453 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
G	E-luku $\geq 454 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$

Rakennuksen pohjapiirustus (ei mittakaavassa, vanhat rakennepiirustukset)



Aukkojen mitat ja laskennan kannalta olennaiset mittatiedot (Pohjakuva vanhoista rakennpiirustuksista.)



Sisällysluettelo laskentaosioittain (Järjestely RakMK D5 2012 laskennan mukaisesti)

Sisältö	2012	2007
Lähtötiedot	2-3	28-29
Rakennosien läpi johtuva lämpöenergia	4-9	30-32
Vuotoilma rakenneosien läpi	9	32
Korvausilma / Ilmanvaihto	9-10	33
Tilojen tarvitsema lämmitysenergia	10, 18	45
Lämmin käyttövesi	10-11	34
Laitteiden sähkönkulutus	11	35
Laitteiden lämpökuorma	11	37
Valaistuksen sähkönkulutus	11	35
Valaistuksen lämpökuorma	11	37
Henkilöiden lämpökuorma	12	36
Auringosta tuleva lämpöenergia	13-17	37-39
Lämpimän käyttöveden varastointi	17	35
Lämpimän käyttöveden kierto	17	35
Rakennuksessa hyödynnettävä lämpökuorma	17-18	36-37,40
Lämmitystarve / Lämpöhäviöt	18	40
Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö	19	41
Rakennuksen aikavakio	19	41-42
Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön	20	42
Laskennan numeerinen parametri	21	43
Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste	22	44
Lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat	22	44
Tilojen tarvitsema lämmitysenergiantarve	23	45
Lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviöt	23	34
Lämmitysenergian tarve lämmitysjärjestelmittäin	23-24	45-46
Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve	24	34
Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus	24	34
Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus	25	46
Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus	25	46
Ilmanvaihdon sähköenergian kulutus	25	35-36
E-luvun laskenta	26	47

Laskentatuloksien vertailu

48

Lähtötiedot 1/2

Väritetty solu tarkoittaa lähtötietoa jota vaihtamalla lasku muuttuu

 = 2012 lähtötieto
 = 2007 lähtötieto
 = molemmat

Rakenne	U-arvot[W/(m ² K)]
Ovet&tuuletusluukut	0,7
Ikkunat	1,7
Ulkoseinä	0,23
Yläpohja	0,15
Alapohja	0,18

Rakenne	Pinta-ala [m ²]		
Ovet&tuuletusluukut	7,195		
Ikkunat	13,59		
Ulkoseinä(lämmin)	85,994		
Ulkoseinä(puolilämmin)	40,968		
Seinä(puolil.-lämmin)	19,944		
Yläpohja(lämmin)	116,05		
Yläpohja(puolilämmin)	32,5	kauko	säh
Alapohja(lämmin)	105	96,7	8,3
Alapohja(puolilämmin)	32,5		
Huoneistoala A _{br}	105	96,7	8,3
Avaippa(lämmin)	307,04		
Avaippa(puolilämmin)	105,97		

Rakennuksen tilavuus [m³]

225,15

Ilmavaihdon tilavuusvirta

177,91 [m ³ /h]	30 %	53,373
0,0494 [m ³ /s]	30 %	0,0148

Ilmanvaihdon käyntiaikasuhteet

24 h	7 d	sähköteho P _{puh} [kW]
24	7	0,058

Viivamaiset kylmäsilat l _k	Pituus[m]
Yläpohja(lämmin)	44,02
Alapohja(lämmin)	44,02
Nurkat	7,2
Ovet ja ikkunat	79,15

Sisälämpötila T_s [°C]

21

Energiamuotojen kertoimet

Puolilämmin [°C]

15

f_{kaukolämpö}

0,7

f_{polttoaine}

0,5

Ilmanvaihto N [1/h]

0,5

f_{sähkö}

1,7

Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus V_{lk,omin}0,6 m³/(m²a) dm³/brm³Rakennusvaipan ilmavuotoluku q₅₀

4,0

Maanpinnan yläpuoliset kerrokset kerroin x

35

Käyttöaste

0,6

0,1 valaistus

Valaistus W/m²

8

Kuluttajalaitteet W/m²

3

Ihmiset W/m²

2

Oleskeluajat tilassa

24 h	7 d
24	7

Tunnit kuukausittain ja °C

Kuukausi	d	24/7	h _{kuukausi} Δt	T _u [°C]	Δt _{maa, kuukausi}
Tammikuu	31	24	744	-3,97	0
Helmikuu	28	24	672	-4,50	-1
Maaliskuu	31	24	744	-2,58	-2
Huhtikuu	30	24	720	4,50	-3
Toukokuu	31	24	744	10,76	-3
Kesäkuu	30	24	720	14,23	-2
Heinäkuu	31	24	744	17,30	0
Elokuu	31	24	744	16,05	1
Syyskuu	30	24	720	10,53	2
Lokakuu	31	24	744	6,20	3
Marraskuu	30	24	720	0,50	3
Joulukuu	31	24	744	-2,19	2

Lähtötiedot 2/2
Auringon säteilyKohtisuora läpäisykerroin $g_{\text{kohtisuora}}$

0,7

 F_{verho} verhokerroin

0,30

 η_{tuotto}

0,9

kaukolämpö

0,8

takka

Takkojen määrä vuosiyhtiö

2

=

4000

LKV lähtötiedot

Ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain [m²]

Pohjoinen

Itä

Etelä

Länsi

Aikk

Aikk

Aikk

Aikk

Kierron teho

8,3625

0

4,4625

0,765

200 [W/dm³/s]

Aikk,valoaukko

6,5725

Aikk,valoaukko

0

Aikk,valoaukko

3,4875

Aikk,valoaukko

0,525

Kierron virtaama

0,4

[dm³/s] $\eta_{\text{lkv,siirto}}$

0,96

 $F_{\text{ympäristö}}$ varjostuksen korjauskertoimet

Kuukausi	Pohjoinen	Itä	Etelä	Länsi
Tammikuu	0,98	0,60	0,75	0,60
Helmikuu	0,96	0,50	0,76	0,50
Maaliskuu	0,96	0,50	0,80	0,50
Huhtikuu	0,93	0,50	0,83	0,50
Toukokuu	0,93	0,55	0,90	0,55
Kesäkuu	0,86	0,50	0,91	0,50
Heinäkuu	0,90	0,55	0,91	0,55
Elokuu	0,88	0,40	0,80	0,40
Syyskuu	0,95	0,50	0,81	0,50
Lokakuu	0,96	0,55	0,76	0,55
Marraskuu	0,96	0,60	0,73	0,60
Joulukuu	0,98	0,80	0,73	0,80

[D5 s.45 taul 6.3b]

 $Q_{\text{lkv,varastointi}}$

0

kiertoon kytketyt

 $\eta_{\text{lämmityslaite}}$

0

 e_{tuotto}

0,6

kiertovesijohdon pituus

 L_{lkv} [m]

4,3

[D5 s.46 taul 6.5]

 $\Phi_{\text{lkv,kiertohäviö,omin}}$ [W/m]

10

[D5 s.39, Taul 5.6]

 $C_{\text{rak,omin}}$

70

 C_{rak}

=

7350

 C_{rak}

7350

[Wh/(m²K)]

[Wh/K]

Jakeluhäviöt

 $q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}}$ [kWh/(ma)]

25

Häviöputkien pituus L

4

 e_{tilat} kWh/(m² a)

2

vesiradiaattorit

0,5

lattiasähkö

 η_{tila}

0,90

vesiradiaattorit

0,85

lattiasähkö

 $F_{\text{ylävarjostus}}$ varjostuksen korjauskertoimet

0,97

1,00

1,00

1,00

 $F_{\text{sivuarjostus}}$ varjostuksen korjauskertoimet

1,00

1,00

1,00

1,00

 $G_{\text{säteily,pystypinta}}$ [kWh/m²]

Kuukausi	Pohjoinen	Itä	Etelä	Länsi
Tammikuu	6,2	3,8	12,9	3,8
Helmikuu	17,3	15,6	41,4	15,6
Maaliskuu	40,3	48,5	89,5	43,7
Huhtikuu	43,9	79,9	107,3	80,6
Toukokuu	57,8	112,8	116,0	104,5
Kesäkuu	70,6	109,6	101,6	111,2
Heinäkuu	66,3	118,8	115,5	122,7
Elokuu	50,0	91,8	100,4	78,8
Syyskuu	32,9	56,5	100,5	59,3
Lokakuu	17,9	17,5	37,0	18,8
Marraskuu	7,2	5,1	16,8	5,1
Joulukuu	4,2	2,6	11,8	2,9

Tilojen tarvitsema lämmitysenergian tarve

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}}$$

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv,tuloilma}} + Q_{\text{iv,korvausilma}}$$

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{kuloseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{kikkuna}} + Q_{\text{ovi}} + Q_{\text{muu}} + Q_{\text{kylmäsiilat}}$$

$$Q_{\text{rakosa}} = \sum U_i * A_i * (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

Esimerkiksi ulkoseinään läpi johtuva lämpöenergia tammikuussa

$$Q_{\text{kuloseinä}} = 0,23 * 85,994 * (21 - (-3,97)) * 744 / 1000$$

$$Q_{\text{kuloseinä}} = 367,44 \text{ kWh}$$

Q_{kuloseinä} Taulukkolaskenta

Kuukausi	U _i	A _i	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{kuloseinä,kuukausi}
Tammikuu	0,23	85,994	21	-3,97	744	1000	367,44
Helmikuu	0,23	85,994	21	-4,50	672	1000	338,93
Maaliskuu	0,23	85,994	21	-2,58	744	1000	346,99
Huhtikuu	0,23	85,994	21	4,50	744	1000	242,80
Toukokuu	0,23	85,994	21	10,76	744	1000	150,68
Kesäkuu	0,23	85,994	21	14,23	720	1000	96,41
Heinäkuu	0,23	85,994	21	17,30	744	1000	54,45
Elokuu	0,23	85,994	21	16,05	744	1000	72,84
Syyskuu	0,23	85,994	21	10,53	720	1000	149,10
Lokakuu	0,23	85,994	21	6,20	744	1000	217,79
Marraskuu	0,23	85,994	21	0,50	720	1000	291,93
Joulukuu	0,23	85,994	21	-2,19	744	1000	341,25
						YHT	2670,60

Q_{yläpohja} Taulukkolaskenta

Kuukausi	U _i	A _i	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{yläpohja,kuukausi}
Tammikuu	0,15	116,05	21	-3,97	744	1000	323,39
Helmikuu	0,15	116,05	21	-4,50	672	1000	298,29
Maaliskuu	0,15	116,05	21	-2,58	744	1000	305,39
Huhtikuu	0,15	116,05	21	4,50	744	1000	213,69
Toukokuu	0,15	116,05	21	10,76	744	1000	132,62
Kesäkuu	0,15	116,05	21	14,23	720	1000	84,85
Heinäkuu	0,15	116,05	21	17,30	744	1000	47,92
Elokuu	0,15	116,05	21	16,05	744	1000	64,11
Syyskuu	0,15	116,05	21	10,53	720	1000	131,22
Lokakuu	0,15	116,05	21	6,20	744	1000	191,68
Marraskuu	0,15	116,05	21	0,50	720	1000	256,93
Joulukuu	0,15	116,05	21	-2,19	744	1000	300,34
						YHT	2350,44

Q_{muu} Taulukkolaskenta

Kuukausi	U _i	A _i	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{muu,kuukausi}
Tammikuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Helmikuu	0,23	19,944	21	15,00	672	1000	18,50
Maaliskuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Huhtikuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Toukokuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Kesäkuu	0,23	19,944	21	15,00	720	1000	19,82
Heinäkuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Elokuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Syyskuu	0,23	19,944	21	15,00	720	1000	19,82
Lokakuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
Marraskuu	0,23	19,944	21	15,00	720	1000	19,82
Joulukuu	0,23	19,944	21	15,00	744	1000	20,48
						YHT	241,76

Q_{kylmäsilta,yläpohja} Taulukkolaskenta

Kuukausi	l _k	Ψ _k	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{kylmäsilta,yläpohja}
Tammikuu	44,02	0,05	21	-3,97	744	1000	40,89
Helmikuu	44,02	0,05	21	-4,50	672	1000	37,72
Maaliskuu	44,02	0,05	21	-2,58	744	1000	38,61
Huhtikuu	44,02	0,05	21	4,50	744	1000	27,02
Toukokuu	44,02	0,05	21	10,76	744	1000	16,77
Kesäkuu	44,02	0,05	21	14,23	720	1000	10,73
Heinäkuu	44,02	0,05	21	17,30	744	1000	6,06
Elokuu	44,02	0,05	21	16,05	744	1000	8,11
Syyskuu	44,02	0,05	21	10,53	720	1000	16,59
Lokakuu	44,02	0,05	21	6,20	744	1000	24,24
Marraskuu	44,02	0,05	21	0,50	720	1000	32,49
Joulukuu	44,02	0,05	21	-2,19	744	1000	37,97
YHT							297,19

Q_{kylmäsilta,alapohja} Taulukkolaskenta

Kuukausi	l _k	Ψ _k	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{kylmäsilta,alapohja}
Tammikuu	44,02	0,10	21	-3,97	744	1000	81,78
Helmikuu	44,02	0,05	21	-4,50	672	1000	37,72
Maaliskuu	44,02	0,05	21	-2,58	744	1000	38,61
Huhtikuu	44,02	0,05	21	4,50	744	1000	27,02
Toukokuu	44,02	0,05	21	10,76	744	1000	16,77
Kesäkuu	44,02	0,05	21	14,23	720	1000	10,73
Heinäkuu	44,02	0,05	21	17,30	744	1000	6,06
Elokuu	44,02	0,05	21	16,05	744	1000	8,11
Syyskuu	44,02	0,05	21	10,53	720	1000	16,59
Lokakuu	44,02	0,05	21	6,20	744	1000	24,24
Marraskuu	44,02	0,05	21	0,50	720	1000	32,49
Joulukuu	44,02	0,05	21	-2,19	744	1000	37,97
YHT							338,08

Q_{kylmäsilta} arvot yhteenlaskettuna

$$Q_{\text{kylmäsilta}} = Q_{\text{kylmäsilta,nurkka}} + Q_{\text{kylmäsilta,aukot}} + Q_{\text{kylmäsilta,yläpohja}} + Q_{\text{kylmäsilta,alapohja}}$$

$$Q_{\text{kylmäsilta}} = 38,89 + 427,49 + 297,19 + 338,08$$

$$Q_{\text{kylmäsilta}} = 1101,64 \text{ kWh/a}$$

Q_{joht} arvo kokonaisuudessaan

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkuna}} + Q_{\text{ovi}} + Q_{\text{muu}} + Q_{\text{kylmäsilta}}$$

$$Q_{\text{joht}} = 2670,60 + 2350,44 + 1731,70 + 3119,48 + 680,05 + 241,76 + 1101,64$$

$$Q_{\text{joht}} = 11895,68 \text{ kWh}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i * C_{pi} * q_{v,\text{vuotoilma}} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

Esimerkiksi vuotoilman lämpenemisen tarvitseva lämpöenergia tammikuussa

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 * x} * A_{\text{vaippa}}$$

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{4,0}{3600 * 35} * 307,04$$

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = 0,0097 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 1,2 * 1000 * 0,010 * (21 - (-3,97)) * 744 / 1000$$

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 217,3 \text{ kWh}$$

$Q_{\text{vuotoilma}}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	ρ_i	C_{pi}	$q_{v,\text{vuotoilma}}$	T_s	T_u	Δt	kerroin	$Q_{\text{vuotoilma}}$
Tammikuu	1,2	1000	0,0097	21	-3,97	744	1000	217,30
Helmikuu	1,2	1000	0,0097	21	-4,50	672	1000	200,44
Maaliskuu	1,2	1000	0,0097	21	-2,58	744	1000	205,21
Huhtikuu	1,2	1000	0,0097	21	4,50	744	1000	143,59
Toukokuu	1,2	1000	0,0097	21	10,76	744	1000	89,11
Kesäkuu	1,2	1000	0,0097	21	14,23	720	1000	57,02
Heinäkuu	1,2	1000	0,0097	21	17,30	744	1000	32,20
Elokuu	1,2	1000	0,0097	21	16,05	744	1000	43,08
Syyskuu	1,2	1000	0,0097	21	10,53	720	1000	88,18
Lokakuu	1,2	1000	0,0097	21	6,20	744	1000	128,80
Marraskuu	1,2	1000	0,0097	21	0,50	720	1000	172,65
Joulukuu	1,2	1000	0,0097	21	-2,19	744	1000	201,81
YHT								1579,37

Ilmanvaihtokoneen aiheuttaman alipaineen vaikutuksesta syntyvän korvausilman lämpöenergian tarpeen laskenta tammikuussa.

$$Q_{iv,\text{korvausilma}} = \rho_i * C_{pi} * q_{v,\text{korvausilma}} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

$$q_{v,\text{korvausilma}} = t_d * t_v * q_{v,\text{poisto}} - t_d * t_v * q_{v,\text{tulo}}$$

$$q_{v,\text{korvausilma}} = \frac{24}{24} * \frac{7}{7} * 0,0148 - \frac{24}{24} * \frac{7}{7} * 0$$

$$q_{v,\text{korvausilma}} = 0,0148$$

$$Q_{iv,\text{korvausilma}} = 1,2 * 1000 * 0,0148 * (21 - (-3,97)) * 744 / 1000$$

$$Q_{iv,\text{korvausilma}} = 330,5155 \text{ kWh}$$

Q_{iv,korvausilma}

Taulukkolaskenta

Kuukausi	ρ _i	C _{pi}	q _{v,korvausilm}	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{iv,korvausilma}
Tammikuu	1,2	1000	0,0148	21	-3,97	744	1000	330,52
Helmikuu	1,2	1000	0,0148	21	-4,50	672	1000	304,87
Maaliskuu	1,2	1000	0,0148	21	-2,58	744	1000	312,12
Huhtikuu	1,2	1000	0,0148	21	4,50	744	1000	218,40
Toukokuu	1,2	1000	0,0148	21	10,76	744	1000	135,54
Kesäkuu	1,2	1000	0,0148	21	14,23	720	1000	86,72
Heinäkuu	1,2	1000	0,0148	21	17,30	744	1000	48,98
Elokuu	1,2	1000	0,0148	21	16,05	744	1000	65,52
Syyskuu	1,2	1000	0,0148	21	10,53	720	1000	134,12
Lokakuu	1,2	1000	0,0148	21	6,20	744	1000	195,90
Marraskuu	1,2	1000	0,0148	21	0,50	720	1000	262,60
Joulukuu	1,2	1000	0,0148	21	-2,19	744	1000	306,95
							YHT	2402,22

Tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv,korvausilma}}$$

$$Q_{\text{tila}} = 11895,68 + 1579,37 + 2402,22$$

$$Q_{\text{tila}} = 15877,28 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \rho_v * C_{pv} * V_{\text{lk}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 - Q_{\text{lkv,LTO}}$$

$$V_{\text{lk}} = V_{\text{lk,omin}} * A_{\text{netto}} * \Delta t / 365$$

$$V_{\text{lk}} = 0,6 * 105 * 365 / 365$$

$$V_{\text{lk}} = 63 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$Q_{\text{lkv,netto}} = 1000 * 4,2 * 63 * (55 - 5) / 3600 - 0$$

$$Q_{\text{lkv,netto}} = 3675 \text{ kWh/a}$$

Laitteiden vuotuinen sähköenergian kulutus per neliömetri

$$W = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{8760}{1000}$$

$$W = 0,6 * 3 * \frac{24}{24} * \frac{7}{7} * \frac{8760}{1000}$$

$$W = 15,768 \text{ kWh/m}^2$$

Talon laitteiden sähkönkulutus

$$W_{\text{laitteet}} = W * A$$

$$W_{\text{laitteet}} = 15,768 * 105$$

$$W_{\text{laitteet}} = 1655,6 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{laitteet}} = 1655,6 \text{ kWh}$$

Valaistuksen vuotuinen sähköenergian kulutus per neliömetri

$$W = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{8760}{1000}$$

$$W = 0,1 * 8 * \frac{24}{24} * \frac{7}{7} * \frac{8760}{1000}$$

$$W = 7,008 \text{ kWh/m}^2$$

Talon valaistuksen sähkönkulutus

$$W_{\text{valaistus}} = W * A$$

$$W_{\text{valaistus}} = 7,008 * 105$$

$$W_{\text{valaistus}} = 735,84 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{valaistus}} = 735,84 \text{ kWh}$$

Valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma

$$Q_{\text{säh}} = 2391,5 \text{ kWh}$$

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia per neliömetri

$$Q = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{8760}{1000}$$

$$Q = 0,6 * 2 * \frac{24}{24} * \frac{7}{7} * \frac{8760}{1000}$$

$$Q = 10,512 \text{ kWh/m}^2$$

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia koko talossa

$$Q_{\text{henk}} = W * A$$

$$Q_{\text{henk}} = 10,512 * 105$$

$$Q_{\text{henk}} = 1103,8 \text{ kWh}$$

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

$$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} * F_{läpäisy} * A_{ikk} * g$$

$$g = 0,9 * g_{kohtisuora}$$

$$g = 0,9 * 0,70$$

$$g = 0,63$$

$$F_{läpäisy} = F_{kehä} * F_{verho} * F_{varjostus}$$

$$F_{kehä} = \frac{A_{ikk,valoaukko}}{A_{ikk}}$$

	Pohjoinen	Itä	Länsi	Etelä
$F_{kehä} =$	$\frac{6,5725}{8,3625}$	$\frac{0,0000}{0,0000}$	$\frac{3,4875}{4,4625}$	$\frac{0,5250}{0,7650}$

$$F_{kehä} = 0,785949 \quad 0 \quad 0,781513 \quad 0,686275$$

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} * F_{ylävarjostus} * F_{sivuvarjostus}$$

$F_{varjostus, pohjoinen}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	$F_{ympäristö}$	$F_{ylävarjostus}$	$F_{sivuvarjostus}$	$F_{varjostus}$
Tammikuu	0,98	0,97	1,00	0,951
Helmikuu	0,96	0,97	1,00	0,931
Maaliskuu	0,96	0,97	1,00	0,931
Huhtikuu	0,93	0,97	1,00	0,902
Toukokuu	0,93	0,97	1,00	0,902
Kesäkuu	0,86	0,97	1,00	0,834
Heinäkuu	0,90	0,97	1,00	0,873
Elokuu	0,88	0,97	1,00	0,854
Syyskuu	0,95	0,97	1,00	0,922
Lokakuu	0,96	0,97	1,00	0,931
Marraskuu	0,96	0,97	1,00	0,931
Joulukuu	0,98	0,97	1,00	0,951

F_{varjostus, etelä}

Taulukkolaskenta

Kuukausi	F _{ympäristö}	F _{ylävarjostus}	F _{sivuvvarjostus}	F _{varjostus}
Tammikuu	0,75	1,00	1,00	0,75
Helmikuu	0,76	1,00	1,00	0,76
Maaliskuu	0,80	1,00	1,00	0,80
Huhtikuu	0,83	1,00	1,00	0,83
Toukokuu	0,90	1,00	1,00	0,90
Kesäkuu	0,91	1,00	1,00	0,91
Heinäkuu	0,91	1,00	1,00	0,91
Elokuu	0,80	1,00	1,00	0,80
Syyskuu	0,81	1,00	1,00	0,81
Lokakuu	0,76	1,00	1,00	0,76
Marraskuu	0,73	1,00	1,00	0,73
Joulukuu	0,73	1,00	1,00	0,73

F_{varjostus, länsi}

Taulukkolaskenta

Kuukausi	F _{ympäristö}	F _{ylävarjostus}	F _{sivuvvarjostus}	F _{varjostus}
Tammikuu	0,60	1,00	1,00	0,60
Helmikuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Maaliskuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Huhtikuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Toukokuu	0,55	1,00	1,00	0,55
Kesäkuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Heinäkuu	0,55	1,00	1,00	0,55
Elokuu	0,40	1,00	1,00	0,40
Syyskuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Lokakuu	0,55	1,00	1,00	0,55
Marraskuu	0,60	1,00	1,00	0,60
Joulukuu	0,80	1,00	1,00	0,80

Lasketaan esimerkiksi Tammikuun pohjoisen F_{läpäisy}

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} * F_{\text{verho}} * F_{\text{varjostus}}$$

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,7859 * 0,30 * 0,951$$

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,2241$$

Fläpäisy, pohjoinen

Taulukkolaskenta

Kuukausi	F _{kehä}	F _{verho}	F _{varjostus}	Fläpäisy
Tammikuu	0,786	0,30	0,951	0,224
Helmikuu	0,786	0,30	0,931	0,220
Maaliskuu	0,786	0,30	0,931	0,220
Huhtikuu	0,786	0,30	0,902	0,213
Toukokuu	0,786	0,30	0,902	0,213
Kesäkuu	0,786	0,30	0,834	0,197
Heinäkuu	0,786	0,30	0,873	0,206
Elokuu	0,786	0,30	0,854	0,201
Syyskuu	0,786	0,30	0,922	0,217
Lokakuu	0,786	0,30	0,931	0,220
Marraskuu	0,786	0,30	0,931	0,220
Joulukuu	0,786	0,30	0,951	0,224

Fläpäisy, etelä

Taulukkolaskenta

Kuukausi	F _{kehä}	F _{verho}	F _{varjostus}	Fläpäisy
Tammikuu	0,686	0,30	0,750	0,154
Helmikuu	0,686	0,30	0,760	0,156
Maaliskuu	0,686	0,30	0,800	0,165
Huhtikuu	0,686	0,30	0,830	0,171
Toukokuu	0,686	0,30	0,900	0,185
Kesäkuu	0,686	0,30	0,910	0,187
Heinäkuu	0,686	0,30	0,910	0,187
Elokuu	0,686	0,30	0,800	0,165
Syyskuu	0,686	0,30	0,810	0,167
Lokakuu	0,686	0,30	0,760	0,156
Marraskuu	0,686	0,30	0,730	0,150
Joulukuu	0,686	0,30	0,730	0,150

Fläpäisy, länsi

Taulukkolaskenta

Kuukausi	F _{kehä}	F _{verho}	F _{varjostus}	Fläpäisy
Tammikuu	0,782	0,30	0,600	0,141
Helmikuu	0,782	0,30	0,500	0,117
Maaliskuu	0,782	0,30	0,500	0,117
Huhtikuu	0,782	0,30	0,500	0,117
Toukokuu	0,782	0,30	0,550	0,129
Kesäkuu	0,782	0,30	0,500	0,117
Heinäkuu	0,782	0,30	0,550	0,129
Elokuu	0,782	0,30	0,400	0,094
Syyskuu	0,782	0,30	0,500	0,117
Lokakuu	0,782	0,30	0,550	0,129
Marraskuu	0,782	0,30	0,600	0,141
Joulukuu	0,782	0,30	0,800	0,188

$$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} * F_{läpäisy} * A_{ikk} * g$$

$Q_{aur,pohjoinen}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	$G_{säteily,pystypinta}$	$F_{läpäisy}$	A_{ikk}	g	$Q_{aur,pohjoinen}$
Tammikuu	6,2	0,224	8,363	0,630	7,32
Helmikuu	17,3	0,220	8,363	0,630	20,01
Maaliskuu	40,3	0,220	8,363	0,630	46,62
Huhtikuu	43,9	0,213	8,363	0,630	49,19
Toukokuu	57,8	0,213	8,363	0,630	64,77
Kesäkuu	70,6	0,197	8,363	0,630	73,16
Heinäkuu	66,3	0,206	8,363	0,630	71,90
Elokuu	50,0	0,201	8,363	0,630	53,02
Syyskuu	32,9	0,217	8,363	0,630	37,66
Lokakuu	17,9	0,220	8,363	0,630	20,71
Marraskuu	7,2	0,220	8,363	0,630	8,33
Joulukuu	4,2	0,224	8,363	0,630	4,96
YHT					457,64

$Q_{aur,etelä}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	$G_{säteily,pystypinta}$	$F_{läpäisy}$	A_{ikk}	g	$Q_{aur,etelä}$
Tammikuu	12,9	0,154	4,463	0,630	5,60
Helmikuu	41,4	0,156	4,463	0,630	18,21
Maaliskuu	89,5	0,165	4,463	0,630	41,44
Huhtikuu	107,3	0,171	4,463	0,630	51,55
Toukokuu	116,0	0,185	4,463	0,630	60,43
Kesäkuu	101,6	0,187	4,463	0,630	53,51
Heinäkuu	115,5	0,187	4,463	0,630	60,84
Elokuu	100,4	0,165	4,463	0,630	46,49
Syyskuu	100,5	0,167	4,463	0,630	47,12
Lokakuu	37,0	0,156	4,463	0,630	16,28
Marraskuu	16,8	0,150	4,463	0,630	7,10
Joulukuu	11,8	0,150	4,463	0,630	4,99
YHT					413,55

$Q_{aur,länsi}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	$G_{säteily,pystypinta}$	$F_{läpäisy}$	A_{ikk}	g	$Q_{aur,länsi}$
Tammikuu	3,8	0,141	0,765	0,630	0,26
Helmikuu	15,6	0,117	0,765	0,630	0,88
Maaliskuu	43,7	0,117	0,765	0,630	2,47
Huhtikuu	80,6	0,117	0,765	0,630	4,55
Toukokuu	104,5	0,129	0,765	0,630	6,49
Kesäkuu	111,2	0,117	0,765	0,630	6,28
Heinäkuu	122,7	0,129	0,765	0,630	7,63
Elokuu	78,8	0,094	0,765	0,630	3,56
Syyskuu	59,3	0,117	0,765	0,630	3,35
Lokakuu	18,8	0,129	0,765	0,630	1,17
Marraskuu	5,1	0,141	0,765	0,630	0,35
Joulukuu	2,9	0,188	0,765	0,630	0,26
YHT					37,25

Auringon luovuttama lämpöenergia rakennukseen yhteensä per vuosi

$$Q_{aur} = Q_{aur,pohjoinen} + Q_{aur,etelä} + Q_{aur,länsi}$$

$$Q_{aur} = 457,64 + 413,55 + 37,25$$

$$Q_{aur} = 908,45 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöenergia

$$Q_{lkv,varastointi} = 0 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöenergia

$$Q_{lkv,kierto} = \Phi_{lkv,kiertohäviö,omin} * L_{lkv} + \Phi_{lkv,lämmitys,omin} * \eta_{lämmityslaite} * \frac{t_{lkv,pumppu} * 365}{1000}$$

$$Q_{lkv,kierto} = (10 * 4,3 + 200 * 0) * \frac{24 * 365}{1000}$$

$$Q_{lkv,kierto} = 376,68 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöenergia

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 * Q_{lkv,varastointi}$$

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 * 0$$

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöenergia

$$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 * Q_{lkv,kierto}$$

$$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 * 376,68$$

$$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 188,34 \text{ kWh}$$

Lasketaan rakennuksen hyödynnettävä lämpökuorma

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lkv,kierto,kuorma} + Q_{lkv,varastointi,kuorma}$$

$$Q_{lämpökuorma} = 1103,8 + 2391,48 + 908,45 + 188,34 + 0$$

$$Q_{lämpökuorma} = 4592,03 \text{ kWh}$$

Yhteenveto eri lämpökuormista kuukausittain

Kuukausi	Q _{henk}	Q _{säh}	Q _{aur}	Q _{lkv,kierto}	Q _{lkv,varastointi}	Q _{lämpökuorma}
				,kuorma	,kuorma	
Tammikuu	93,744	203,112	13,18	15,996	0	326,03
Helmikuu	84,672	183,456	39,10	14,448	0	321,68
Maaliskuu	93,744	203,112	90,53	15,996	0	403,38
Huhtikuu	90,72	196,56	105,30	15,48	0	408,06
Toukokuu	93,744	203,112	131,69	15,996	0	444,54
Kesäkuu	90,72	196,56	132,96	15,48	0	435,72
Heinäkuu	93,744	203,112	140,36	15,996	0	453,21
Elokuu	93,744	203,112	103,07	15,996	0	415,92
Syyskuu	90,72	196,56	88,13	15,48	0	390,89
Lokakuu	93,744	203,112	38,15	15,996	0	351,00
Marraskuu	90,72	196,56	15,77	15,48	0	318,53
Joulukuu	93,744	203,112	10,21	15,996	0	323,06
YHT						4592,03

Yhteenveto eri lämmitystarpeista kuukausittain

Kuukausi	Q _{joht}	Q _{vuotoilma}	Q _{iv,korvausilma}	Q _{tila}
Tammikuu	1567,59	217,30	330,52	2115,40
Helmikuu	1417,72	200,44	304,87	1923,02
Maaliskuu	1479,14	205,21	312,12	1996,46
Huhtikuu	1107,71	143,59	218,40	1469,71
Toukokuu	766,87	89,11	135,54	991,53
Kesäkuu	545,69	57,02	86,72	689,43
Heinäkuu	368,61	32,20	48,98	449,78
Elokuu	422,60	43,08	65,52	531,20
Syyskuu	686,22	88,18	134,12	908,51
Lokakuu	930,78	128,80	195,90	1255,48
Marraskuu	1201,10	172,65	262,60	1636,34
Joulukuu	1401,66	201,81	306,95	1910,42
YHT				15877,28

Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö

Esimerkkinä lasketaan ominaislämpöhäviö tammikuulle

$$H_{\text{tila}} = \frac{Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u) * \Delta t} * 1000$$

$$H_{\text{tila}} = \frac{2115,40}{(21 - -3,97) * 744} * 1000$$

$$H_{\text{tila}} = 113,8679 \text{ W/K}$$

H_{tila} arvot kuukausittain

Kuukausi	Q_{tila}	T_s	T_u	Δt	kerroin	H_{tila}
Tammikuu	2115,40	21	-3,97	744	1000	113,87
Helmikuu	1923,02	21	-4,50	672	1000	112,22
Maaliskuu	1996,46	21	-2,58	744	1000	113,80
Huhtikuu	1469,71	21	4,50	720	1000	123,71
Toukokuu	991,53	21	10,76	744	1000	130,15
Kesäkuu	689,43	21	14,23	720	1000	141,44
Heinäkuu	449,78	21	17,30	744	1000	163,39
Elokuu	531,20	21	16,05	744	1000	144,24
Syyskuu	908,51	21	10,53	720	1000	120,52
Lokakuu	1255,48	21	6,20	744	1000	114,02
Marraskuu	1636,34	21	0,50	720	1000	110,86
Joulukuu	1910,42	21	-2,19	744	1000	110,73

Rakennuksen aikavakio T

Esimerkkinä aikavakio tammikuulle

$$T = \frac{C_{\text{rak}}}{H_{\text{tila}}}$$

$$T = \frac{7350}{113,87}$$

$$T = 64,54845$$

Rakennuksien aikavakioiden taulukkolaskenta kuukausittain

Kuukausi	C _{rak}	H _{tila}	T
Tammikuu	7350	113,87	64,5485
Helmikuu	7350	112,22	65,4957
Maaliskuu	7350	113,80	64,5868
Huhtikuu	7350	123,71	59,4118
Toukokuu	7350	130,15	56,4748
Kesäkuu	7350	141,44	51,9661
Heinäkuu	7350	163,39	44,9844
Elokuu	7350	144,24	50,9573
Syyskuu	7350	120,52	60,9871
Lokakuu	7350	114,02	64,4632
Marraskuu	7350	110,86	66,2981
Joulukuu	7350	110,73	66,3791

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön

Esimerkkinä lasketaan suhde γ tammikuussa

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}}$$

$$\gamma = \frac{326,03}{2115,40}$$

$$\gamma = 0,154122$$

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön taulukkolaskenta

Kuukausi	Q _{lämpökuorma}	Q _{tila}	γ
Tammikuu	326,03	2115,40	0,1541
Helmikuu	321,68	1923,02	0,1673
Maaliskuu	403,38	1996,46	0,2020
Huhtikuu	408,06	1469,71	0,2776
Toukokuu	444,54	991,53	0,4483
Kesäkuu	435,72	689,43	0,6320
Heinäkuu	453,21	449,78	1,0076
Elokuu	415,92	531,20	0,7830
Syyskuu	390,89	908,51	0,4303
Lokakuu	351,00	1255,48	0,2796
Marraskuu	318,53	1636,34	0,1947
Joulukuu	323,06	1910,42	0,1691

Laskennassa käytettävän numeerisen parametrin laskenta

Esimerkkinä numeerisen parametrin laskenta tammikuulle

$$a = 1 + \frac{T}{15}$$

$$a = 1 + \frac{64,55}{15}$$

$$a = 5,30323$$

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön taulukkolaskenta

Kuukausi	1	T	kerroin	a
Tammikuu	1	64,5485	15	5,3032
Helmikuu	1	65,4957	15	5,3664
Maaliskuu	1	64,5868	15	5,3058
Huhtikuu	1	59,4118	15	4,9608
Toukokuu	1	56,4748	15	4,7650
Kesäkuu	1	51,9661	15	4,4644
Heinäkuu	1	44,9844	15	3,9990
Elokuu	1	50,9573	15	4,3972
Syyskuu	1	60,9871	15	5,0658
Lokakuu	1	64,4632	15	5,2975
Marraskuu	1	66,2981	15	5,4199
Joulukuu	1	66,3791	15	5,4253

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste

Esimerkkinä lasketaan hyödyntämisaste tammikuulle

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,1541^{5,3032}}{1 - 0,1541^{5,3032 + 1}}$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = 1,0000$$

Kuukausi	γ	a	$\eta_{\text{lämpö}}$
Tammikuu	0,1541	5,3032	1,0000
Helmikuu	0,1673	5,3664	0,9999
Maaliskuu	0,2020	5,3058	0,9998
Huhtikuu	0,2776	4,9608	0,9987
Toukokuu	0,4483	4,7650	0,9878
Kesäkuu	0,6320	4,4644	0,9483
Heinäkuu	1,0076	3,9990	0,7969
Elokuu	0,7830	4,3972	0,8990
Syyskuu	0,4303	5,0658	0,9920
Lokakuu	0,2796	5,2975	0,9992
Marraskuu	0,1947	5,4199	0,9999
Joulukuu	0,1691	5,4253	0,9999

Lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat

Esimerkiksi lasketaan lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat lammikuulle

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} * Q_{\text{lämpökuorma}}$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = 1,0000 * 326,03$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = 326,0172 \text{ kWh}$$

Kuukausi	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$Q_{\text{sis.lämpö}}$
Tammikuu	1,0000	326,03	326,02
Helmikuu	0,9999	321,68	321,66
Maaliskuu	0,9998	403,38	403,31
Huhtikuu	0,9987	408,06	407,54
Toukokuu	0,9878	444,54	439,13
Kesäkuu	0,9483	435,72	413,21
Heinäkuu	0,7969	453,21	361,17
Elokuu	0,8990	415,92	373,92
Syyskuu	0,9920	390,89	387,76
Lokakuu	0,9992	351,00	350,71
Marraskuu	0,9999	318,53	318,50
Joulukuu	0,9999	323,06	323,04

Tilojen tarvitsema lämmitysenergian tarve

Esimerkiksi lasketaan tammikuun lämmitysenergian tarve

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 2115,40 - 326,02$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 1789,39 \text{ kWh}$$

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ Lämmitysenergian tarve kuukausittain taulukkolaskenta

Kuukausi	Q_{tila}	$Q_{\text{sis.lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$
Tammikuu	2115,40	326,02	1789,39
Helmikuu	1923,02	321,66	1601,36
Maaliskuu	1996,46	403,31	1593,15
Huhtikuu	1469,71	407,54	1062,16
Toukokuu	991,53	439,13	552,40
Kesäkuu	689,43	413,21	276,22
Heinäkuu	449,78	361,17	88,61
Elokuu	531,20	373,92	157,28
Syyskuu	908,51	387,76	520,74
Lokakuu	1255,48	350,71	904,77
Marraskuu	1636,34	318,50	1317,84
Joulukuu	1910,42	323,04	1587,38
			11451,30 kWh

lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviöt lämmittämättömään tilaan

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = Q_{\text{jakeluhäviöt,ulos}} * L$$

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = 25 * 4$$

$$Q_{\text{jakelu,ulos}} = 100 \text{ kWh/a}$$

Tilojen lämmitysenergian tarve lämmönjakojärjestelmittain

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}}$$

$$\text{Kaukolämpö } Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 0,95 * 11451,30$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 10878,735$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kau}} = \frac{10878,73502}{0,90} + 100 + 0$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kau}} = 12187,4834 \text{ kWh}$$

Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

$$W_{\text{tila,kau}} = e_{\text{tilat}} * A_{\text{netto,i}}$$

$$W_{\text{tila,kau}} = 2 * 96,7$$

$$W_{\text{tila,kau}} = 193,4 \text{ kWh}$$

$$\text{Sähkö} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 0,05 * 11451,30$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 572,565001$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,säh}} = \frac{572,565001}{0,85} + 0 + 0$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,säh}} = 673,605884 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{tila,säh}} = e_{\text{tilat}} * A_{\text{netto,i}}$$

$$W_{\text{tila,säh}} = 0,5 * 8,3$$

$$W_{\text{tila,säh}} = 4,15 \text{ kWh}$$

$$3.5 \text{ kaavalla } 3.18 \quad Q_{\text{lkv,netto}}$$

$Q_{\text{lkv,kierto}}$ lasketaan kaavalla (D5 s.45, 6.5) kappale 5.6

$Q_{\text{lkv,varastointi}}$ ei varaajaa siksi 0

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

$$Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{3675}{0,96} + 0 + 376,68$$

$$Q_{\text{lämmitys,lkv}} = 4204,805 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus

$$W_{\text{lkv,pumppu}} = P_{\text{lkv,pumppu}} * t_{\text{lkv,pumppu}} * \frac{365}{1000}$$

$$W_{\text{lkv,pumppu}} = 80 * 24 * \frac{365}{1000}$$

$$W_{\text{lkv,pumppu}} = 700,8 \text{ kWh}$$

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}} - Q_{\text{aurinko,lkv}}}{\eta_{\text{tuotto}}} - \frac{Q_{\text{muu tuotto}}}{\eta_{\text{tuotto}}}$$

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{12187,48 + 0 + 4204,805 - 0}{0,94} - \frac{4000}{0,8}$$

$$Q_{\text{lämmitys,kauko}} = 12438,6 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys,takka}} = 5000 \text{ kWh}$$

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{aurinko,pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}}$$

Lasketaan lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

$$W_{\text{tuotto,apu}} = \epsilon_{\text{tuotto}} * A_{\text{netto}}$$

$$W_{\text{tuotto,apu}} = 0,6 * 105$$

$$W_{\text{tuotto,apu}} = 63 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{lämmitys}} = 197,55 + 63 + 700,8 + 0 + 0$$

$$W_{\text{lämmitys}} = 961,35 \text{ kWh}$$

Ilmanvaihtokoneen sähköenergian kulutus

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum \text{SFP} * q_v * \Delta t + W_{\text{iv,muut}}$$

$$\text{SFP} = \frac{P_{\text{puh}}}{q_v}$$

$$\text{SFP} = \frac{0,058}{0,0148}$$

$$\text{SFP} = 3,9121 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$$

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 3,9121 * 0,0148 * 8760$$

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 508,08 \text{ kWh}$$

Yhteenveto energiamuodoista ennen E-luvun laskentaa

$$Q_{\text{kaukolämpö}} = 12438,6 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{polttoaine}} = 5000 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{sähkö}} = 3860,91 \text{ kWh}$$

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} * Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{polttoaine}} * Q_{\text{polttoaine}} + f_{\text{sähkö}} * W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}}$$

$$E = \frac{0,7 * 12438,6 + 0,5 * 5000 + 1,7 * 3860,91}{105}$$

$$E = 169,2435 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Vuoden 2012 D5 alapohjan alapuolella sijaitsevan maan
kuukausittaisen lämpötilan laskenta

Kaavat 3.6 ja 3.7 ovat tässä laskentaesimerkissä yhdistetty taulukkomuotoon

$$T_{\text{maa,kuukausi}} = T_{\text{u,vuosi}} + \Delta T_{\text{maa,vuosi}} + \Delta T_{\text{maa,kuukausi}}$$

	$T_{\text{u,vuosi}}$	$\Delta T_{\text{maa,vuosi}}$	$\Delta T_{\text{maa,kuukausi}}$	$T_{\text{maa,kuukausi}}$
Tammikuu	5,57	5	0	10,57
Helmikuu	5,57	5	-1	9,57
Maaliskuu	5,57	5	-2	8,57
Huhtikuu	5,57	5	-3	7,57
Toukokuu	5,57	5	-3	7,57
Kesäkuu	5,57	5	-2	8,57
Heinäkuu	5,57	5	0	10,57
Elokuu	5,57	5	1	11,57
Syyskuu	5,57	5	2	12,57
Lokakuu	5,57	5	3	13,57
Marraskuu	5,57	5	3	13,57
Joulukuu	5,57	5	2	12,57

Vuoden 2007 D5 alapohjan alapuolella sijaitsevan maan
kuukausittaisen lämpötilan laskenta

	$T_{\text{u,vuosi}}$	$\Delta T_{\text{maa,vuosi}}$	$\Delta T_{\text{maa,kuukausi}}$	$T_{\text{maa,kuukausi}}$
Tammikuu	3,64	5	0	8,64
Helmikuu	3,64	5	-1	7,64
Maaliskuu	3,64	5	-2	6,64
Huhtikuu	3,64	5	-3	5,64
Toukokuu	3,64	5	-3	5,64
Kesäkuu	3,64	5	-2	6,64
Heinäkuu	3,64	5	0	8,64
Elokuu	3,64	5	1	9,64
Syyskuu	3,64	5	2	10,64
Lokakuu	3,64	5	3	11,64
Marraskuu	3,64	5	3	11,64
Joulukuu	3,64	5	2	10,64

Lisälähtötiedot tai muuttuneet lähtötiedot 2007 laskentaan

Ovet&tuuletusluukut	7,195
Ikkunat	13,59

[D5 s.29, Taul. 6.1]

Häviöt	Qlämmitys,tilat,häviöt,omin,kauko		Häviöt	Qlämmitys,tilat,häviöt,omin,sähkö	
Kehitys	2000	kWh / a	Kehitys	0	kWh / a
Jakelu	5	kWh/brm2	Jakelu	0	kWh/brm2
Luovutus	4	kWh/brm2	Luovutus	10	kWh/brm2
Säätö	2	kWh/brm2	Säätö	4	kWh/brm2
Varaaja	0	kWh/brm2	Varaaja	0	kWh/brm2

Q_{lkv,kiertohäviöt,omin} [D5 s. 32, Taul. 6.2]

15

Q_{lkv,varaajahäviöt}

0

 η _{lämmitys,kauko}

1,0

 η _{lämmitys,sähkö}

1,0

 η _{sähkö}

1,0

Ominaislämpöenergian arvot
[kWh/brm2/vuosi]W_{valaistus,omin} W_{muut,laitteet,omin}

7 36

Ominaislämpöenergian arvot
[kWh/brm2/vuosi]Q_{henk,omin}

8

Q_{säh,omin}

32

Rakennusvaipan ilmapuotoluku n₅₀

4,0

Tunnit kuukausittain, °C

Kuukausi	T _u [°C]
Tammikuu	-9,16
Helmikuu	-10,40
Maaliskuu	-1,80
Huhtikuu	1,68
Toukokuu	10,50
Kesäkuu	15,50
Heinäkuu	14,20
Elokuu	15,20
Syyskuu	9,08
Lokakuu	3,37
Marraskuu	0,81
Joulukuu	-5,25

F_{verho,itä} verho kerroin

1,00

Ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain [m²]

Itä

A_{ikk}

1,5

A_{ikk,valoaukko}

1,08

G_{säteily,pystypinta} [kWh/m²]

Kuukausi	Pohjoinen	Itä	Etelä	Länsi
Tammikuu	6,2	6,5	10,9	6,9
Helmikuu	19,5	27,4	57,6	28,7
Maaliskuu	37,0	48,4	69,2	51,1
Huhtikuu	32,7	61,0	81,4	57,5
Toukokuu	57,6	96,5	104,7	100,0
Kesäkuu	73,9	126,4	114,7	123,0
Heinäkuu	59,0	81,2	77,0	76,0
Elokuu	47,4	90,6	102,9	79,8
Syyskuu	27,0	48,1	70,7	50,7
Lokakuu	12,3	24,0	48,2	21,7
Marraskuu	4,4	6,0	11,3	5,5
Joulukuu	2,3	2,3	2,3	2,3

Tilojen tarvitsema lämmitysenergian tarve

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} + Q_{\text{sis.lämpö}}$$

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} * A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} * A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} * A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} * A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} * A_{\text{ovi}})$$

Laskenta yksinkertaistettu samanlaiseksi taulukkolaskennaksi kuin 2012 versiossa
Esimerkiksi ulkoseinään läpi johtuva lämpöenergia tammikuussa

$$Q_{\text{ulkoseinä}} = 0,23 * 85,994 * (21 - (-3,97)) * 744 / 1000$$

$$Q_{\text{ulkoseinä}} = 367,44 \text{ kWh}$$

$Q_{\text{ulkoseinä}}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	U _i	A _i	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{ulkoseinä,kuukausi}
Tammikuu	0,23	85,994	21	-9,16	744	1000	443,81
Helmikuu	0,23	85,994	21	-10,40	672	1000	417,34
Maaliskuu	0,23	85,994	21	-1,80	744	1000	335,51
Huhtikuu	0,23	85,994	21	1,68	744	1000	284,30
Toukokuu	0,23	85,994	21	10,50	744	1000	154,51
Kesäkuu	0,23	85,994	21	15,50	720	1000	78,32
Heinäkuu	0,23	85,994	21	14,20	744	1000	100,06
Elokuu	0,23	85,994	21	15,20	744	1000	85,35
Syyskuu	0,23	85,994	21	9,08	720	1000	169,75
Lokakuu	0,23	85,994	21	3,37	744	1000	259,43
Marraskuu	0,23	85,994	21	0,81	720	1000	287,52
Joulukuu	0,23	85,994	21	-5,25	744	1000	386,28
						YHT	3002,19

$Q_{\text{yläpohja}}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	U _i	A _i	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{yläpohja,kuukausi}
Tammikuu	0,15	116,05	21	-9,16	744	1000	390,61
Helmikuu	0,15	116,05	21	-10,40	672	1000	367,31
Maaliskuu	0,15	116,05	21	-1,80	744	1000	295,29
Huhtikuu	0,15	116,05	21	1,68	744	1000	250,22
Toukokuu	0,15	116,05	21	10,50	744	1000	135,99
Kesäkuu	0,15	116,05	21	15,50	720	1000	68,93
Heinäkuu	0,15	116,05	21	14,20	744	1000	88,07
Elokuu	0,15	116,05	21	15,20	744	1000	75,12
Syyskuu	0,15	116,05	21	9,08	720	1000	149,40
Lokakuu	0,15	116,05	21	3,37	744	1000	228,33
Marraskuu	0,15	116,05	21	0,81	720	1000	253,05
Joulukuu	0,15	116,05	21	-5,25	744	1000	339,97
						YHT	2642,27

Q_{joht} yhteenveto Taulukkolaskenta

Kuukausi	Q _{kuloseinä}	Q _{yläpohja}	Q _{alapohja}	Q _{ikkuna}	Q _{ovi}	Q _{joht}
Tammikuu	443,81	390,61	173,74	518,41	113,01	1639,59
Helmikuu	417,34	367,31	169,63	487,49	106,27	1548,05
Maaliskuu	335,51	295,29	201,87	391,90	85,44	1310,00
Huhtikuu	284,30	250,22	215,93	332,08	72,40	1154,92
Toukokuu	154,51	135,99	215,93	180,48	39,35	726,25
Kesäkuu	78,32	68,93	195,35	91,49	19,94	454,04
Heinäkuu	100,06	88,07	173,74	116,88	25,48	504,24
Elokuu	85,35	75,12	159,68	99,69	21,73	441,57
Syyskuu	169,75	149,40	140,92	198,28	43,23	701,57
Lokakuu	259,43	228,33	131,56	303,04	66,06	988,42
Marraskuu	287,52	253,05	127,31	335,84	73,21	1076,94
Joulukuu	386,28	339,97	145,62	451,20	98,36	1421,43
					YHT	11967,03

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i \cdot C_{pi} \cdot q_{v,\text{vuotoilma}} \cdot (T_s - T_u) \cdot \Delta t / 1000$$

Esimerkiksi vuotoilman lämpenemisen tarvitseva lämpöenergia tammikuussa

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{\eta_{\text{vuotoilma}} \cdot V}{3600}$$

$$\eta_{\text{vuotoilma}} = \frac{n_{50}}{25}$$

$$\eta_{\text{vuotoilma}} = \frac{4,0}{25}$$

$$\eta_{\text{vuotoilma}} = 0,16$$

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{0,16 \cdot 225,15}{3600}$$

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = 0,010007 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,010 \cdot (21 - -9,16) \cdot 744 / 1000$$

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 269,45 \text{ kWh}$$

Q_{vuotoilma} Taulukkolaskenta

Kuukausi	ρ _i	C _{pi}	q _{v, vuotoilma}	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{vuotoilma}
Tammikuu	1,2	1000	0,01	21	-9,16	744	1000	269,45
Helmikuu	1,2	1000	0,01	21	-10,40	744	1000	280,53
Maaliskuu	1,2	1000	0,01	21	-1,80	744	1000	203,69
Huhtikuu	1,2	1000	0,01	21	1,68	744	1000	172,60
Toukokuu	1,2	1000	0,01	21	10,50	744	1000	93,81
Kesäkuu	1,2	1000	0,01	21	15,50	744	1000	49,14
Heinäkuu	1,2	1000	0,01	21	14,20	744	1000	60,75
Elokuu	1,2	1000	0,01	21	15,20	744	1000	51,82
Syyskuu	1,2	1000	0,01	21	9,08	744	1000	106,49
Lokakuu	1,2	1000	0,01	21	3,37	744	1000	157,51
Marraskuu	1,2	1000	0,01	21	0,81	744	1000	180,38
Joulukuu	1,2	1000	0,01	21	-5,25	744	1000	234,52
							YHT	1860,67

Ilmanvaihdon lämpöenergian tarve

Esimerkiksi lasketaan ilmanvaihdon lämpöenergian tarve tammikuulle

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} \cdot (T_s - (T_u)) \cdot \Delta t / 1000$$

$$H_{iv} = \rho_i \cdot C_{pi} \cdot q_{v, poisto} \cdot t_d \cdot r \cdot t_v \cdot (1 - \eta_a)$$

$$H_{iv} = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0148 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 - 0)$$

$$H_{iv} = 17,791 \text{ kWh}$$

$$Q_{iv} = 17,791 \cdot (21 - (-9,16)) \cdot 744 / 1000$$

$$Q_{iv} = 399,213 \text{ kWh}$$

Q_{iv} Taulukkolaskenta

Kuukausi	H _{iv}	T _s	T _u	Δt	kerroin	Q _{vuotoilma}
Tammikuu	17,791	21	-9,16	744	1000	399,213
Helmikuu	17,791	21	-10,40	672	1000	375,4043
Maaliskuu	17,791	21	-1,80	744	1000	301,7923
Huhtikuu	17,791	21	1,68	720	1000	247,4799
Toukokuu	17,791	21	10,50	744	1000	138,9833
Kesäkuu	17,791	21	15,50	720	1000	70,45236
Heinäkuu	17,791	21	14,20	744	1000	90,00823
Elokuu	17,791	21	15,20	744	1000	76,77172
Syyskuu	17,791	21	9,08	720	1000	152,6895
Lokakuu	17,791	21	3,37	744	1000	233,3596
Marraskuu	17,791	21	0,81	720	1000	258,6242
Joulukuu	17,791	21	-5,25	744	1000	347,4582
					YHT	2692,237

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

$$Q_{lkv,netto} = p_v * C_{pv} * V_{lk} * (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

$$V_{lk} = V_{lk,omin} * A_{br} * \Delta t / 365$$

$$V_{lk} = 0,6 * 105 * 365 / 365$$

$$V_{lk} = 63 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$Q_{lkv,netto} = 1000 * 4,2 * 63,0 (55 - 5) / 3600$$

$$Q_{lkv,netto} = 3675 \text{ kWh/a}$$

Lämmitystilojen lämmitysjärjestelmien häviöt

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} \\ + Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}} \\ + Q_{\text{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}}$$

Esimerkiksi vuosittainen lämmityksen tilojen jakeluhäviöt

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviö,omin}} * A_{br}$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} = 5 * 105$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} = 525 \text{ kWh}$$

$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$

Taulukkolaskenta kaukolämmölle

Häviö	Omin. Häviö	$A_{br,kauko}$	Häviöt
Kehitys			2000
Jakelu	5	96,7	483,5
Luovutus	4	96,7	386,8
Säätö	2	96,7	193,4
Varaaja	0	96,7	0
$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt,kauko}}$			3063,7

$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$

Taulukkolaskenta sähkölle

Häviö	Omin. Häviö	$A_{br,sähkö}$	Häviöt
Kehitys			0
Jakelu	0	8,3	0
Luovutus	10	8,3	83
Säätö	4	8,3	33,2
Varaaja	0	8,3	0
$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt,sähkö}}$			116,2

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän häviöt vuodessa

$$Q_{\text{lkv,häviöt}} = Q_{\text{lkv,kehityshäviöt}} + Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}} + Q_{\text{lkv,varaajahäviöt}}$$

$$Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}} = Q_{\text{lkv,kiertohäviöt,omin}} * A_{\text{br}}$$

$$Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}} = 15 * 105$$

$$Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}} = 1575 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lkv,häviöt}} = 0 + 1575 + 0$$

$$Q_{\text{lkv,häviöt}} = 1575 \text{ kWh}$$

Laitesähkökulutus

Valaistuksen sähkönkulutus

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muutlaitteet}}$$

Lasketaan valaistuksen vuotuinen kulutus

$$W_{\text{valaistus}} = W_{\text{valaistus,omin}} * A_{\text{br}}$$

$$W_{\text{valaistus}} = 7 * 105$$

$$W_{\text{valaistus}} = 735 \text{ kWh}$$

Lasketaan laitteiden vuotuinen kulutus

$$W_{\text{muut,laitteet}} = W_{\text{muut,laitteet,omin}} * A_{\text{br}}$$

$$W_{\text{muut,laitteet}} = 36 * 105$$

$$W_{\text{muut,laitteet}} = 3780 \text{ kWh}$$

Ilmanvaihdon sähkönkulutuksen laskenta tammikuulle

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{\text{es}} * q_v * \Delta t$$

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 3,9121 * 0,0148 * 744$$

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 43,152 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{laitesähkö}} = 735 + 43,152 + 3780$$

$$W_{\text{laitesähkö}} = 4558,152 \text{ kWh}$$

W ilmanvaihto Taulukkolaskenta

Kuukausi	P _{es}	q _v	Δt	
Tammikuu	3,9121	0,0148	744	43,152
Helmikuu	3,9121	0,0148	672	38,976
Maaliskuu	3,9121	0,0148	744	43,152
Huhtikuu	3,9121	0,0148	720	41,76
Toukokuu	3,9121	0,0148	744	43,152
Kesäkuu	3,9121	0,0148	720	41,76
Heinäkuu	3,9121	0,0148	744	43,152
Elokuu	3,9121	0,0148	744	43,152
Syyskuu	3,9121	0,0148	720	41,76
Lokakuu	3,9121	0,0148	744	43,152
Marraskuu	3,9121	0,0148	720	41,76
Joulukuu	3,9121	0,0148	744	43,152
			YHT	508,08

Lämökuormat

Lämpökuormat henkilöistä

$$Q_{\text{henk}} = Q_{\text{henk}} * A_{\text{br}}$$

$$Q_{\text{henk}} = 8 * 105$$

$$Q_{\text{henk}} = 840 \text{ kWh}$$

Lämmityslaitteista vapautuva lämpöenergia kaukolämmölle

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma,kauko}} = 0,7 * Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt,kauko}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma,kauko}} = 0,7 * 3063,7$$

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma,kauko}} = 2144,59 \text{ kWh}$$

Lämmityslaitteista vapautuva lämpöenergia sähkölämmölle

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma,sähkö}} = 0,7 * Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt,sähkö}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma,sähkö}} = 0,7 * 116,2$$

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma,sähkö}} = 81,34 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmästä vapautuva lämpöenergia

$$Q_{\text{lkv,kuorma}} = 0,3 * Q_{\text{lkv,netto}} + 0,5 * Q_{\text{lkv,häviöt}}$$

$$Q_{\text{lkv,kuorma}} = 0,3 * 3675 + 0,5 * 1575$$

$$Q_{\text{lkv,kuorma}} = 1890 \text{ kWh}$$

Valaistuksessa ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

$$Q_{\text{säh}} = Q_{\text{säh,omin}} * A_{\text{br}}$$

$$Q_{\text{säh}} = 32 * 105$$

$$Q_{\text{säh}} = 3360 \text{ kWh}$$

Auringosta tuleva lämpökuormaenergia

$$Q_{\text{aur}} = G_{\text{säteily,pystypinta}} * F_{\text{läpäisy}} * A_{\text{ikk}} * g$$

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} * F_{\text{verho}} * F_{\text{varjostus}}$$

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk,valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}}$$

	Pohjoinen	Itä	Länsi	Etelä
$F_{\text{kehä}} =$	$\frac{6,5725}{8,3625}$	$\frac{1,0800}{1,5000}$	$\frac{0,5250}{0,7650}$	$\frac{3,4875}{4,4625}$
$F_{\text{kehä}} =$	0,785949	0,72	0,686275	0,781513

$$F_{\text{varjostus}} = F_{\text{ympäristö}} * F_{\text{ylävarjostus}} * F_{\text{sivuvarjostus}}$$

$F_{\text{varjostus, itä}}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	$F_{\text{ympäristö}}$	$F_{\text{ylävarjostus}}$	$F_{\text{sivuvarjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$
Tammikuu	0,60	1,00	1,00	0,60
Helmikuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Maaliskuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Huhtikuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Toukokuu	0,55	1,00	1,00	0,55
Kesäkuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Heinäkuu	0,55	1,00	1,00	0,55
Elokuu	0,40	1,00	1,00	0,40
Syyskuu	0,50	1,00	1,00	0,50
Lokakuu	0,55	1,00	1,00	0,55
Marraskuu	0,60	1,00	1,00	0,60
Joulukuu	0,80	1,00	1,00	0,80

Fläpäsý,itä	taulukkolaskenta			
Kuukausi	F _{kehä}	F _{verho}	F _{varjostus}	F _{fläpäsý,itä}
Tammikuu	0,720	1,00	0,600	0,432
Helmikuu	0,720	1,00	0,500	0,360
Maaliskuu	0,720	1,00	0,500	0,360
Huhtikuu	0,720	1,00	0,500	0,360
Toukokuu	0,720	1,00	0,550	0,396
Kesäkuu	0,720	1,00	0,500	0,360
Heinäkuu	0,720	1,00	0,550	0,396
Elokuu	0,720	1,00	0,400	0,288
Syyskuu	0,720	1,00	0,500	0,360
Lokakuu	0,720	1,00	0,550	0,396
Marraskuu	0,720	1,00	0,600	0,432
Joulukuu	0,720	1,00	0,800	0,576

Q_{aur,pohjoinen}

Taulukkolaskenta

Kuukausi	G _{säteily,pystypinta}	Fläpäsý	Aikk	g	Q _{aur,pohjoinen}
Tammikuu	6,2	0,224	8,363	0,630	7,32
Helmikuu	19,5	0,220	8,363	0,630	22,56
Maaliskuu	37,0	0,220	8,363	0,630	42,80
Huhtikuu	32,7	0,213	8,363	0,630	36,64
Toukokuu	57,6	0,213	8,363	0,630	64,55
Kesäkuu	73,9	0,197	8,363	0,630	76,58
Heinäkuu	59,0	0,206	8,363	0,630	63,98
Elokuu	47,4	0,201	8,363	0,630	50,26
Syyskuu	27,0	0,217	8,363	0,630	30,91
Lokakuu	12,3	0,220	8,363	0,630	14,23
Marraskuu	4,4	0,220	8,363	0,630	5,09
Joulukuu	2,3	0,224	8,363	0,630	2,72
YHT					417,63

Q_{aur,etelä}

Taulukkolaskenta

Kuukausi	G _{säteily,pystypinta}	Fläpäsý	Aikk	g	Q _{aur,etelä}
Tammikuu	10,9	0,154	4,463	0,630	4,73
Helmikuu	57,6	0,156	4,463	0,630	25,34
Maaliskuu	69,2	0,165	4,463	0,630	32,04
Huhtikuu	81,4	0,171	4,463	0,630	39,11
Toukokuu	104,7	0,185	4,463	0,630	54,54
Kesäkuu	114,7	0,187	4,463	0,630	60,41
Heinäkuu	77,0	0,187	4,463	0,630	40,56
Elokuu	102,9	0,165	4,463	0,630	47,65
Syyskuu	70,7	0,167	4,463	0,630	33,15
Lokakuu	48,2	0,156	4,463	0,630	21,20
Marraskuu	11,3	0,150	4,463	0,630	4,77
Joulukuu	2,3	0,150	4,463	0,630	0,97
YHT					364,48

$Q_{aur,l\ddot{a}nsi}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	Gsäteily,pystypinta	Fläpäisy	Aikk	g	$Q_{aur,l\ddot{a}nsi}$
Tammikuu	6,9	0,141	0,765	0,630	0,47
Helmikuu	28,7	0,117	0,765	0,630	1,62
Maaliskuu	51,1	0,117	0,765	0,630	2,89
Huhtikuu	57,5	0,117	0,765	0,630	3,25
Toukokuu	100,0	0,129	0,765	0,630	6,21
Kesäkuu	123,0	0,117	0,765	0,630	6,95
Heinäkuu	76,0	0,129	0,765	0,630	4,72
Elokuu	79,8	0,094	0,765	0,630	3,61
Syyskuu	50,7	0,117	0,765	0,630	2,86
Lokakuu	21,7	0,129	0,765	0,630	1,35
Marraskuu	5,5	0,141	0,765	0,630	0,37
Joulukuu	2,3	0,188	0,765	0,630	0,21
YHT					34,51

$Q_{aur,it\ddot{a}}$ Taulukkolaskenta

Kuukausi	Gsäteily,pystypinta	Fläpäisy	Aikk	g	$Q_{aur,it\ddot{a}}$
Tammikuu	6,5	0,432	1,500	0,630	2,65
Helmikuu	27,4	0,360	1,500	0,630	9,32
Maaliskuu	48,4	0,360	1,500	0,630	16,47
Huhtikuu	61,0	0,360	1,500	0,630	20,75
Toukokuu	96,5	0,396	1,500	0,630	36,11
Kesäkuu	126,4	0,360	1,500	0,630	43,00
Heinäkuu	81,2	0,396	1,500	0,630	30,39
Elokuu	90,6	0,288	1,500	0,630	24,66
Syyskuu	48,1	0,360	1,500	0,630	16,36
Lokakuu	24,0	0,396	1,500	0,630	8,98
Marraskuu	6,0	0,432	1,500	0,630	2,45
Joulukuu	2,3	0,576	1,500	0,630	1,25
YHT					212,40

Auringon luovuttama lämpöenergia rakennukseen yhteensä per vuosi

$$Q_{aur} = Q_{aur,pohjoinen} + Q_{aur,etel\ddot{a}} + Q_{aur,l\ddot{a}nsi} + Q_{aur,it\ddot{a}}$$

$$Q_{aur} = 417,63 + 364,48 + 34,51 + 0,00$$

$$Q_{aur} = 816,62 \text{ kWh}$$

$Q_{aur,it\ddot{a}}$ arvona käytetään 0 koska itäpuolisia ikkunoida ei huomioida laskennassa niin kuin alun perin oletettiin

Lämpökuormista hyödynnettävä energia

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys,kuorma}} + Q_{\text{lkv,kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}}$$

Yhteenveto lämpökuormaenergioista kuukausittain

Kuukausi	Q _{henk}	Q _{lämmitys,kuorma}	Q _{lkv,kuorma}	Q _{säh}	Q _{aur}	Q _{lämpökuorma}
Tammikuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	12,52	718,8053
Helmikuu	64,43836	170,756274	144,9863	257,7534	49,52	687,4503
Maaliskuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	77,73	784,0139
Huhtikuu	69,0411	182,953151	155,3425	276,1644	79,00	762,4988
Toukokuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	125,30	831,5867
Kesäkuu	69,0411	182,953151	155,3425	276,1644	143,94	827,4435
Heinäkuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	109,26	815,5472
Elokuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	101,51	807,7994
Syyskuu	69,0411	182,953151	155,3425	276,1644	66,92	750,419
Lokakuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	36,78	743,064
Marraskuu	69,0411	182,953151	155,3425	276,1644	10,24	693,7383
Joulukuu	71,34247	189,051589	160,5205	285,3699	3,90	710,1801
						9132,546

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{lämmitys,tuloilmapatteri}}$$

Yhteenveto lämpöhäviöistä kuukausittain

Kuukausi	Q _{joht}	Q _{vuotoilma}	Q _{iv}	Q _{lämpöhäviö}
Tammikuu	1639,59	269,45	399,213	2308,25
Helmikuu	1548,05	280,53	375,4043	2203,98
Maaliskuu	1310,00	203,69	301,7923	1815,48
Huhtikuu	1154,92	172,60	247,4799	1575,01
Toukokuu	726,25	93,81	138,9833	959,04
Kesäkuu	454,04	49,14	70,45236	573,63
Heinäkuu	504,24	60,75	90,00823	655,00
Elokuu	441,57	51,82	76,77172	570,16
Syyskuu	701,57	106,49	152,6895	960,75
Lokakuu	988,42	157,51	233,3596	1379,28
Marraskuu	1076,94	180,38	258,6242	1515,94
Joulukuu	1421,43	234,52	347,4582	2003,40
			YHT	16519,94

Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö

Esimerkkinä lasketaan ominaislämpöhäviö tammikuulle

$$H = \frac{Q_{\text{lämpöhäviö}}}{(T_s - T_u) * \Delta t} * 1000$$

$$H = \frac{2308,25}{(21 - (-9,16)) * 744} * 1000$$

$$H = 102,8675 \text{ W/K}$$

H arvot kuukausittain

Kuukausi	Q _{lämpöhäviö}	T _s	T _u	Δt	kerroin	H
Tammikuu	2308,25	21	-9,16	744	1000	102,87
Helmikuu	2203,98	21	-10,40	672	1000	104,45
Maaliskuu	1815,48	21	-1,80	744	1000	107,02
Huhtikuu	1575,01	21	1,68	720	1000	113,23
Toukokuu	959,04	21	10,50	744	1000	122,77
Kesäkuu	573,63	21	15,50	720	1000	144,86
Heinäkuu	655,00	21	14,20	744	1000	129,47
Elokuu	570,16	21	15,20	744	1000	132,13
Syyskuu	960,75	21	9,08	720	1000	111,94
Lokakuu	1379,28	21	3,37	744	1000	105,15
Marraskuu	1515,94	21	0,81	720	1000	104,28
Joulukuu	2003,40	21	-5,25	744	1000	102,58

Rakennuksen aikavakio t

Esimerkkinä aikavakio tammikuulle

$$T = \frac{C_{\text{rak}}}{H}$$

$$T = \frac{7350}{102,87}$$

$$T = 71,45114$$

Rakennuksien aikavakioiden taulukkolaskenta kuukausittain

Kuukausi	C_{rak}	H_{tila}	T
Tammikuu	7350	102,87	71,4511
Helmikuu	7350	104,45	70,3685
Maaliskuu	7350	107,02	68,6756
Huhtikuu	7350	113,23	64,9149
Toukokuu	7350	122,77	59,8704
Kesäkuu	7350	144,86	50,7398
Heinäkuu	7350	129,47	56,7714
Elokuu	7350	132,13	55,6275
Syyskuu	7350	111,94	65,6574
Lokakuu	7350	105,15	69,8972
Marraskuu	7350	104,28	70,4813
Joulukuu	7350	102,58	71,6508

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön

Esimerkkinä lasketaan suhde γ tammikuussa

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}}$$

$$\gamma = \frac{718,81}{2308,25}$$

$$\gamma = 0,311407$$

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön taulukkolaskenta

Kuukausi	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	γ
Tammikuu	718,81	2308,25	0,3114
Helmikuu	687,45	2203,98	0,3119
Maaliskuu	784,01	1815,48	0,4318
Huhtikuu	762,50	1575,01	0,4841
Toukokuu	831,59	959,04	0,8671
Kesäkuu	827,44	573,63	1,4425
Heinäkuu	815,55	655,00	1,2451
Elokuu	807,80	570,16	1,4168
Syyskuu	750,42	960,75	0,7811
Lokakuu	743,06	1379,28	0,5387
Marraskuu	693,74	1515,94	0,4576
Joulukuu	710,18	2003,40	0,3545

Laskennassa käytettävän numeerisen parametrin laskenta

Esimerkkinä numeerisen parametrin laskenta tammikuulle

$$a = 1 + \frac{T}{15}$$

$$a = 1 + \frac{71,45}{15}$$

$$a = 5,763409$$

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöön taulukkolaskenta

Kuukausi	1	T	kerroin	a
Tammikuu	1	71,4511	15	5,7634
Helmikuu	1	70,3685	15	5,6912
Maaliskuu	1	68,6756	15	5,5784
Huhtikuu	1	64,9149	15	5,3277
Toukokuu	1	59,8704	15	4,9914
Kesäkuu	1	50,7398	15	4,3827
Heinäkuu	1	56,7714	15	4,7848
Elokuu	1	55,6275	15	4,7085
Syyskuu	1	65,6574	15	5,3772
Lokakuu	1	69,8972	15	5,6598
Marraskuu	1	70,4813	15	5,6988
Joulukuu	1	71,6508	15	5,7767

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste

Esimerkkinä lasketaan hyödyntämisaste tammikuulle

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,3114^{5,7634}}{1 - 0,3114^{5,7634} + 1}$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = 0,9992$$

Kuukausi	γ	a	$\eta_{\text{lämpö}}$
Tammikuu	0,3114	5,7634	0,9992
Helmikuu	0,3119	5,6912	0,9991
Maaliskuu	0,4318	5,5784	0,9947
Huhtikuu	0,4841	5,3277	0,9891
Toukokuu	0,8671	4,9914	0,8865
Kesäkuu	1,4425	4,3827	0,6437
Heinäkuu	1,2451	4,7848	0,7261
Elokuu	1,4168	4,7085	0,6592
Syyskuu	0,7811	5,3772	0,9269
Lokakuu	0,5387	5,6598	0,9859
Marraskuu	0,4576	5,6988	0,9937
Joulukuu	0,3545	5,7767	0,9984

Lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat

Esimerkiksi lasketaan lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat lammikuulle

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} * Q_{\text{lämpökuorma}}$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = 0,9992 * 718,81$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = 718,2102 \text{ kWh}$$

Kuukausi	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$Q_{\text{sis.lämpö}}$
Tammikuu	0,9992	718,81	718,21
Helmikuu	0,9991	687,45	686,83
Maaliskuu	0,9947	784,01	779,88
Huhtikuu	0,9891	762,50	754,17
Toukokuu	0,8865	831,59	737,17
Kesäkuu	0,6437	827,44	532,59
Heinäkuu	0,7261	815,55	592,14
Elokuu	0,6592	807,80	532,48
Syyskuu	0,9269	750,42	695,56
Lokakuu	0,9859	743,06	732,55
Marraskuu	0,9937	693,74	689,34
Joulukuu	0,9984	710,18	709,03

Tilojen tarvitsema lämmitysenergian tarve

Esimerkiksi lasketaan tammikuun lämmitysenergian tarve

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{johd}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{sis.lämpö}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{lämpöhäviö}} - Q_{\text{sis.lämpö}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 2308,25 - 718,21$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 1590,04 \text{ kWh}$$

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ Lämmitysenergian tarve kuukausittain taulukkolaskenta

Kuukausi	Q_{tila}	$Q_{\text{sis.lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$
Tammikuu	2308,25	718,21	1590,04
Helmikuu	2203,98	686,83	1517,16
Maaliskuu	1815,48	779,88	1035,60
Huhtikuu	1575,01	754,17	820,84
Toukokuu	959,04	737,17	221,87
Kesäkuu	573,63	532,59	41,04
Heinäkuu	655,00	592,14	62,85
Elokuu	570,16	532,48	37,68
Syyskuu	960,75	695,56	265,19
Lokakuu	1379,28	732,55	646,73
Marraskuu	1515,94	689,34	826,60
Joulukuu	2003,40	709,03	1294,37
YHT			8359,98

 kWh

Summataan yhteen aiempia laskutuloksia. Esimerkki tammikuulle

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} - Q_{\text{LP,tilat}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = 1590,04 + 270,0737 - 0$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = 1860,11 \text{ kWh}$$

Kuukausi	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$
Tammikuu	1590,04	270,07	1860,11
Helmikuu	1517,16	243,94	1761,09
Maaliskuu	1035,60	270,07	1305,68
Huhtikuu	820,84	261,36	1082,20
Toukokuu	221,87	270,07	491,95
Kesäkuu	41,04	261,36	302,40
Heinäkuu	62,85	270,07	332,93
Elokuu	37,68	270,07	307,75
Syyskuu	265,19	261,36	526,56
Lokakuu	646,73	270,07	916,80
Marraskuu	826,60	261,36	1087,96
Joulukuu	1294,37	270,07	1564,44
			11539,88

Summataan yhteen koko rakennuksen energiankulutus. Esimerkki tammikuulle

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lkv}} + Q_{\text{LP}} / \epsilon_{\text{LP}}$$

$$Q_{\text{lämmitys}} = 1860,11 + 312,1233 + 0 / 1$$

$$Q_{\text{lämmitys}} = 2172,235 \text{ kWh}$$

Kuukausi	Q _{lämmitys,tilat}	Q _{lkv}	Q _{lämmitys}
Tammikuu	1860,11	312,1233	2172,23
Helmikuu	1761,09	281,9178	2043,01
Maaliskuu	1305,68	312,1233	1617,80
Huhtikuu	1082,20	302,0548	1384,26
Toukokuu	491,95	312,1233	804,07
Kesäkuu	302,40	302,0548	604,46
Heinäkuu	332,93	312,1233	645,05
Elokuu	307,75	312,1233	619,88
Syyskuu	526,56	302,0548	828,61
Lokakuu	916,80	312,1233	1228,93
Marraskuu	1087,96	302,0548	1390,02
Joulukuu	1564,44	312,1233	1876,57
			15214,88

$$Q_{\text{lämmitys,takka,osto}} = Q_{\text{lämmitys,takka}} / \eta_{\text{lämmitys,takka}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,takka,osto}} = 4000 / 0,8$$

$$Q_{\text{lämmitys,takka,osto}} = 5000 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys,kauko,osto}} = ((0,95 * Q_{\text{lämmitys}}) / \eta_{\text{lämmitys,kauko}}) - Q_{\text{lämmitys,takka,osto}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,kauko,osto}} = ((0,95 * 15214,88) / 1,0) - 5000$$

$$Q_{\text{lämmitys,kauko,osto}} = 9454,135 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys,sähkö,osto}} = (0,05 * Q_{\text{lämmitys}}) / \eta_{\text{lämmitys,sähkö}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,sähkö,osto}} = (0,05 * 15214,88) / 1,0$$

$$Q_{\text{lämmitys,sähkö,osto}} = 760,7439 \text{ kWh}$$

Sähköenergia

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö}} / \eta_{\text{sähkö}}$$

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = 4558,152 / 1,0$$

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = 4558,152 \text{ kWh}$$

E-luvun laskenta

$$E = \frac{Q_{\text{lämmitys,takka,osto}} + Q_{\text{lämmitys,kauko,osto}} + Q_{\text{lämmitys,sähkö,osto}} + W_{\text{laitesähkö,osto}}}{A_{\text{br}}}$$

$$E = \frac{5000 + 9454,135 + 760,7439 + 4558,152}{105}$$

$$E = 188,3146 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$$

Laskentarvojen vertailu

Arvo	2007	2012
Q _{joht}	11967,03	11895,68
Q _{vuotoilma}	1860,67	1579,37
Q _{iv} /Q _{korvausilma}	2692,237	2402,22
Q _{lkv,netto}	3675	3675
W _{valaistus}	735	735,84
W _{muut,laitteet} / W _{laitteet}	3780	1655,64
W _{ilmanvaihto}	508,08	508,08
Q _{henk}	840	1103,76
Q _{aur}	816,62	908,45
Q _{säh}	3360	2391,48
Q _{lämmitys,tilat,ka}	9454,135	12438,6
Q _{lämmitys,tilat,säh}	760,7439	673,61
W _{sähkö}	5318,896	3860,91
E-luku	188,3146	169,2435