



Jukka Holmi

ASUINPIENTALOJEN E-LUVUN LASKENTA

ASUINPIENTALOJEN E-LUVUN LASKENTA

Jukka Holmi
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, suuntautumisvaihtoehto

Tekijä(t): Jukka Holmi
Opinnäytetyön nimi: Asuinpienalojen E-luvun laskenta
Työn ohjaaja(t): Pirjo Kimari
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 21 + 17 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Talobit Oy:n toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli laatia myyntiohjelman osaksi energialuvun laskentatyökalu, jolla saadaan selville, täyttyvätkö energialuvulle asetetut vaatimukset taloteknisten ratkaisujen suunnitteluvaiheessa.

Työssä tutustuttiin Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeisiin energialuvun laskennassa. Työkalun rakentaminen aloitettiin purkamalla laskentaohjeet miellekartoiksi. Samalla pohdittiin millaisin yksinkertaistuksin ohjelman käyttö helpottuisi ja lähtötietoja tarvittaisiin mahdollisimman vähän, mutta samalla laskenta pysyisi mahdollisimman tarkkana. Kun miellekartat saatiin valmiiksi, niiden pohjalta rakennettiin Excel-ohjelmaan toimiva laskentapohja.

Työn tuloksena laadittiin yksinkertaistettu excel-pohja, joka laskee energialuvun. Tehtyjen yksinkertaistusten takia energialuku ei kuitenkaan ole täysin oikea. Laskentapohjalla saatua energialukua voidaan kuitenkin käyttää suuntaa antavana. Saatua energialukua täytyy tarkistaa vielä yksinkertaistamattomalla laskentatavalla.

Asiasanat:
E-luku, laskenta, pientalo, energialuku

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 E-LUKU	6
2.1 Energiatehokkuustavoitteet	6
2.2 E-luvun laskentaperiaatteet	8
3 E-LUKULASKURIN RAKENTAMINEN	12
3.1 Johtumishäviöt	12
3.2 Vuotoilma	13
3.3 Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve	13
3.4 Tuloilman ja korvausilman lämpenemisen energian tarve	14
3.5 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve	14
3.6 Valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten lämpökuorma	14
3.7 Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia	15
3.8 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia	15
3.9 Lämmitysjärjestelmän energian kulutus	15
3.10 Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus	16
3.11 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä	16
3.12 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus	16
3.13 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto	17
3.14 Ilmanvaihdon sähköenergian kulutus	17
3.15 Excel-pohjan luominen	18
3.16 Excel-pohjan testaus	18
4 YHTEENVETO	19
LÄHTEET	20
LIITTEET	21

1 JOHDANTO

Nykyään rakennusluvun saamisen ehtona on riittävän alhainen E-luku. E-luvun laskentaan on ohjeet RakMk:n osassa D5, ja energialuvun laskennassa lähtöarvoina käytettäviä standardiarvoja on RakMk:n osassa D3. Pientalon E-luvun laskentaan käytetään kuukausitason laskelmia.

Tavoitteena työtä aloitettaessa oli, että yritys saa myyntiohjelmaansa käyttökelpoisen työkalun E-luvun laskentaan. Työssä on tarkoitus tuottaa logiikkakaavio, jota hyväksikäyttäen ohjelmoija onnistuu rakentamaan toimivan E-lukulaskurin. Ohjelman tarkoituksena on varmistaa jo tarjousvaiheessa, että rakennuksen E-luku on hyväksyttävä asiakkaan valinnoilla. Laskennan logiikka puretaan käsitekarttoihin, joista koostetaan excel-pohjalle toimiva laskentakaavio. Työn tilaaja on Talobit Oy, joka tekee LVISA-suunnittelua useiden talotehtaiden paketteihin.

Työhön kuuluu E-luvun laskentaan vaadittavien tietojen keräämistä, myyntiohjelman rakenteeseen tutustumista, erilaisten suureiden määrittelyä ja palveluyrityksen tuotevalikoiman teknisten ominaisuuksien käyttöä.

2 E-LUKU

Energialuku eli E-luku on energiamuotojen kertoimella painotettu rakennuksen vuotuinen laskennallinen kulutus, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden. Energiamuotojen kertoimet on esitetty taulukossa 1. Kulutus lasketaan rakennustyyppin standardikäytöllä, joka on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman (myöhemmin Rakentamismääräyskokoelma) osassa D3. Tässä työssä on energialuvun laskennan apuna käytetty Rakentamismääräyskokoelman osan D5 luonnosta 14.3.2012.

TAULUKKO 1. Energiamuotojen kertoimet

sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

2.1 Energiatehokkuustavoitteet

Euroopan parlamentti hyväksyi toukokuussa 2010 uudistetun rakennusten energiatehokkuutta parantavan direktiivin, jonka tavoitteena on parantaa uudisrakennusten energian kulutusta. Direktiivin mukaan uudisrakennusten tulee olla vuoden 2020 loppuun jo lähes nollaenergiarakennuksia. (1.)

Uudisrakennusten energiatehokkuuden parantaminen on YK:n ilmastosopimuksen, sitä tarkentavan Kioton pöytäkirjan ja Suomen ilmasto- ja energiastrategian tulos. YK:n ilmastosopimuksen tavoitteena on ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien vakauttaminen sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminta vaikuta haitallisesti ilmastojärjestelmään. Ilmastosopimus velvoittaa sen osapuolia laatimaan ja toteuttamaan kansallisia ilmastomuutosta hillitseviä ja siihen sopeuttavia ohjelmia. (2.)

Kioton pöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1997, ja se tuli voimaan 16.2.2005. Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan muiden Euroopan unionin jäsenmaiden kanssa 31.5.2002. Kioton pöytäkirjassa Euroopan unionin yhteinen päästövähennystavoite on vuoden 1990 päästötasosta 8 prosenttia. Se on jaettu EU:n sisäisen taakanjakosopimusten mukaisesti maakohtaisiksi velvoitteiksi. Suomen velvoitteena on pitää kasvihuonekaasujen päästöt vuosina 2008–2012 keskimäärin vuoden 1990 tasolla. Kioton pöytäkirjan sitovien velvoitteiden piirissä olevat maat voivat itse päättää keinoista, joilla ne täyttävät velvoitteensa. (3.)

Dohan ilmastokokouksessa vuonna 2012 Kioton ilmastosopimusta jatkettiin. Uusi sopimus on voimassa vuoteen 2020 asti. (4.)

Valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategiassa 2008 Suomen strategiseksi tavoitteeksi asetettiin energian loppukulutuksen kasvun pysäyttäminen ja kääntäminen laskuun niin, että energian loppukulutus vuonna 2020 olisi noin 310TWh. Rakennusten osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta on noin 40 prosenttia. Rakennukset suunnitellaan ja rakennetaan pitkäikäisiksi, joten nyt rakennettavien rakennusten vaikutukset energiankulutukseen ja päästöihin kestävät vuosikymmeniä. (5.)

Valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategiassa 2013 tarkennetussa perusskenaariossa asuin- ja palvelurakennusten lämmitysenergian kulutus laskee vuodesta 2012 vuoteen 2020 noin 9 prosenttia. Vuonna 2030 lämmitysenergian kulutus on 20 % pienempi kuin vuonna 2012. (6.)

Määräysten uusimisen yhteydessä otetaan huomioon EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä uudisrakentamisen määräyksille asetetut velvoitteet. Uudelleen laaditun rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tarkoituksena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta Euroopan Unionin alueella. Suomen rakentamismääräyskokoelman osien muuttaminen on osa direktiivin kansallista implementointia. (5.)

Energialuvun laskennalla ja enimmäisarvoilla tavoitellaan pienempää rakennusten energiankulutusta, joka osaltaan auttaa pääsemään Kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteisiin. Lisäksi energialuku ohjaa energiamuotojen ker-

toimien avulla rakentajien lämmitysmuotojen valintaa haluttuun suuntaan. Ker-
toimet kuvastavat kunkin energiamuodon hiilidioksidipäästöjä.

2.2 E-luvun laskentaperiaatteet

Energialuvun laskenta pientaloissa suoritetaan kuukausitason laskelmilla raken-
tamääräyskokoelman osien D5 ja D3 mukaan. Pientalot kuuluvat luokkaan
1. Vuotuinen energiankulutus on kuukausittaisten kulutusten summa. Riittävän
alhainen energialuku on rakennusluvan ehto. Suurimmat sallitut energialuvut
esitetään taulukossa 2. Energialukua ei tarvitse laskea rakennukselle, jonka
lämmitetty nettoala on enintään 50 m². (7.)

TAULUKKO 2. Suurimmat sallitut energialuvut luokassa 1

Luokka 1. Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, A _{netto}	kWh/m ² vuodessa
Pientalo	A _{netto} < 120 m ²	204
	120 m ² ≤ A _{netto} ≤ 150 m ²	372 - 1,4 * A _{netto}
	150 m ² ≤ A _{netto} ≤ 600 m ²	173 - 0,07 * A _{netto}
	A _{netto} > 600 m ²	130
Hirsitalo	A _{netto} < 120 m ²	229
	120 m ² ≤ A _{netto} ≤ 150 m ²	397 - 1,4 * A _{netto}
	150 m ² ≤ A _{netto} ≤ 600 m ²	198 - 0,07 * A _{netto}
	A _{netto} > 600 m ²	155
Rivi- ja ketjutalo		150

E-luku lasketaan aina Helsingin säävyöhykkeelle riippumatta siitä, mihin päin
Suomea rakennus on tulossa. Näin talon energialuku ei riipu paikkakunnasta.
(7, Liite 2.)

Rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan RakMk:n osassa D3 esitetyillä
ulkoilman säätiedoilla, sisäilmasto-olosuhteilla, rakennuksen ja sen järjestelmi-
en käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien standardiarvoilla.
Muut energialaskennan tarvitsemat lähtötiedot saadaan rakennuksen suunnitte-
luasiakirjoista. Taulukossa 3 on esitetty energialaskennassa käytettävä raken-
nuksen standardikäyttö. Käyttöaika esittää kuinka monta tuntia vuorokaudessa

ja päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana. (7, s. 8.)

TAULUKKO 3. Rakennuksen standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti. (7, s. 19)

Käyttötarkoitukseluokka	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

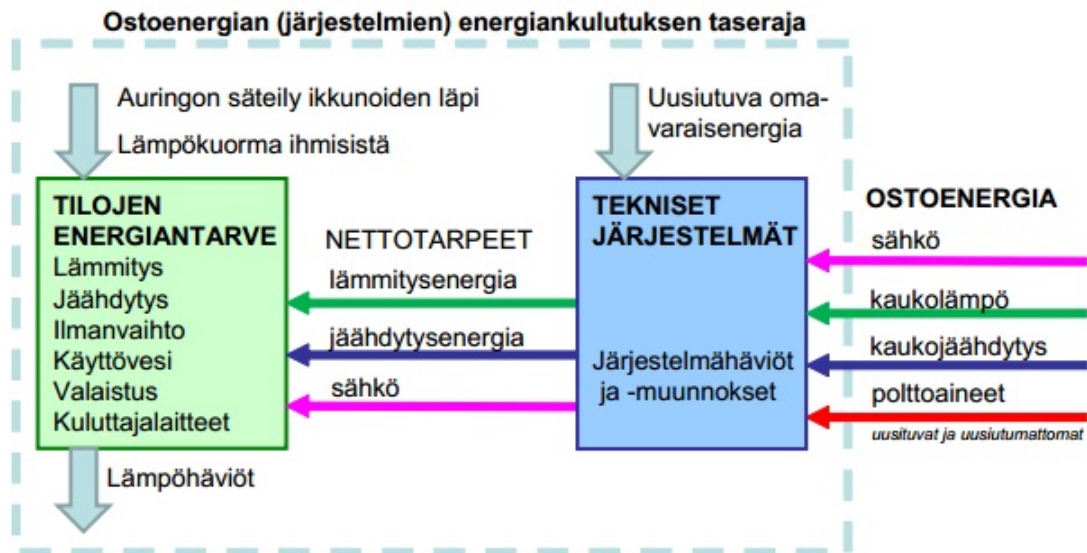
a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

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

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

Laskentamenetelmän energiankulutuksen taserajat esitetään kuvassa 1. Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiatarpeesta. Lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen sekä rakennukseen tulevan auringon säteilyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Lämmitysenergian nettotarve on energia, joka vaaditaan rakennuksen, tuloilman ja käyttöveden lämmittämiseen. (8.)



KUVA 1. Energiankulutuksen taserajat (8, s. 14)

Rakennuksen ostoenergiankulutus koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä järjestelmien apulaitteiden, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä. Rakennuksen ostoenergian kulutusta laskettaessa otetaan huomioon uusiutuva omavaraisenergia, joka on hyödynnetty rakennuksen teknisissä järjestelmissä. Muualle toimitettua omavaraisenergiaa ei oteta huomioon. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lasketaan rakennuksen ostoenergiankulutuksesta energiamuotojen kertoimia käyttäen. (8.)

Rakennuksen lämmitysenergian laskennan lähtötietoina tarvitaan vähintään rakennusosien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet. Lisäksi tarvitaan ilmanvaihdon ilmavirrat, ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat sekä ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. (8.)

Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutusta laskettaessa tarvitaan vähintään rakennustyyppi ja rakennuksen pinta-ala. Rakennuksen energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 kuluttajalaitteille annettuja arvoja. (8.)

Lämpökuormien laskennassa lähtötietoina tarvitaan vähintään rakennuksessa olevien henkilöiden lukumäärä ja valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus. Nämä tiedot saadaan laskettua taulukosta 3. Lisäksi tarvitaan

lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt, rakennuksen tilojen lämpöhäviöt, ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain sekä ikkunoiden auringon säteilyn läpäisykerroin. (8.)

Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskelmien lähtötietoina tarvitaan vähintään tilojen lämmitysenergian nettotarve, Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve. Laskennassa otetaan huomioon lämmönluovutuksen, lämmönjaon ja lämmönvarastoinnin häviöt hyötysuhteiden avulla. (8.)

Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksen lähtötietoina tarvitaan vähintään ilmanvaihtokoneiden sähkötehot tai SFP-luvut sekä ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat. (8.)

Energialukua laskettaessa otetaan huomioon myös jäähdytysjärjestelmän energiankulutus. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin pientaloihin, joihin ei asenneta jäähdytysjärjestelmää. (8.)

3 E-LUKULASKURIN RAKENTAMINEN

Energialukulaskurin rakentaminen aloitettiin purkamalla rakentamismääräyskoelman osassa D5 olevat ohjeet käsitekartoiksi. Apuna käytettiin Mind-manager-ohjelmaa. Samalla joitakin kaavoja yksinkertaistettiin ohjelman käytön helpottamiseksi. Luodut käsitekartat ovat opinnäytetyön liitteissä 2-17.

Laskuri rakennettiin Excel-ohjelmalla toimivaksi laskupohjaksi. Laskurin logiikka noudattaa käsitekarttoja.

3.1 Johtumishäviöt

Johtumishäviöt lasketaan kuukausitason laskelmilla, joten jokaisessa johtumishäviön osassa yhteisenä arvona on ajanjakson pituus. Ajanjakson pituutena käytetään kunkin kuukauden tuntimäärä.

Sisälämpötilana käytetään kaikissa laskelmissa myös aina samaa +21 °C:ta. Ulkolämpötilat haettiin Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukosta L2.2. Ulkolämpötila on kaikissa johtumishäviölaskelmissa sama, paitsi alapohjan johtumishäviössä, jossa se riippuu sekä alapohjan U-arvosta, että maalajista. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 3.7 sekä rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukon L2.2 ja rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukoiden 3.4 ja 3.5 avulla.

Rakenneosien johtumishäviöiden laskentaan käytetään rakentamismääräyskoelman osan D5 kaavaa 3.4. Kylmäsiltojen laskentaan käytetään kaavaa 3.5. Lisäksi kylmäsiltojen aiheuttaman lisäkonduktanssin arvot haettiin taulukoista 3.1, 3.2 ja 3.3.

Kylmäsiltojen pituuksia laskettaessa on ulkoseinien väliset liitospituudet mahdollista laskea yksinkertaisemmin laskemalla ulkonurkkien lukumäärä ja kertomalla se huonekorkeudella ja kerrosten lukumäärällä. Samalla periaatteella saadaan myös sisänurkkien liitospituus selville. Ikkuna ja oviliitoksen pituus on mahdollista laskea, kun tiedetään ikkunoiden ja ovien mitat ja kerrotaan ne kappalemäärillä. Kun ikkunoiden mitat ja kappalemäärät laitetaan ilmansuunnittain,

saadaan samalla lähtötiedot sisälle tulevan auringon säteilyenergian laskentaan.

3.2 Vuotoilma

Vuotoilman lämpenemisen energian tarve lasketaan kuukausitason laskelmissa. Laskelmissa käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoja 3.8 ja 3.9.

Kaavaa on yksinkertaistettu jakamalla ilman ominaislämpökapasiteetti ja kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi keskenään. Molempien ollessa yhtä suuria ne jätetään laskussa huomiotta, mutta yksiköksi merkataan silti kilowattitunti. Ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4, mikäli ilmanvuotolukua ei tunneta.

Rakennuksen vaipan ala saadaan rakennuksen kuvista. Kuvista saadaan myös maanpinnan yläpuolisten kerrosten lukumäärä.

Ulkolämpötilana käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukon L2.2 arvoja. Säävyöhyke on Helsinki-Vantaa. Ajanjakson pituus on kunkin kauden tuntimäärä.

3.3 Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarpeen laskenta suoritetaan kuukausitason laskelmana. Laskelmaan käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavaa 3.11.

Kaavassa olevaa lämpötilan nousua puhaltimessa ei tarvitse ottaa pientalojen ilmanvaihdossa huomioon. Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila lasketaan lisäämällä ulkoilman lämpötilaan ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottolaitteen poistoilman vuosihyötysuhteella kerrottu poistoilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan erotus. Poistoilman vuosihyötysuhteena käytetään ilmanvaihtokoneen valmistajan ilmoittamaa arvoa.

Ulkoilman lämpötila saadaan Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukosta L2.2. Poistoilman lämpötilana käytetään sisäilman lämpötilana käytettävää

+21 °C:ta. Ajan jakson pituus on kunkin kuukauden tunnit. Tuloilman lämpötilana käytetään +18 °C:ta. Kaavaa on yksinkertaistettu jakamalla ilman ominaislämpökapasiteetti ja kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi keskenään.

Tuloilmavirta lasketaan nettoalan perusteella. Ilmavirran suuruutena neliometriä kohti käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukkoa 2.

3.4 Tuloilman ja korvausilman lämpenemisen energian tarve

Pientalon laskennassa poistoilmavirta ja tuloilmavirta pidetään yhtä suurina. Näin ollen korvausilmavirtaa ei ole. Tuloilman lämpenemisen tarve lasketaan kuukausittain Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 3.14.

Tuloilmavirran suuruus lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukon 2 mukaan nettoalaa kohden. Sisäilman lämpötilana pidetään +21 °C ja tuloilman lämpötilana +18 °C. Ajanjakson pituus on kuukauden tuntimäärä. Kaavaa on yksinkertaistettu jakamalla ilman ominaislämpökapasiteetti ja kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi keskenään.

3.5 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 6.4. Apuna käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukkoa 5 ja rakennuksen nettoalaa. Laskennassa oletetaan, että lämminvesijohdot kulkevat suojaputkessa. Varaajan häviöt lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukon 6.3b mukaan. Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö lasketaan kaavalla 6.5. Oletuksena on, ettei kierto on ole liitettyä lämmityslaitteita, ja että kiertojohto on suojaputkessa.

3.6 Valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten lämpökuorma

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuorma lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukon 3 mukaan. Samalla saadaan ihmisistä aiheutuva lämpökuorma. Laskennassa käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D3 kaavaa 4. Kaavassa rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa on 24 ja käyttöpäivien lukumäärä viikossa 7. Kun kaavaa käytetään kuu-

kausitason laskennassa, käytetään vuoden tuntimäärän, 8760, sijasta kunkin kuukauden tuntimäärää. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkulutuksena käytetään samaa arvoa kuin mikä saadaan laskemalla niiden lämpökuorma.

3.7 Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia

Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia lasketaan kuukausittain ja ilmansuunnittain. Laskentaan käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavaa 5.4.

Ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimeksi valittiin 0,75 yksipuitteisen, kolmilasisen ikkunan mukaan. Verhokertoimeksi ja kehäkertoimeksi valittiin myös arvot 0,75. Varjostuksen kertoimeksi valittiin 1. Arvoista valittiin keskimääräisiä laskennan yksinkertaistamiseksi. Laskelmissa käytettävät auringon kokonaissäteilyenergian arvot pystypinnoille saatiin Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukosta L2.2.

3.8 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

Lämpökuormista lämmityksessä hyödynnettävä osuus lasketaan kuukausitasolla. Laskussa tarvittavat lämpökuorma ja rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve on laskettu muitten käsitekarttojen ohjeiden avulla. Lämpökuormista lämmityksessä hyödynnettävä energia lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 5.10. Laskennan apuna käytetään myös kaavoja 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 ja 5.16. Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti saadaan laskettua Rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukon 5.6 ja nettoalan avulla.

3.9 Lämmitysjärjestelmän energian kulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan kaavalla 6.7. Laskennan lämmitysenergian tuoton hyötysuhteet on haettu Rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukosta 6.6. Mahdollisena muuna tuottona on huomioitu tulisija. Mikäli tulisija on yhdistetty lämmönsiirtimellä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään muodostaen näin päälämmitysjärjestelmän, otetaan se laskennassa huomioon kattilaa vastaavalla tavalla. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve on

huomioitu erikseen, sillä yleensä pientalojen ilmanvaihtokoneissa on sähköpatteri. Lämmönjakojärjestelmän hyötysuhde on haettu Rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukosta 6.2. Oletuksena on, että taloihin tulee joko vesiradiaattorit 70/40°C eristämättömillä jakojohdoilla tai vesikiertoinen lattialämmitys.

3.10 Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutuksen laskennassa lasketaan lämmöntuottojärjestelmän ja lämmönjakojärjestelmän sähköenergian kulutukset. Molempien kulutuksien laskentaan käytetään nettoalaa. Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutuksen laskennassa käytetään apuna Rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukkoa 6.6. Lämmönjakojärjestelmän sähköenergian kulutuksen apuna käytetään taulukkoa 6.2.

Mahdollisten aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähkönkulutus lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 6.12. Pumppujen sähkönkulutus lisätään lämmitysjärjestelmän sähkönkulutukseen.

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan erikseen ja lisätään lämmitysjärjestelmän sähköenergiankulutukseen.

Mahdollisen lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähkönkulutus lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 6.6. Pumpun sähkömoottorin ottotehona käytetään 40 wattia. Käyttöaikana käytetään arvoa 24h/vrk.

3.11 Käyttöveden lämmitys aurinkokeräimellä

Aurinkokeräimen tuottama lämpöenergia käyttöveteen lasketaan vuositasolla. Laskennassa käytetään Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavaa 5.10 ja taulukoita 6.8 ja 6.9.

3.12 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 6.17. Kaavassa tarvittavat lämmitysenergiat saadaan laskemalla kaavoilla 6.13 ja 6.14. Kaavoissa 6.13 ja 6.14 tarvittavat lisälämmityksen energiantarpeet lasketaan kaavoilla 6.15 ja 6.16.

Lämpöpumppujen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään apuna rakentamismääräyskokoelman osan D5 liitettä 2. Laskentaa on yksinkertaistettu siten, että tilojen lämmitysenergian ja käyttöveden lämmitysenergian suhde pyöristetään lähimpään taulukossa olevaan arvoon.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä selvitetään Rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukosta 6.11. Apuna käytetään tilojen lämmitysenergian tarvetta ja nettoalaa.

Lämpöpumppujen SPF-luvut selvitetään taulukoiden 6.12, 6.13 ja 6.14 avulla. Laskennan yksinkertaistamiseksi taulukoiden arvoja ei interpoloida, vaan otetaan lähimpänä oleva arvo.

Ilmalämpöpumpun osuus lämmityksen energiantuotannossa on 1000kWh yhtä pumppua kohden. Ilmalämpöpumpun SPF-luku saadaan taulukosta 6.12.

3.13 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto

Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto lasketaan Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 10.1. Apuna käytetään kaavoja 10.2, 10.3 ja 10.4. Tarvitavat tiedot saadaan taulukoista 10.1, 10.2, 10.3 ja 10.4. Tällä tavoin laskemalla saadaan kuukausittain tuotettu sähköenergian määrä, joka voidaan käyttää rakennuksessa käytetyn sähköenergian kattamiseen. Jos tuotanto on kuukausittain suurempaa kuin sähköenergian tarve, ei ylimenevää osuutta huomioida energialuvun laskennassa.

3.14 Ilmanvaihdon sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtokoneen sähköenergian kulutus lasketaan ilmanvaihtokoneen SFP-luvun ja tuloilmavirran perusteella. Laskentaan käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavaa 7.1. Ilmanvaihtokoneen ilmavirta lasketaan nettoalan perusteella käyttämällä Rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukkoa 2. Ilmanvaihdon käyntiaika on pientaloissa 8760 tuntia vuodessa.

3.15 Excel-pohjan luominen

Laskentatyökaluksi soveltuvan Excel-pohjan rakennus aloitettiin kokoamalla kukin käsitekartta omaksi laskentataulukoksi Excel-ohjelmaan. Laskentataulukoihin muodostettiin käsitekarttojen avulla toimivat laskentakaavat, jotka laskevat arvot tehtyjen valintojen ja syötettyjen tietojen perusteella.

Kun käsitekarttoista oli saatu muodostettua toimivat laskentatyökalun osat, muodostettiin yksi laskentataulukko, johon lähtötiedot syötetään. Erillisiä laskentataulukkoita muutettiin niin, että ne kaikki ottavat lähtötietonsa samasta taulukosta.

Kokoava laskentataulukko laskee energialuvun ja suurimman sallitun energialuvun alkuarvojen perusteella. Näin ollen laskentataulukosta näkee, mikä on säävutettu energialuku, onko se hyväksyttävä ja kuinka paljon se saa enintään olla.

3.16 Excel-pohjan testaus

Excel-pohjaa verrattiin laskentapalvelut.fi-sivustolta löytyvään E-luku laskuriin. Verrattavana kohteena oli kaukolämmössä oleva omakotitalo, jonka pinta-ala oli 105 neliömetriä.

Excel-pohjalla laskettuna energialuvuksi saatiin 153. Laskentapalvelut.fi-sivuston laskuri antoi tulokseksi 156. Energialukujen eroavaisuuden selittää yksinkertaistukset, joita opinnäytetyössä olevaan laskentalogiikkaan on tehty.

4 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli luoda energialuvun laskentaan työkalu, jota voidaan käyttää myyntitilanteessa varmistamaan hyväksyttävä energialuku. Myyntitilanteessa käytettävän työkalun on oltava mahdollisimman vähillä tiedoilla toimiva, sillä työkalun käytön tulee olla mahdollisimman nopeaa ja kaikkia tarvittavia tietoja ei vielä ole saatavilla.

Työkalun rakentaminen aloitettiin purkamalla Rakentamismääräyskokoelman osan D5 laskentaohjeet miellekartoiksi. Samalla pohdittiin millaisin yksinkertais-
tuksin ohjelman käyttö helpottuisi, mutta samalla laskenta pysyisi mahdollisimman tarkkana. Kun miellekartat oli saatu valmiiksi, niiden pohjalta rakennettiin Excel-pohjaan toimiva laskentalogiikka. Lopuksi tehtiin yksi laskentataulukko, johon tarvittavat tiedot syötetään, ja joka koostaa muiden laskentataulukkojen tulokset ja laskee energialuvun. Samalla muita laskentataulukkoja muutettiin niin, että ne ottavat syötettävät lähtötiedot samasta laskentataulukosta.

Työkalun logiikkaa rakennettaessa jouduttiin Rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeisiin tekemään yksinkertaistuksia. Yksinkertaistukset aiheuttavat laskentatyökaluun epätarkkuutta. Epätarkkuus aiheuttaa sen, ettei saatuun tulokseen voi luottaa. Jos tulos on kuitenkin selvästi alle tai yli vaaditun rajan, voidaan sitä pitää myyntitilanteessa riittävän luotettavana. Tulos joudutaan yhä tarkistamaan tarkemmalla laskentamenetelmällä. Käytettävät laskentakaavat ja niihin tehdyt yksinkertaistukset ja oletusarvot on kerrottu opinnäytetyössä.

LÄHTEET

1. Direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. 2010. Ympäristöministeriö.
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=361277&lan=FI>
Hakupäivä 25.3.2013.
2. YK:n ilmastosopimus. 1994. Ympäristöministeriö. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=564&lan=fi>
Hakupäivä 25.3.2013.
3. Kioton Pöytäkirja. 1997. Ympäristöministeriö. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=374055&lan=FI> Hakupäivä
25.3.2013.
4. Tiedote Dohan ilmastokokouksesta. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=425432&lan=fi>
Hakupäivä 25.3.2013.
5. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Ympäristöministeriö.
Saatavissa:<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126233&lan=FI>
Hakupäivä 25.3.2013.
6. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2013. Työ- ja elinkeinoministeriö.
Saatavissa:
http://www.tem.fi/files/36266/Energia_ja_ilmastostrategia_nettiljulkaisu_SUOMENKIELINEN.pdf Hakupäivä 2.4.2013
7. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Ympäristöministeriö.
8. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5. Luonnos 14.3.2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ympäristöministeriö.

LIITTEET

Liite 1 Qjoht

Liite 2 Qvuotoilma

Liite 3 Qiv

Liite 4 Qiv, tuloilma

Liite 5 Qlämmitys, lkv

Liite 6 Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuorma

Liite 7 Qaur

Liite 8 Qsis.lämpö

Liite 9 Qlämmitys, tilat

Liite 10 Qlämmitys

Liite 11 Wlämmitys

Liite 12 Qaurinko, lkv

Liite 13 Waurinko, pumpput

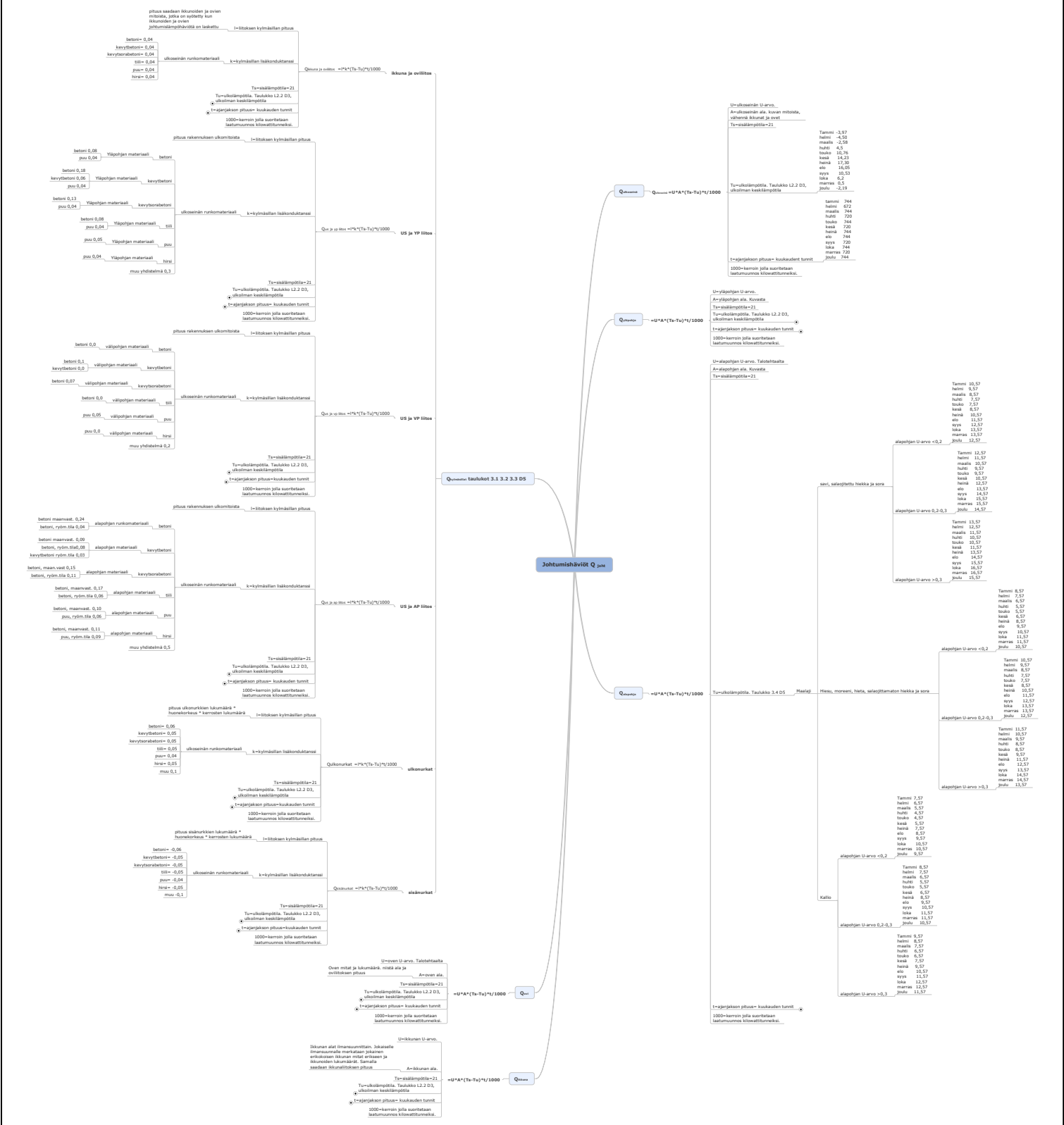
Liite 14 Wlp

Liite 15 Wpv

Liite 16 Wilmanvaihto

Liite 17 E-luku

Johtumishäviöt Q_{joh}



- 1kerros x= 35
- 2kerrosta x= 24
- 3-4kerrosta x= 20
- 5kerrosta tai enemmän x=15

x kerroin, vain maanpinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon

q_v , vuotoilmavirta= vuotoilmavirta $m^3/s = q_{50} / (3600 * x) * A_{vaippa}$

Avaippa= rakennusvaipan pinta-ala m^2
 3600 kerroin joka muuttaa ilmavirran yksiköstä m^3/h yksikköön m^3/s
 q_{50} = Ilmanvuotoluku. 4 jos ei tiedossa.

Tammi	-3,97
helmi	-4,50
maalis	-2,58
huhti	4,5
touko	10,76
kesä	14,23
heinä	17,30
elo	16,05
syys	10,53
loka	6,2
marras	0,5
joulu	-2,19

Tu=ulkolämpötila. Taulukko L2.2 D3, ulkoilman keskilämpötila

tammi	744
helmi	672
maalis	744
huhti	720
touko	744
kesä	720
heinä	744
elo	744
syys	720
loka	744
marras	720
joulu	744

t=ajanjakson pituus, h. kuukauden tunnit

$$Q_{vuotoilma} = 1,2 * q_v * \text{vuotoilma} * (21 - T_u) * t$$

Vuotoilman lämpenemisen energian tarve $Q_{vuotoilma}$

$$q_{v,tulo} = 0,0004m^3/s/m^2 * nettoala$$

qv,tulo = tuloilmavirta

$\eta_{a,ivkone}$ = ilmanvaihtolaitteen
lämmöntalteenottolaitteen poistoilman
vuosihyötysuhde ?

Tpoisto=sisäilman lämpötila=21

Tammi	-3,97
helmi	-4,50
maalis	-2,58
huhti	4,5
touko	10,76
kesä	14,23
heinä	17,30
elo	16,05
syys	10,53
loka	6,2
marras	0,5
joulu	-2,19

**T_{ito} = lämmöntalteenottolaitteen
jälkeinen lämpötila =**

$$T_u + \eta_{a,ivkone} * (T_{poisto} - T_u)$$

T_u=ulkolämpötila. Taulukko L2.2 D3,
ulkoilman keskilämpötila

tamm	744
helm	672
maal	744
huht	720
touk	744
kesä	720
heinä	744
elo	744
syys	720
loka	744
marr	720
joulu	744

**t=ajanjakson pituus, h.
kuukauden tunnit**

$$Q_{iv} = 1,2 * q_{v,tulo} * (18 - T_{ito}) * t$$

**Ilmanvaihdon
lämmitysenergian tarve**
Q_{iv}

Jos arvosta tulee negatiivinen = 0

tammi	744
helmi	672
maalis	744
huhti	720
touko	744
kesä	720
heinä	744
elo	744
syys	720
loka	744
marras	720
joulu	744

t=ajanjakson pituus, h.
kuukauden tunnit

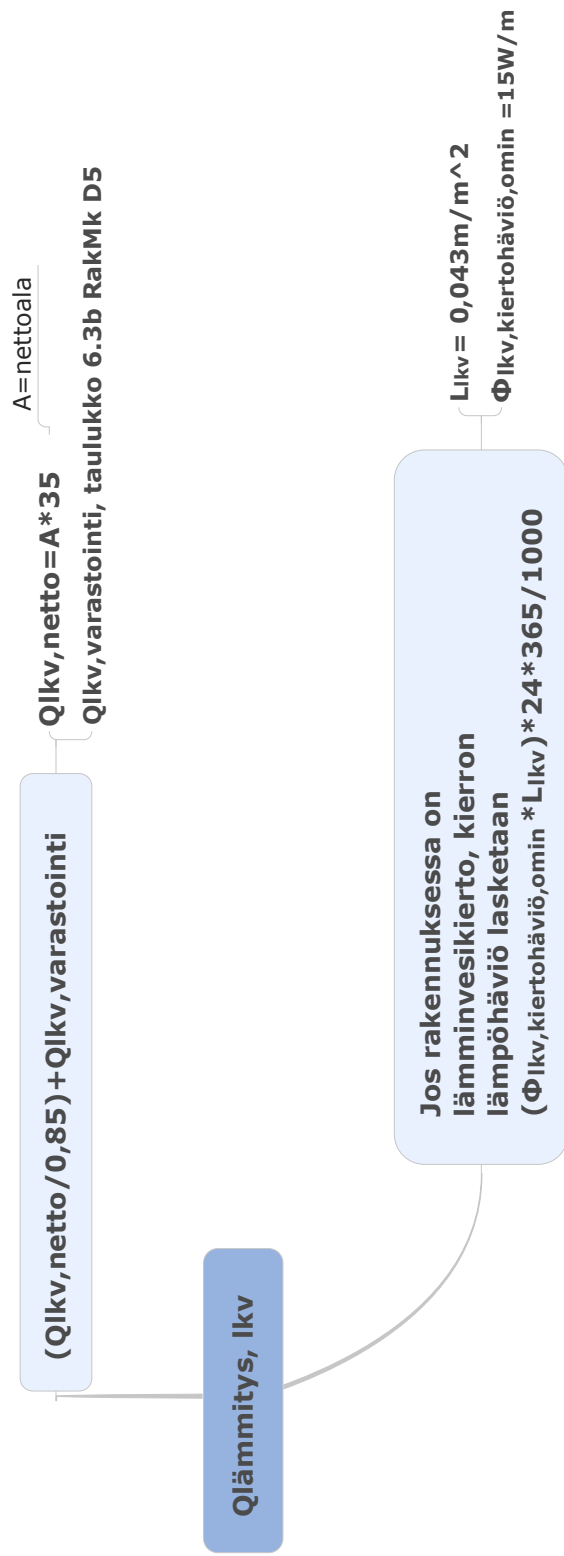
$$0,4l/s/m^2*nettoala$$

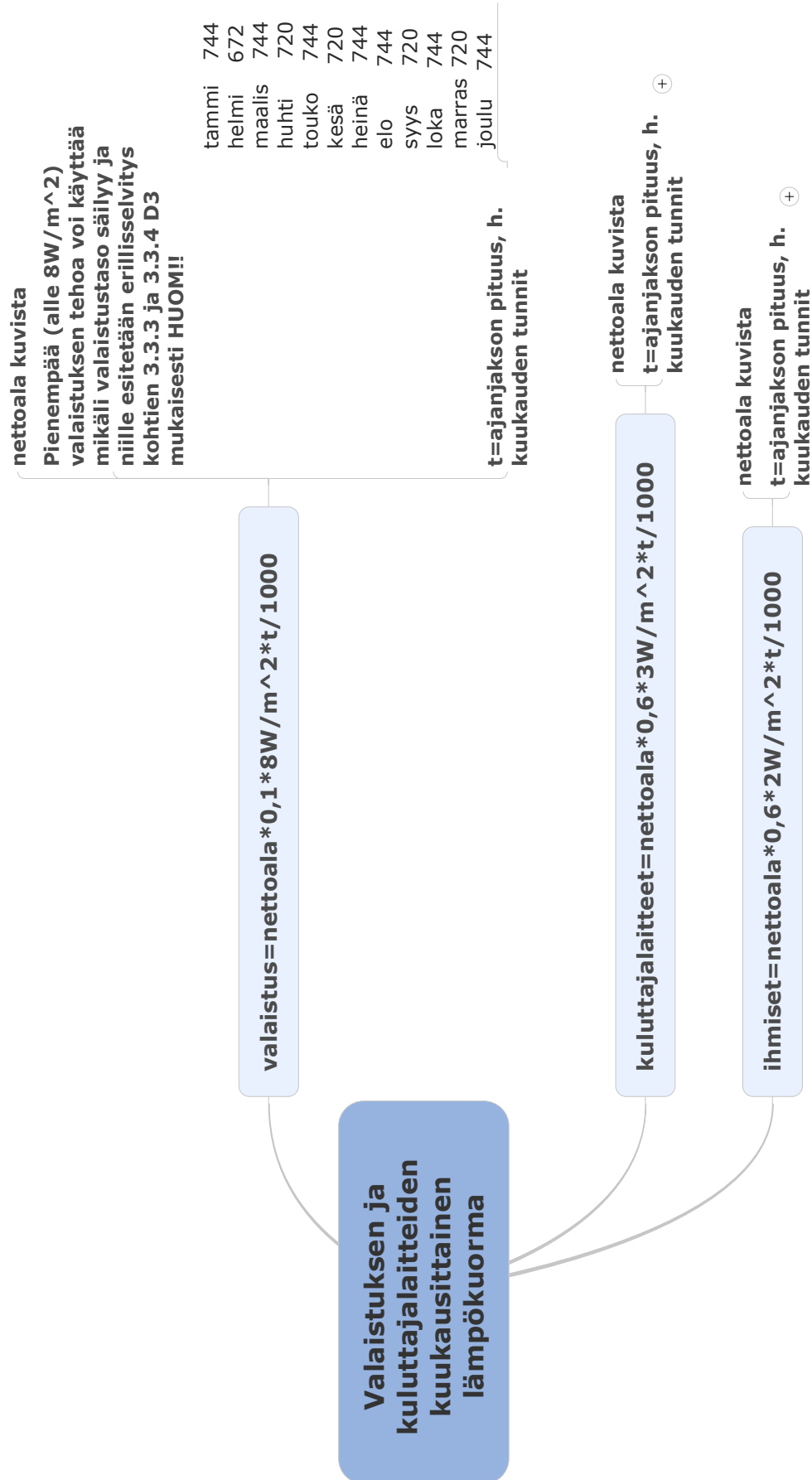
qv,tulo = tuloilmavirta

$$Q_{iv,tuloilma} = 1,2 * q_{v,tulo} * (21-18) * t$$

**Tuloilman
lämmitysenergian tarve**

**Pientalolaskennassa ei ole
korvausilmaa**





Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia (kuukausittain)

$$Q_{aur} = G_{säteily, pystypinta} * 0,9 * 0,75 * 0,75 * 0,75 * A_{ikk}$$

G_{säteily, pystypinta} (ilmansuunnittain)

Pohjoinen	tammikuu 6,5
	helmikuu 17,3
	maaliskuu 40,3
	huhtikuu 43,9
	toukokuu 57,8
	kesäkuu 70,6
	heinäkuu 66,3
	elokuu 50,0
	syyskuu 32,9
	lokakuu 17,9
	marraskuu 7,2
	joulukuu 4,2
Koillinen	tammikuu 4,7
	helmikuu 13,8
	maaliskuu 38,1
	huhtikuu 43,9
	toukokuu 82,1
	kesäkuu 87,9
	heinäkuu 91,1
	elokuu 66,4
	syyskuu 37,5
	lokakuu 15,6
	marraskuu 5,5
	joulukuu 3,2
Itä	tammikuu 3,8
	helmikuu 15,6
	maaliskuu 48,5
	huhti 79,9
	touko 112,8
	kesä 109,6
	heinä 118,8
	elo 91,8
	syys 56,5
	loka 17,5
	marras 5,1
	joulu 2,6
Kaakko	tammii 9,5
	helmi 31,0
	maaliskuu 75,1
	huhti 101,1
	touko 123,3
	kesä 109,9
	heinä 123,1
	elo 106,0
	syys 83,9
	loka 28,3
	marras 12,3
	joulu 8,4
Etelä	tammii 12,9
	helmi 41,4
	maaliskuu 89,5
	huhti 107,3
	touko 116,0
	kesä 101,6
	heinä 115,5
	elo 100,4
	syys 100,5
	loka 37,0
	marras 16,8
	joulu 11,8
Lounas	tammii 9,5
	helmi 30,9
	maaliskuu 69,4
	huhti 101,6
	touko 117,5
	kesä 110,9
	heinä 128,6
	elo 92,8
	syys 87,3
	loka 30,0
	marras 12,3
	joulu 8,8
Länsi	tammii 3,8
	helmi 15,6
	maaliskuu 43,7
	huhti 80,6
	touko 104,5
	kesä 111,2
	heinä 122,7
	elo 78,8
	syys 59,3
	loka 18,8
	marras 5,1
	joulu 2,9
Luode	tammii 4,7
	helmi 14,0
	maaliskuu 36,9
	huhti 56,8
	touko 76,3
	kesä 89,1
	heinä 91,2
	elo 61,1
	syys 38,1
	loka 15,7
	marras 5,6
	joulu 3,2

Aikk=ikkunan pinta-ala (ilmansuunnittain)

Qsis.lämpö

tammi	744
helm	672
maal	744
huht	720
touko	744
kesä	720
heinä	744
elo	744
syys	720
loka	744
marras	720
joulu	744

t= ajanjakson pituus, h. kuukauden tunnit

$$H_{tla} = (Q_{tla} / ((21 - T_u) t)) * 1000$$

$$a = 1 + (\tau / 15) \quad \tau = C_{rak} / H_{tla}$$

$$\eta \text{ lämpö} = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$$

$$Q_{\text{sisilämpö}} = \eta \text{ lämpö} * Q_{\text{lämpökuorma}}$$

**Lämpökuormista
hyödynnettävä
lämpöenergia Q_{sisilämpö}**

Tu=ulkolämpötila. Taulukko L2.2 D3, ulkoilman keskilämpötila

Tamm	-3,97
helm	-4,50
maal	-2,58
huht	4,5
touko	10,76
kesä	14,23
heinä	17,30
elo	16,05
syys	10,53
loka	6,2
marras	0,5
joulu	-2,19

- kevytrakenteinen z=40
- keskiraskas I z=70
- Keskiraskas II z=110
- Raskasrakenteinen z=200

$$C_{rak} = A * z, \text{ taulukko 5.6 D5}$$

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

(erilliset mind mapit)

$$\gamma = Q_{\text{lämpökuorma}} / Q_{tla}$$

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{ikv, varastointikuorma}}$$

valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten vuosittainen lämpökuorma Q_i.
Erillinen mind map "valaistuksen ja kuluttajalaitteiden kuukausittainen lämpökuorma"

$$Q_{\text{aur}} \text{ erillinen mind map}$$

$$Q_{\text{ikv, varastointikuorma}} \text{ taulukko 6.3b RakMk D5}$$

$$Q_{\text{aur}} \text{ erillinen mind map}$$

$$Q_{\text{ikv, varastointikuorma}} \text{ taulukko 6.3b RakMk D5}$$

valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten vuosittainen lämpökuorma Q_i.
Erillinen mind map "valaistuksen ja kuluttajalaitteiden kuukausittainen lämpökuorma"

vesiradiaattori 0,8
 lattialämmitys 0,8
 η lämmitys,tilat
 Q lämmitys,tilat,netto = $Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}}$

Q lämmitys,tilat = $(Q$ lämmitys,tilat,netto / η lämmitys,tilat)

**Tilojen lämmityksen
 lämpöenergian tarve**

- pelletti 0,75
- puu 0,73
- sähkökattila 0,88
- suorasähkö 1
- kaukolämpö 0,94

$\eta_{\text{tuotto}} = \text{lämmitysenergian tuoton hyötysuhde}$

$$Q_{\text{lämmitys}} = (Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,ikv}} - Q_{\text{muu tuotto}}) / \eta_{\text{tuotto}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} / \eta_{\text{tuottoiv}}$$

pelletti 0,75

puu 0,73

sähkökattila 0,88

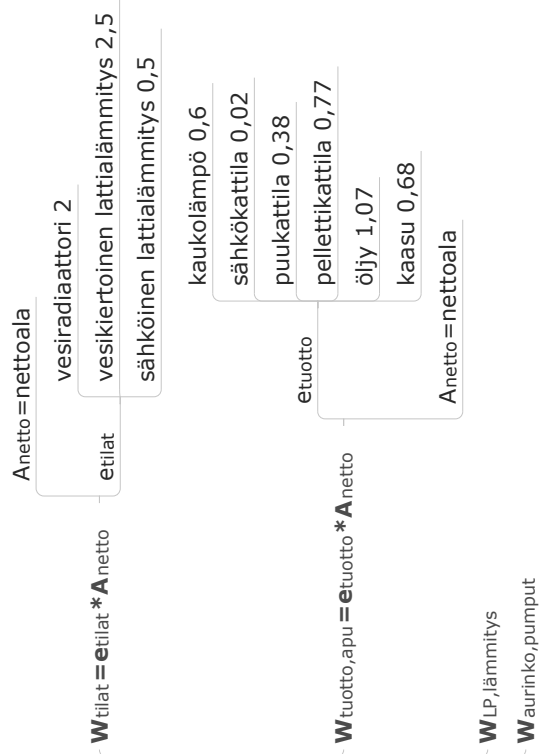
suorasähkö 1

kaukolämpö 0,94

$\eta_{\text{tuotto,iv}} = \text{ilmanvaihdon lämmityksen hyötysuhde}$

Muuna tuottona voidaan huomioida tulisija (2000kWh)

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus



W_{lämmitys} = W_{tilat} + W_{tuotto,apu} + W_{LP,lämmitys} + W_{aurinko,pumput}

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus

Jos rakennuksessa on lämminvesikierto, lasketaan sen kuluttama sähköenergia kaavalla $W_{lkv, pumppu} = 40 * 24 * 365 / 1000$

$q_{\text{aurinkokeräin}} = 156 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \text{a})$
 $A_{\text{aurinkokeräin}} = \text{aurinkokeräimen ala}$
 $K_{\text{aurinkokeräin}} = \text{aurinkokeräimen suuntauksen huomioon ottava kerroin (taulukko 6.8 RakMK D5)}$
 etelä/kaakko/lounas=1
 itä/länsi=0,8
 pohjoinen/koillinen/luode=0,6

$q_{\text{aurinkokeräin}} * A_{\text{aurinkokeräin}} * K_{\text{aurinkokeräin}}$

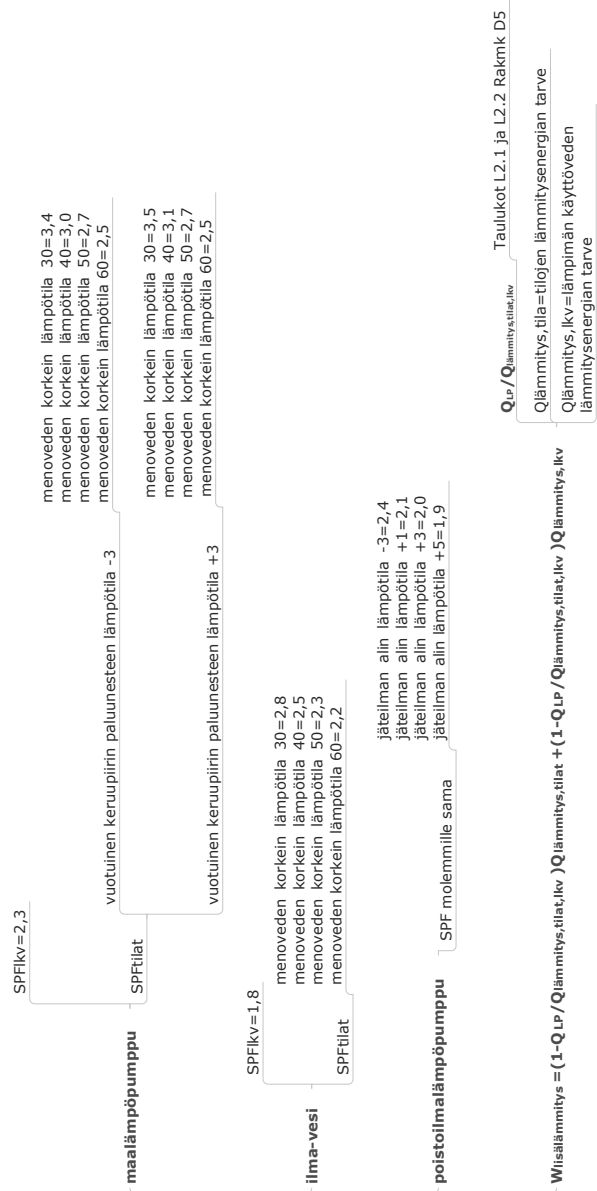
Qaurinko, lkv

Tällä tavalla laskettuna aurinkokeräin voi tuottaa korkeintaan 40% lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeesta

A=aurinkokeräinten ala [m²]

$$P = 50w + 5(w / m^2) * \text{Aurinkokeräin} * 2000$$

**Aurinkolämpöjärjestelmän
pumppujen
sähkönkulutus**



$$W_{ip, lämmitys} = Q_{ip, lämmitys, tilat} / SPF_{tilat} + Q_{ip, lämmitys, ikv} / SPF_{ikv} + W_{lisälämmitys}$$

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

Ilmalämpöpumpulla voidaan kattaa lämmityksessä 1000kWh/pumppu
 W_{ip} = 1000 / 2,8

$Q_{LP} / Q_{lämmitys, tilat, ikv}$ Taulukot L2.1 ja L2.2 Rakmk D5
 Q_{lämmitys, tila} = tilojen lämmitysenergian tarve
 Q_{lämmitys, ikv} = lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve

$$W_{lisälämmitys} = (1 - Q_{LP} / Q_{lämmitys, tilat, ikv}) Q_{lämmitys, tilat, ikv} + (1 - Q_{LP} / Q_{lämmitys, tilat, ikv}) Q_{lämmitys, ikv}$$

tammi 6,2
 helmi 22,4
 maalisk 64,3
 huhti 119,9
 touko 165,5
 kesä 168,6
 heinä 180,9
 elo 126,7
 syys 82,0
 loka 26,2
 marras 8,1
 jouluk 4,4

Gaur,hor

$Gaur = Gaur,hor * F_{asento}$

pohjoinen/koillinen/luode 0,6

F1 itä/länsi 0,8

eteitä/kaakko/lounas 1

$F_{asento} = F1 * F2$

kallistuskulma < 30 = 1

F2 kallistuskulma 30-70 = 1,2

kallistuskulma > 70 = 1

Akenno = aurinkosähkökennon pinta-ala ilman kehystä

ohutkalvotekniikalla toteutettu CdTe kenno 0,095

ohutkalvotekniikalla toteutettu CuInGaSe2 kenno 0,105

$P_{maks} = K_{maks} * A_{kenno}$

K_{maks} (taulukko 10.3. D5) muut ohutkalvotekniikalla toteutetut kennot 0,035

ohutkalvo kiteetön pii kennot 0,04-0,08

piipohjaiset monikiteiset kennot 0,1-0,16

piipohjaiset yksikiteiset kennot 0,12-0,18

Tuulettamaton moduuli 0,7

hieman tuulettu moduuli 0,75

voimakkaasti tuulettuva tai koneellisesti

tuulettu moduuli 0,8

$F_{käyttö}$ (taulukko 10.4 D5)

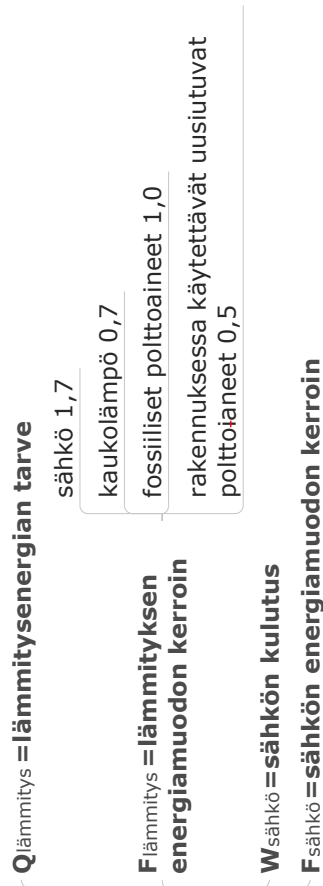
$Gaur * P_{maks} * F_{käyttö}$

**Aurinkosähkökennojen
 tuottama sähköenergia
 W_{pv}**

SFP=ilmanvaihtokoneen
 ominais sähköteho kW/(m³/s)
 qv= ilmanvaihtokoneen ilmavirta m³/s

$$SFP * q_v * 8760$$

**Ilmanvaihtojärjestelän
 sähköenergian kulutus**



$$(Q_{\text{lämmitys}} * f_{\text{lämmitys}} + (W_{\text{sähkö}} - W_{\text{käytetty oma sähkö}}) * f_{\text{sähkö}}) / A_{\text{netto}}$$

E-luku

Jos rakennuksessa huomioidaan tulisija energialuvun laskennassa vähennetään tulisijan antama energia $Q_{\text{lämmityksestä}}$ (2000kWh) ja lisätään sen käyttämä energia energiamuodon kertoimella kerrottuna. $((2000/0,6) * 0,5)$. Mikäli tulisija on yhdistetty lämmönsiirtimellä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, otetaan se laskennassa huomioon kattilaa vastaavalla tavalla