

# Energiatodistuksen laadintaesimerkki Uudispientalo

Energiatodistusoppaan 2013 liite  
25.9.2013

# Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Esimerkkirakennus</b> .....	<b>5</b>
2.1 Rakennuksen tiedot .....	6
2.2 Laskentasuureet .....	8
<b>3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus</b> .....	<b>12</b>
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus .....	12
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus .....	13
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus .....	13
3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä .....	14
<b>4 Lämmitysenergian tarve</b> .....	<b>15</b>
4.1 Lämmin käyttövesi .....	15
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve .....	15
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt .....	15
4.2 Ilmanvaihto .....	16
4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila .....	16
4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve .....	18
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve .....	20
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	20
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa .....	24
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa .....	25
4.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä .....	26
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve .....	28
4.4.1 Lämpökuormat .....	28
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia .....	35
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä .....	36
<b>5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus</b> .....	<b>38</b>
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	38
5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	39
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	40
5.4 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus .....	41
<b>6 Yhteenveto laskennan tuloksista</b> .....	<b>43</b>
6.1 Lämmitysenergian nettotarve .....	43
6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus .....	43
6.3 Ostoenergiankulutus .....	44
6.4 Kokonaisenergiankulutus .....	45
<b>7 Energiatodistus</b> .....	<b>46</b>
<b>Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat</b> .....	<b>54</b>
<b>Liite 2. Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta</b> .....	<b>55</b>

# 1 Johdanto

Tässä oppaassa lasketaan energiatodistuslain (50/2013) ja energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) mukainen rakennuksen ostoenergiankulutus ja kokonaisenergiankulutus sekä esitetään laskennan tulosten perusteella täytetty energiatodistus. Laskentamenetelmänä tässä oppaassa käytetään rakentamismääräyskoelman osan D5/2012 laskentamenetelmää.

Rakentamismääräyskoelman osassa D5 annetaan ohjeet kuukausitasolla tehtävään rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. Laskennan kulku ja tulokset on esitetty tässä oppaassa taulukkoina ja yhtälöinä. Taulukoissa on esitetty eriteltynä vuoden kaikkien kuukausien laskentatulokset ja yhtälöinä yhden tai useamman esimerkkikuukauden laskentatulokset sekä koko vuotta koskevat laskentatulokset. Yhtälöissä käytetyt merkinnät noudattavat rakentamismääräyskoelman osan D5/2012 merkintöjä. Pääasialliseksi esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joihin laskennan kulku poikkeaa tammikuusta<sup>1</sup>. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat poiketa pyöristyksistä johtuen hieman taulukoissa esitetyistä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa on syytä käyttää ensisijaisesti taulukoissa esitettyjä lukuarvoja.

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadita perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perustella selvitetään rakennuksen ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutuksen laskennassa tarvittavat lähtötiedot sekä esitetään rakennuksesta tehdyt havainnot ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisiksi arvioidut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksessa voidaan lasketun osto- ja kokonaisenergiankulutuksen lisäksi esittää rakennuksen toteutunut energiankulutus, mikäli rakennuksessa käytetty sähköenergia, kaukolämpöenergia, polttopuumäärä ja laatu sekä lämmitysöljymäärä ovat tiedossa edellisen vuoden tai vuosien osalta.

Energiatodistuksessa esitetty rakennuksen osto- ja kokonaisenergiankulutus sekä energiatehokkuusluokka lasketaan tarkasteltavan rakennuksen rakenteiden ja järjestelmien tietoja sekä energiatodistusasetuksessa esitettyjä rakennustyyppikohtaisia vakioituja lähtöarvoja käyttäen. Laskettu ostoenergiankulutus on arvio rakennuksen käyttäjän energialaskussa keskimäärin näkyvästä energiankulutuksesta. Ostoenergiankulutus sisältää rakennuksen kaikkien järjestelmien kuluttaman sähköverkosta ostetun sähkön, kaukolämpöverkosta ostetun kaukolämmön, kaukojäähdytysverkosta ostetun kaukojäähdytyksen sekä rakennuksen lämmöntuotto-laitteissa poltetut polttoaineet. Ostoenergiankulutuksen laskennassa rakennuksen asukkaiden käyttötottumuksia kuvaavat lähtöarvot, kuten ihmisten läsnäolo rakennuksessa ja valaistuksen käyttö, lasketaan rakennustyyppikohtaisilla rakennuksen käyttöä kuvaavilla vakioituilla arvoilla. Näin kahden samanlaisen rakennuksen laskennalliset ostoenergiankulutukset ovat yhtä suuria ja kahden samantyyppisen rakennuksen ostoenergiankulutukset vertailukelpoisia keskenään.

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kokonaisenergiankulutus on arvio rakennuksen ostoenergiankulutuksen aiheuttamasta energianlähteiden kulutuk-

---

<sup>1</sup> Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla varustetuissa rakennuksissa tällaisia kuukausia voivat olla esimerkiksi ne kesäkuukaudet, joihin lämmöntalteenotto ei ole käytössä.

sesta. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa sähköenergian kerroin on 1,7, kaukolämmön kerroin on 0,7, kaukojäähdytyksen kerroin on 0,4, uusiutumattomien polttoaineiden, kuten tavanomaisen lämmitysöljyn, kerroin on 1,0 ja uusiutuvien polttoaineiden, kuten polttopuun, kerroin on 0,5.

## 2 Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on yksikerroksinen uudispientalo. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 147 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on kiinni puolilämmin autotalli, jonka suunniteltu sisälämpötila on 17 °C. Rakennuksen ja autotallin välisen seinän pinta-ala on 5,75 m<sup>2</sup>. Rakennuksen energiatodistuksen laskennassa tämä yhteinen seinä otetaan lämpöhäviöissä huomioon<sup>2</sup>.

Rakennuksen kaikki tilat lämmitetään vesikiertoisella lattialämmityksellä. Lattialämmityksen menoveden mitoituslämpötila on 40 °C ja paluueden mitoituslämpötila 30 °C. Rakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on maalämpöpumppu, jossa on sähkövastus huipputehontarpeen kattamiseksi. Maalämpöpumppu on mitoitettu kattamaan 70 % rakennuksen tilojen lämmityksen mitoitustehosta. Lämpöpumppu on kytketty vaihtoventtiilin kautta kahteen erilliseen 500 litran varaajaan, joista toinen on kytketty lattialämmitysjärjestelmään ja toinen käyttövesijärjestelmään. Lämpöpumppu lämmittää varaajia vuorotellen siten, että käyttövesivaraajaa lämmitetään ensisijaisesti. Lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän virtauksen lämpötila on käyttövesivaraajan lämmityksessä korkeintaan 60 °C ja tilojen lämmityksen varaajaa lämmitettäessä korkeintaan 40 °C. Rakennuksessa on yhdellä ilmanvaihtokoneella toteutettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto, sähköinen jälkilämmityspatteri ja lämmöntalteenoton poiskytkentä tuloilman lämpötilan asetusarvon ylittyessä.

Rakennusvaipan ulkoseinän ja yläpohjan välisen liitoksen aiheuttaman viivamaisen kylmäsillan aiheuttamasta lisäkonduktanssista on tehty erilliselvitys. Muiden rakennusosien välisten liitosten lisäkonduktanssien arvoina on käytetty rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 taulukoissa 3.1–3.3 esitettyjä oletusarvoja. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta ( $q_{50}$ ) ei ole tehty erillistä selvitystä, joten ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4,0 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>).

---

<sup>2</sup> Autotallille ei laadita energiatodistusta.

## 2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Tampere	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	2014	
Valmistumisvuosi	2014	
Laskennan säävyöhyke	D3/2012 vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	erilliset pientalot, yhden asunnon talot	suunnitteluratkaisu, YM asetus 176/2013, liite 2
Kerrosten lukumäärä	yksi	suunnitteluratkaisu
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	suunnitteluratkaisu
Rakennetyyppi	D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, keskiraskas I	suunnitteluratkaisu
Puolilämpimän autotallin sisälämpötila	17 °C	suunnitteluratkaisu

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämmöntuottojärjestelmä	maalämpöpumppu	suunnitteluratkaisu
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen lattialämmitys	suunnitteluratkaisu
Lattialämmityksen meno- ja paluuveden mitoitustilalämpötila	menovesi 40 °C paluuvesi 30 °C	suunnitteluratkaisu
Maapiiristä lämpöpumpulle tulevan nesteen lämpötilan vuosikeskiarvo	3 °C	suunnitteluratkaisu
Lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkein lämpötila tilojen lämmityksessä	40 °C	suunnitteluratkaisu
Lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkein lämpötila käyttöveden lämmityksessä	60 °C	suunnitteluratkaisu
Lämmitysjärjestelmän puskurivaraajan tilavuus	500 L (100 mm eristys)	suunnitteluratkaisu

Taulukko 3. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	lämpöpumppu	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden varaaja	500 L (100 mm eristys)	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden kierto	ei ole	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden siirtoputkien eristys	YM asetus 176/2013 liite 1 taulukko 5: ei kiertoa, eristetty, parempi	suunnitteluratkaisu

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	koneellinen tulo- poistoilmanvaihto	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	yksi	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä	kyllä	suunnitteluratkaisu
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä	suunnitteluratkaisu
Tuloilman jälkilämmityksen lämmönlähde	sähkövastus	suunnitteluratkaisu
Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	80 %	laitevalinta, valmistajan ilmoittama arvo
Jäteilman alin mahdollinen lämpötila	3 °C	laitevalinta, valmistajan ilmoittama arvo

Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila = sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo – lämpötilan nousu puhaltimessa

Taulukko 5. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja jälkilämmityksen kuukausi aikataulu

ILMANVAIHDON LÄMMÖNTALTEENOTTO JA JÄLKILÄMMITYS		
Kuukausi	Lämmöntalteenotto päällä	Jälkilämmitys päällä
Tammikuu	kyllä	kyllä
Helmikuu	kyllä	kyllä
Maaliskuu	kyllä	kyllä
Huhtikuu	kyllä	kyllä
Toukokuu	kyllä	kyllä
Kesäkuu	kyllä	kyllä
Heinäkuu	ei	ei
Elokuu	ei	ei
Syyskuu	kyllä	kyllä
Lokakuu	kyllä	kyllä
Marraskuu	kyllä	kyllä
Joulukuu	kyllä	kyllä

## 2.2 Laskentasuureet

Taulukko 6. Perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	147,0	m <sup>2</sup>	suunnitteluratkaisu	$A_{netto}$
Sisälämpötila	21,0	°C	D3/2012 taulukko 2 (Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo)	$T_s$
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	D5/2012 kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	4,0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 4	$q_{50}$
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	35	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	$x$
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	70	Wh/(m <sup>2</sup> K)	D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, keskiraskas I	$C_{rak,omin}$

Taulukko 7. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	$U$ W/(m <sup>2</sup> °C)	$A$ m <sup>2</sup>	$T_u$ °C	$UA$ W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	0,17	107,25	Ulkolämpötila	18,2
Ulkoseinä puolilämpimään tilaan	0,17	5,75	Puolilämmin tila	1,0
Yläpohja	0,09	147,00	Ulkolämpötila	13,2
Alapohja	0,17	147,00	Maaperä	25,0
Ikkunat	1,00	24,40	Ulkolämpötila	24,4
Ovet	1,00	8,20	Ulkolämpötila	8,2
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)		439,6		

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin.

Taulukko 8. Kylmäsiilat

KYLMÄSILLAT	$L$ m	$\Psi$ W/(m °C)	$T_u$ °C	$L\Psi$ W/°C
Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	56,5	0,05	Ulkolämpötila	2,83
Ulkoseinän ja alapohjan liitos	56,5	0,17	Ulkolämpötila	9,61
Ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	17,5	0,04	Ulkolämpötila	0,70
Ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	7,5	-0,04	Ulkolämpötila	-0,30
Ikkunaliitos	63,4	0,04	Ulkolämpötila	2,54
Oviliitos	24,0	0,04	Ulkolämpötila	0,96
Yhteensä				16,33



Taulukko 9. Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,80	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C maata vasten rajoituvassa rakenteessa	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C maata vasten rajoituvassa rakenteessa	$e_{\text{tilat}}$
Lämpöpumpun nimellistehon ja tilojen lämmityksen mitoitus-tehon suhde	0,70	-	rakennuksen mitoitusolojen lämmitystehontarpeen ja lämpöpumppuvalinnan perusteella	$\frac{\phi_{LP}}{\phi_{\text{tila}}}$
Lämpöpumpun vuosihyötysuhde tilojen lämmityskäytössä	3,1	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 13: menoveden korkein lämpötila 40 °C, maapiiristä tulevan nesteen lämpötila 3 °C	$SFP_{\text{tilat}}$
Lämpöpumpun vuosihyötysuhde käyttöveden lämmityskäytössä	2,3	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 13: menoveden korkein lämpötila 60 °C, maapiiristä tulevan nesteen lämpötila 3 °C	$SFP_{\text{lkv}}$
Lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan	0	kWh/a	ei lämmittämättömän tilan läpi kulkevaa jakelujärjestelmää	$Q_{\text{jakelu,ulos}}$
Lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan	567	kWh/a	500 litran varaajan häviöt interpoloituina D5/2012 kohdan 6.4.1 mukaisesti	$Q_{\text{varastointi,ulos}}$

Taulukko 10. Käyttövesi

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m <sup>2</sup> a)	D3/2012 taulukko 5, YM asetus 5/13 huomioiden	
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeen yläraja	4200	kWh/a	D3/2012 taulukko 5, YM asetus 5/13 huomioiden	
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen häviö	850	kWh/a	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 8	$Q_{\text{lkv,varastointi}}$
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,92	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 5: erillinen pientalo sekä riivi- ja ketjutalot: ei kiertoa, eristetty, parempi	$\eta_{\text{lkv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	0	kWh/a	ei kiertojohtoa	$Q_{\text{lkv,kierto}}$

Taulukko 11. Ilmanvaihto

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,71	-	Valmistajan ilmoittama arvo (YM Monisteen 122 mukaisesti lasketuna)	$\eta_{a,ivkone}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	58,8	L/s	D3/2012 taulukko 2	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	58,8	L/s	D3/2012 luku 3.2 (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suurina)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihtokoneen sähköteho käytönajan tehostamattomilla ilmavirroilla	134	W	valmistajan ilmoittama arvo	-
Ilmanvaihdon käytönajan tehostamaton poistoilmavirta (SFP-luvun laskennassa)	67,0	L/s	suunnitteluratkaisu	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon käytönajan tehostamaton tuloilmavirta (SFP-luvun laskennassa)	62,0	L/s	suunnitteluratkaisu	$q_{v,tulo}$
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	suunnitteluratkaisu	$T_{sp}$
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	D5/2012 luku 3.4	$\Delta T_{puhallin}$
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhte h/(24 h)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	$t_d$
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte vrk/(7 vrk)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	$t_v$

Taulukko 12. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Rakennuksen viikoittainen käyttöaikasuhte h/(24 h)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Rakennuksen kuukausittainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	3	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,6	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen ominaisteho	8	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen käyttöaste	0,1	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Lämpökuorma ihmisistä	2	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-

Taulukko 13. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Pohj.	Itä	Etelä	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m <sup>2</sup>	8,8	1,3	11,1	3,2	suunnitteluratkaisu	$A_{ikk}$
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,50	0,50	0,50	0,50	suunnitteluratkaisu (valmistajan ilmoittama arvo)	$g$
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	D5/2012 kohta 5.3.4 oletusarvo	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	suunnitteluratkaisu: D5/2012 taulukko 5.2, valkoiset kaihtimet lasien sisäpuolella	$F_{verho}$
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$
Ympäristökerroin	-	D5/2012 taulukko 5.3 kullalla 15°				suunnitteluratkaisu	$F_{ympäristö}$

### 3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien aiheuttamaa lämpökuormaa tarvitaan tilojen lämmitysenergiantarpeen laskennassa, siksi niiden sähkönkulutuksen laskenta esitetään tässä luvussa ennen lämmitysenergiantarpeen ja -järjestelmien laskentaa. Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien laskennassa noudatetaan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 luvussa 3 annettuja määräyksiä. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 3 annettuja lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi D3/2012 taulukossa 3 esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Näiden tulona saadaan edelleen kuukausittainen käyttöaika eli käyttöajan osuus kuukauden tuntien kokonaismäärästä. Pientalon käyttöaika on 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan siis

---

$$\begin{matrix} D3/2012 \text{ taulu-} \\ \text{kosta 3} \end{matrix} \quad \left( \begin{matrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{matrix} \right) = \left( \begin{matrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{matrix} \right) \cdot \left( \begin{matrix} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{matrix} \right) \quad (1)$$

$$\begin{matrix} \text{koko vuosi} \end{matrix} \quad \left( \begin{matrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{matrix} \right) = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \%$$

---

Rakennus on siis käytössä kuukauden jokaisena tuntina. Käyttöaste on se osuus rakennuksen kuukausittaisesta käyttöajasta, jona laitteet ja valaistus ovat päällä. Rakennuksen laitteiden käyttöaste on 0,6 eli laitteiden oletetaan olevan päällä 60 % rakennuksen käyttöajasta (60 % kuukauden tunneista). Rakennuksen valaistuksen käyttöaste on 0,1, eli valaistuksen oletetaan olevan päällä 10 % rakennuksen käyttöajasta (10 % kuukauden tunneista).

#### 3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 3 W/m<sup>2</sup>. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 147 m<sup>2</sup>, joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

---

$$\begin{matrix} D3/2012 \text{ taulukosta 3} \end{matrix} \quad \left( \begin{matrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{matrix} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (2)$$

$$\begin{matrix} \text{teho} \end{matrix} \quad \left( \begin{matrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{matrix} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 147 \text{ m}^2 = 441 \text{ W}$$

---

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä D3/2012 taulukossa 3 esitettyinä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomi-

oidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

$$W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{käyttöaste} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{smallmatrix}\right) \quad (3)$$

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{441}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 196,9 \text{ kWh}$$

### 3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan  $8 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $147 \text{ m}^2$ , joten valaistuksen tehoksi saadaan

$$\text{D3/2012 taulukosta 3} \quad \left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right) = 8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right) = 8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 147 \text{ m}^2 = 1176 \text{ W}$$

Tällä teholla valaistuksen siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun valaistus on päällä D3/2012 taulukossa 3 esitettyä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Valaistuksen sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

$$\text{D3/2012 taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain} \quad W_{\text{valaistus}} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{käyttöaste} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{smallmatrix}\right) \quad (5)$$

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{valaistus}} = \frac{1176}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 87,5 \text{ kWh}$$

### 3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan D5/2012 kaavalla 7.1. Kaavassa tarvittava ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP-luku) lasketaan D5/2012 kaavalla 7.2. Ominaissähköteho lasketaan rakennuksen käytönajan tehostamattomilla suunnitteluilmavirroilla, vaikka muuten E-luvun laskennassa käytetäänkin rakentamismääräyskokoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja. Tämä rakennus on suunniteltu varustettavaksi yhdellä ilmanvaihtokoneella. Ilmanvaihtokoneen valmistajan ilmoittama sähköteho on  $134 \text{ W}$  suunnitelluilla käytönajan tehostamattomilla ilmavirroilla ja painetasoilla. Rakennuksen suunniteltu käytönajan tehostamaton poistoilmavirta on  $0,067 \text{ m}^3/\text{s}$  ja tuloilmavirta  $0,062 \text{ m}^3/\text{s}$ . SFP-luvun laskennassa käytetään suurempaa näistä kahdesta ilmavirrasta. SFP-luvuksi saadaan näin

D5/2012 kaava 7.2

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_{v,poisto}} \quad (6)$$

koko vuosi

$$SFP = \frac{0,134}{0,067} = 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$$

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksen laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja ja käyntiaikoja. Tämän rakennustyyppin ilmanvaihto on aina päällä. Sähkönkulutukseksi saadaan näin

D5/2012 kaava 7.1

$$W_{ilmanvaihto} = SFP \cdot q_{v,poisto} \Delta t \quad (7)$$

koko vuosi

$$W_{ilmanvaihto} = 2,0 \cdot 0,0588 \cdot 8760 = 1030,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole muuta sähkönkulutusta. Ilmanvaihtojärjestelmän jälkilämmityspatterin tarvitsema sähköenergia lasketaan lämmitysjärjestelmän osana.

### 3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty taulukossa 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittävät huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 4.4.1 lämpökuormien laskennassa.

Taulukko 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet $W_{kuluttajalaitteet}$ kWh	Valaistus $W_{valaistus}$ kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	196,9	87,5	284,4
Helmikuu	177,8	79,0	256,8
Maaliskuu	196,9	87,5	284,4
Huhtikuu	190,5	84,7	275,2
Toukokuu	196,9	87,5	284,4
Kesäkuu	190,5	84,7	275,2
Heinäkuu	196,9	87,5	284,4
Elokuu	196,9	87,5	284,4
Syyskuu	190,5	84,7	275,2
Lokakuu	196,9	87,5	284,4
Marraskuu	190,5	84,7	275,2
Joulukuu	196,9	87,5	284,4
Koko vuosi	2317,9	1030,2	3348,1

## 4 Lämmitysenergian tarve

### 4.1 Lämmin käyttövesi

#### 4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukon 5 arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergiantarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan  $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $147 \text{ m}^2$ , joten lämpimän käyttöveden nettoenergiantarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

---

$$\text{D3/2012 taulukosta 5} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (8)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 147 \text{ m}^2 = 5145 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve ylittää nyt rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 kohdassa 3.4.1 esitetyn rakennusluokkakokohtaisen ylärajan  $4200 \text{ kWh/a}$  (YM asetus 5/13)<sup>3</sup>. Käyttöveden lämmitysenergian nettotarve asetetaan siten yhtä suureksi, kuin lämmitysenergian rakennusluokkakokohtainen yläraja

---

$$\text{D3/2012 kohta 3.4.1} \quad Q_{lkv,netto} = 4200 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

---

#### 4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt

##### a) Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten kiertojohtoon lämpöhäviöitä ei ole

---

$$Q_{lkv,kierto} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (10)$$

---

##### b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöt saadaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 8. Rakennuksen käyttövesivaraajan tilavuus on  $500 \text{ dm}^3$  ja siinä on  $100 \text{ mm}$  eriste. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöksi saadaan siten arvo  $850 \text{ kWh/a}$

---

<sup>3</sup> D3:n muutos, ympäristöministeriön asetus 5/2013 (annettu 27.2.2013, astuu voimaan 1.6.2013).

---

YM asetuksen 176/2013  
liitteen 1 taulukosta 8

$$Q_{lkv,varastointi} = 850 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (11)$$

---

Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöt voidaan jakaa kuukausittaisiksi häviöiksi kuukausien pituuden perusteella. Käyttöveden varastoinnin häviöiksi saadaan siten esimerkiksi tammikuussa

---

YM asetuksen 176/2013  
liitteen 1 taulukosta 8

$$Q_{lkv,varastointi} = \left( \frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot \left( \frac{\text{käyttöveden}}{\text{varastointihäviöt}} \right) \cdot \left( \frac{\text{vuodessa}}{\text{vuodessa}} \right) \quad (12)$$

tammikuu

$$Q_{lkv,varastointi} = \frac{744}{8760} \cdot 850 = 72,2 \text{ kWh}$$

---

## 4.2 Ilmanvaihto

### 4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012 kohta 3.3.7 huomioiden. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi on tässä rakennuksessa määritetty laitetietojen mukaisia lämpötilasuhteita ja ympäristöministeriön monistetta 122<sup>4</sup> käyttäen arvo 0,71.

Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto kytkeytyy automaattisesti pois päältä tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon ylittyessä. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvoksi on tässä rakennuksessa valittu 17 °C. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötilassa on huomioitu tuloilmapuhaltimen ilmavirtaa lämmittävä vaikutus. Tässä laskelmassa ilmavirran lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C D5/2012 kohdan 3.4.1 mukaisesti. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila on siten 16,5 °C. Lämmöntalteenotto on lisäksi tässä rakennuksessa kytketty kokonaan pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen vaikutus tuloilman lämpötilaan on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 15. Taulukossa on esitetty tuloilman lämpötila myös siinä tapauksessa, että lämmöntalteenotto olisi aina päällä eikä poiskytkentä olisi käytössä.

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.12. Kaavaan voidaan ensin sijoittaa D5/2012 kaava 3.13 laskennan yksinkertaistamiseksi. Näin saadaan seuraava yhtälö

---

D5/2012 kaava 3.12  
D5/2012 kaava 3.13  
sijoitettuna

$$T_{lto} = T_u + \frac{\eta_{a,ivkone} q_{v,poiisto} (T_s - T_u)}{q_{v,tulo}} \quad (13)$$

---

Tulo- ja poistoilmavirrat ovat nyt tässä laskelmassa yhtä suuret, jolloin kaavalle (13) saadaan seuraava muoto

---

<sup>4</sup> Päivitetty YM:n moniste 122 löytyy ympäristöministeriön verkkosivuilta osana ”Tasauslaskenta 2012”-opasta.



$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (14)$$

a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

$$\text{kaava (14)} \quad T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (15)$$

$$\text{tammikuu} \quad T_{lto} = -3,97 + 0,71 \cdot (21 - (-3,97)) = 13,759 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila on siis noin 13,8 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, jossa tuloilman lämpötila nousee vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila on siten noin 14,3 °C.

b) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila toukokuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan toukokuussa

$$\text{kaava (14)} \quad T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (16)$$

$$\text{toukokuu} \quad T_{lto} = 10,76 + 0,71 \cdot (21 - 10,76) = 18,030 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila olisi noin 18,0 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, joka lämmittää tuloilmaa vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila olisi siten noin 18,5 °C. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää nyt sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylityksessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C

$$\text{LTO poiskytkentäraja} \quad T_{lto} = T_{sp} - \Delta T_{puhallin} \quad (17)$$

$$\text{toukokuu} \quad T_{lto} = 17,0 - 0,5 = 16,5 \text{ °C}$$

c) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila heinäkuussa

Heinäkuussa lämmöntalteenotto on kytketty pois päältä (taulukko 5). Huonetilaan tuodaan nyt suoraan ulkoilmaa, joka lämpenee hieman tuloilmapuhaltimessa. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko 33). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C.

Taulukko 15. Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Kuukausi	$T_{lto}$ aina päällä °C	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$ aina päällä °C	$T_{lto}$ aina päällä (poiskytkennällä) °C	$T_{lto}$ aikataululla <sup>*)</sup> ja poiskytkennällä °C	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$ aikataululla ja poiskytkennällä °C
Tammikuu	13,76	14,26	13,76	13,76	14,26
Helmikuu	13,61	14,11	13,61	13,61	14,11
Maaliskuu	14,16	14,66	14,16	14,16	14,66
Huhtikuu	16,22	16,72	16,22	16,22	16,72
Toukokuu	18,03	18,53	16,50	16,50	17,00
Kesäkuu	19,04	19,54	16,50	16,50	17,00
Heinäkuu	19,93	20,43	16,50	17,30	17,80
Elokuu	19,56	20,06	16,50	16,05	16,55
Syyskuu	17,96	18,46	16,50	16,50	17,00
Lokakuu	16,71	17,21	16,50	16,50	17,00
Marraskuu	15,06	15,56	15,06	15,06	15,56
Joulukuu	14,27	14,77	14,27	14,27	14,77

<sup>\*)</sup> Aikataulu tarkoittaa lämmöntalteenoton mahdollista poiskytkentää kalenterikuukauden mukaan.

#### 4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.11. Puhaltimen vaikutus on huomioitu valmiiksi D5/2012 kaavassa 3.11, jossa siten käytetään lämmöntalteenoton jälkeistä lämpötilaa. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on laskettu luvussa 4.2.1. Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneessa on jälkilämmitys, joka lämmittää tuloilman lämmöntalteenoton jälkeisestä lämpötilasta sisäänpuhalluslämpötilaan. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo on tässä rakennuksessa laskelmassa 17 °C. Sisäänpuhalluslämpötila (jälkilämmityksen jälkeinen tuloilman lämpötila), lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila (tuloilman lämpötila ennen jälkilämmitystä ja puhallinta) ja ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve on esitetty taulukossa 16. Lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys on kytketty pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi (taulukko 5).

##### a) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tammikuussa

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan D5/2012 kaavasta 3.11 tammikuussa

$$\begin{matrix} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{3.11} \end{matrix} \quad Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (18)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0588 \cdot (17 - 0,5 - 13,759) \cdot 744}{1000} = 143,8 \text{ kWh}$$

##### b) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve toukokuussa

Toukokuussa lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää

sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan nyt D5/2012 kaavasta 3.11 toukokuussa

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{3.11} \end{array} \quad Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (19)$$

$$\text{toukokuu} \quad Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0588 \cdot (17 - 0,5 - 16,5) \cdot 744}{1000} = 0 \text{ kWh}$$

Toukokuussa tässä rakennuksessa ei siis ole tarvetta lämmittää tuloilmaa lämmöntalteenoton jälkeen, koska tuloilman lämpötila on lämmöntalteenoton jälkeen 16,5 °C ja lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta vielä 0,5 °C saavuttaen näin sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C ilman jälkilämmitystä. Taulukoista 15 ja 16 nähdään, että sama tilanne on tässä rakennuksessa myös kesä-, syys- ja lokakuussa.

### c) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve heinä- ja elokuussa

Heinäkuussa lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmityspatteri ovat pois päältä (taulukko 5). Huonetilaan tuodaan nyt suoraan ulkoilmaa, joka lämpenee hieman tuloilmapuhaltimessa. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve on 0 kWh.

Taulukko 16. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja tuloilman lämpötila

Kuukausi	Tuloilma lto:n jälkeen	Sisäänpuhalluslämpötila	Lämmitysenergian nettotarve
	$T_{lto}$	$T_{sp}$	$Q_{iv}$
	°C	°C	kWh
Tammikuu	13,76	17,00	143,9
Helmikuu	13,61	17,00	137,3
Maaliskuu	14,16	17,00	122,7
Huhtikuu	16,22	17,00	14,5
Toukokuu	16,50	17,00	0,0
Kesäkuu	16,50	17,00	0,0
Heinäkuu	17,30	17,80	0,0
Elokuu	16,05	16,55	0,0
Syyskuu	16,50	17,00	0,0
Lokakuu	16,50	17,00	0,0
Marraskuu	15,06	17,00	73,4
Joulukuu	14,27	17,00	116,8
Koko vuosi			608,6

## 4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

### 4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt muodostuvat ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöistä sekä viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamista lämpöhäviöistä. Näiden lisäksi lämpöhäviöitä voi olla rakennusta ympäröiviin puolilämpimiin tiloihin. Tässä rakennuksessa tällainen puolilämmin tila on rakennuksen yhtä ulkoseinää vasten oleva puolilämmin autotalli. Ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt lasketaan D5/2012 kaavalla 3.4 ja viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt D5/2012 kaavalla 3.5. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 19.

#### a) Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi

Rakennuksen kaikkien ulkoseinien lämmönläpäisykerroin on yhtä suuri. Pinta-alana voidaan näin käyttää rakennuksen kaikkien ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien yhteenlaskettua pinta-alaa. Jos rakennuksessa on lämmönläpäisykerroimeltaan toisistaan poikkeavia ulkoseiniä, lasketaan kunkin lämmönläpäisykerroimeltaan samanlaisen osan johtumislämpöhäviöt erikseen D5/2012 kaavalla 3.4 ennen ulkoseinien johtumislämpöhäviöiden yhteen laskemista. Tässä rakennuksessa on lisäksi yksi puolilämpimään autotalliin rajoittuva ulkoseinä. Sen johtumislämpöhäviöt lasketaan erikseen kohdassa f).

Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (20)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,17 \cdot 107,25 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 338,7 \text{ kWh}$$

---

#### b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

Yläpohjan johtumislämpöhäviöt lasketaan samalla tavalla kuin edellä lasketut ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien lämpöhäviöt. Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi ovat tammikuussa

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (21)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{0,09 \cdot 147 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 245,8 \text{ kWh}$$

---

#### c) Johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

Alapohjan lämpöhäviöiden laskennassa käytettävä ulkolämpötila riippuu alapohjan toteutustavasta. Tässä rakennuksessa on maanvarainen alapohja, jolloin ulkolämpötilana käytetään alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava maan vuosittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.6.

D5/2012 kaavassa 3.6 tarvittava ulkolämpötilan vuotuinen keskilämpötila on 5,57 °C. Tämä arvo saadaan D3/2012 taulukosta L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero. Tämän eron arvona voidaan käyttää D5/2012 luvun 3.2.4 ohjearvoa 5 °C. Edellä esitetyn perusteella alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila on

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.6 \quad Q_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (22)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad T_{maa,vuosi} = 5,57 + 5 = 10,57 \text{ °C}$$


---

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan D5/2012 taulukosta 3.4. Nämä molemmat edellä mainitut arvot on esitetty taulukossa 17. Tammikuussa vuosi- ja kuukausikeskilämpötilojen ero on 0 °C. Alapohjan alapuolisen maan keskilämpötila on siten tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.7 \quad Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (23)$$

$$tammikuu \quad T_{maa,kuukausi} = 10,57 + 0 = 10,57 \text{ °C}$$


---

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi voidaan nyt laskea D5/2012 kaavalla 3.4 käyttämällä ulkolämpötilana edellä laskettua maan kuukausittaista keskilämpötilaa. Johtumislämpöhäviöksi saadaan näin tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (24)$$

$$tammikuu \quad Q_{alapohja} = \frac{0,17 \cdot 147 \cdot (21 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 193,9 \text{ kWh}$$


---

Taulukko 17. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila $T_{maa, kuukausi}$ °C	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus $\Delta T_{maa, kuukausi}$ °C
Tammikuu	10,57	0,0
Helmikuu	9,57	-1,0
Maaliskuu	8,57	-2,0
Huhtikuu	7,57	-3,0
Toukokuu	7,57	-3,0
Kesäkuu	8,57	-2,0
Heinäkuu	10,57	0,0
Elokuu	11,57	1,0
Syyskuu	12,57	2,0
Lokakuu	13,57	3,0
Marraskuu	13,57	3,0
Joulukuu	12,57	2,0
koko vuosi	10,57	0,0

d) Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi

Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi lasketaan samalla tavalla kuin edellä lasketut ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien lämpöhäviöt. Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi ovat tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (25)$$

$$tammikuu \quad Q_{ikkunat} = \frac{1,0 \cdot 24,4 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 453,3 \text{ kWh}$$

e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

Johtumislämpöhäviöt ovien läpi lasketaan samalla tavalla kuin edellä lasketut ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien lämpöhäviöt. Johtumislämpöhäviöt ovien läpi ovat tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (26)$$

$$tammikuu \quad Q_{ovet} = \frac{1,0 \cdot 8,2 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 152,3 \text{ kWh}$$

f) Johtumislämpöhäviöt puolilämmintä tilaa vasten olevan ulkoseinän läpi

Yksi talon ulkoseinistä rajoittuu puolilämpimään autotalliin. Tämän seinän johtumislämpöhäviöt lasketaan käyttämällä D5/2012 kaavassa 3.4 ulkolämpötilana puolilämpimän tilan sisälämpötilaa. Sisälämpötila on

tässä tapauksessa 17 °C. Johtumislämpöhäviöt puolilämmintä tilaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat edellä esitetyn perusteella tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{muu} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (27)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{muu} = \frac{0,17 \cdot 5,75 \cdot (21 - 17) \cdot 744}{1000} = 2,9 \text{ kWh}$$

### g) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Johtumislämpöhäviö viivamaisista kylmäsilloista lasketaan D5/2012 kaavalla 3.5. Ulkoseinien ja puolilämpimän autotallin välinen kylmäsilta oletetaan tässä esimerkissä merkitykseltään vähäiseksi ja jätetään siksi huomioimatta. Edellä mainitun oletuksen puitteissa kaikki rakennuksen kylmäsillat ovat yhteydessä ulkoilmaan, joten kylmäsiltojen konduktanssien ja pituuksien tulot voidaan laskea yhteen ja käyttää tätä summaa D5/2012 kaavassa 3.5. Tämä summa on esitetty taulukossa 8. Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista ovat edellä esitetyn perusteella tammikuussa yhteensä

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.5 \quad Q_{kylmäsillat} = \frac{(\sum l_k \Psi_k) \cdot (T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (28)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{kylmäsillat} = \frac{16,33 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 303,3 \text{ kWh}$$

Viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat johtumislämpöhäviöt on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kuukausi	US-YP kWh	US-AP kWh	US-US (ulkonurkka) kWh	US-US (sisänurkka) kWh	Ikkunat kWh	Ovet kWh	Yhteensä $Q_{kylmäsillat}$ kWh
Tammikuu	52,5	178,4	13,0	-5,6	47,1	17,8	303,3
Helmikuu	48,4	164,6	12,0	-5,1	43,5	16,5	279,8
Maaliskuu	49,6	168,5	12,3	-5,3	44,5	16,8	286,4
Huhtikuu	33,6	114,1	8,3	-3,6	30,1	11,4	194,0
Toukokuu	21,5	73,2	5,3	-2,3	19,3	7,3	124,4
Kesäkuu	13,8	46,8	3,4	-1,5	12,4	4,7	79,6
Heinäkuu	7,8	26,4	1,9	-0,8	7,0	2,6	44,9
Elokuu	10,4	35,4	2,6	-1,1	9,3	3,5	60,1
Syyskuu	21,3	72,4	5,3	-2,3	19,1	7,2	123,1
Lokakuu	31,1	105,8	7,7	-3,3	27,9	10,6	179,8
Marraskuu	41,7	141,8	10,3	-4,4	37,4	14,2	241,0
Joulukuu	48,7	165,7	12,1	-5,2	43,8	16,6	281,7
Koko vuosi	380,3	1293,1	94,2	-40,4	341,4	129,2	2197,9

Taulukossa US tarkoittaa ulkoseiniä, YP yläpohjaa ja AP alapohjaa.

### h) Johtumislämpöhäviöiden summa

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden summa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.3. Johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

$$\text{D5/2012 kaava 3.3} \quad Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} + Q_{\text{kylmäsillat}} + Q_{\text{muu}} \quad (29)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{joht}} = 338,7 + 245,8 + 193,9 + 453,3 + 152,3 + 2,9 + 303,3 = 1690,3 \text{ kWh}$$

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät $Q_{\text{ulkoseinät}}$ kWh	Yläpohja $Q_{\text{yläpohja}}$ kWh	Alapohja $Q_{\text{alapohja}}$ kWh	Ikkunat $Q_{\text{ikkunat}}$ kWh	Ovet $Q_{\text{ovet}}$ kWh	Puolilämpimään tilaan $Q_{\text{muu}}$ kWh	Kylmäsillat $Q_{\text{kylmäsillat}}$ kWh	Yhteensä $Q_{\text{joht}}$ kWh
Tammikuu	338,7	245,8	193,9	453,3	152,3	2,9	303,3	1690,3
Helmi	312,4	226,7	192,0	418,1	140,5	2,6	279,8	1572,1
Maaliskuu	319,9	232,1	231,1	428,1	143,9	2,9	286,4	1644,3
Huhtikuu	216,6	157,2	241,7	289,9	97,4	2,8	194,0	1199,5
Toukokuu	138,9	100,8	249,7	185,9	62,5	2,9	124,4	865,1
Kesäkuu	88,9	64,5	223,7	118,9	40,0	2,8	79,6	618,3
Heinäkuu	50,2	36,4	193,9	67,2	22,6	2,9	44,9	418,1
Elokuu	67,1	48,7	175,3	89,9	30,2	2,9	60,1	474,3
Syyskuu	137,4	99,7	151,7	183,9	61,8	2,8	123,1	760,5
Lokakuu	200,8	145,7	138,2	268,7	90,3	2,9	179,8	1026,2
Marraskuu	269,1	195,3	133,7	360,1	121,0	2,8	241,0	1323,1
Joulukuu	314,6	228,3	156,8	421,0	141,5	2,9	281,7	1546,6
Koko vuosi	2454,6	1781,1	2281,6	3284,9	1104,0	34,3	2197,9	13138,5

### 4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan D3/2012 kaavalla 5 (D5/2012 kaava 3.9). Rakennuksessa on yksi kerros, joten kaavassa tarvittavan kertoimen  $x$  arvo on 35. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta ei ole tehty erillistä selvitystä, joten rakennusvaipan ilmanvuotolukuna ( $q_{50}$ ) käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa  $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Tätä arvoa käytetään, jos rakennuslupa on laitettu vireille vuonna 2012 tai sen jälkeen. Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 7. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esiteillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena



---

D3/2012 kaava 5  
(D5/2012 kaava 3.9)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50} A_{vaiippa}}{3600x} \quad (30)$$

kaikki kuukaudet

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{4 \cdot 439,6}{3600 \cdot 35} = 0,01396 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

D5/2012 kaava 3.8

$$Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (31)$$

tammikuu

$$Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,01396 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 311,1 \text{ kWh}$$

---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 20.

### 4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.14. Kaavassa käytetty sisäänpuhalluslämpötila on esitetty taulukossa 16. Tuloilman lämmitysenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 20. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012 kohta 3.3.7 huomioiden.

#### a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

Tammikuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat käytössä, jolloin sisäänpuhalluslämpötila 17 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten tammikuussa

---

D5/2012 kaava 3.14

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (32)$$

tammikuu

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0588 \cdot (21 - 17) \cdot 744}{1000} = 210,0 \text{ kWh}$$

#### b) Tuloilman lämpeneminen tilassa heinäkuussa

Heinäkuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko 33). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten heinäkuussa

---

D5/2012 kaava 3.14 
$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (33)$$

heinäkuu 
$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0588 \cdot (21 - 17,8) \cdot 744}{1000} = 168,0 \text{ kWh}$$

---

### c) Tuloilman lämpeneminen tilassa elokuussa

Elokuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto on pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on elokuussa 16,05 °C (taulukko 33). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 16,55 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten elokuussa

---

D5/2012 kaava 3.14 
$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (34)$$

elokuu 
$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0588 \cdot (21 - 16,55) \cdot 744}{1000} = 233,6 \text{ kWh}$$

---

## 4.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti D5/2012 kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa<sup>5</sup>. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 20. Kokonaisenergiatarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtäsuuret, joten korvausilmavirtaa ei ole.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

---

D5/2012 kaava 3.2 
$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (35)$$

tammikuu 
$$Q_{tila} = 1690,3 + 311,1 + 210,0 + 0 = 2211,4 \text{ kWh}$$

---

<sup>5</sup> Tuloilman lämmittäminen sisäänpuhalluslämpötilaan lasketaan kohdassa 5.3 osana lämmitysjärjestelmän energiantarvetta, kohdassa 0. lasketun ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeen avulla.

Taulukko 20. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen $Q_{joht}$ kWh	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh	Tuloilma $Q_{iv,tuloilma}$ kWh	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh	Yhteensä $Q_{tila}$ kWh
Tammikuu	1690,3	311,1	210,0	0,0	2211,4
Helmikuu	1572,1	287,0	189,7	0,0	2048,8
Maaliskuu	1644,3	293,8	210,0	0,0	2148,1
Huhtikuu	1199,5	199,0	203,2	0,0	1601,7
Toukokuu	865,1	127,6	210,0	0,0	1202,6
Kesäkuu	618,3	81,6	203,2	0,0	903,2
Heinäkuu	418,1	46,1	168,0	0,0	632,2
Elokuu	474,3	61,7	233,6	0,0	769,6
Syyskuu	760,5	126,2	203,2	0,0	1090,0
Lokakuu	1026,2	184,4	210,0	0,0	1420,6
Marraskuu	1323,1	247,2	203,2	0,0	1773,4
Joulukuu	1546,6	288,9	210,0	0,0	2045,6
Koko vuosi	13138,5	2254,6	2454,0	0,0	17847,1

Taulukko 21. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaan kohden

Kuukausi	Johtuminen $Q_{joht}$ kWh/m <sup>2</sup>	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh/m <sup>2</sup>	Tuloilma $Q_{iv,tuloilma}$ kWh/m <sup>2</sup>	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh/m <sup>2</sup>	Yhteensä $Q_{tila}$ kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	11,50	2,12	1,43	0,00	15,04
Helmikuu	10,69	1,95	1,29	0,00	13,94
Maaliskuu	11,19	2,00	1,43	0,00	14,61
Huhtikuu	8,16	1,35	1,38	0,00	10,90
Toukokuu	5,88	0,87	1,43	0,00	8,18
Kesäkuu	4,21	0,56	1,38	0,00	6,14
Heinäkuu	2,84	0,31	1,14	0,00	4,30
Elokuu	3,23	0,42	1,59	0,00	5,24
Syyskuu	5,17	0,86	1,38	0,00	7,41
Lokakuu	6,98	1,25	1,43	0,00	9,66
Marraskuu	9,00	1,68	1,38	0,00	12,06
Joulukuu	10,52	1,97	1,43	0,00	13,92
Koko vuosi	89,38	15,34	16,69	0,00	121,41

## 4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

### 4.4.1 Lämpökuormat

#### a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttama lämpökuorma käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoksi saadaan  $2 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $147 \text{ m}^2$ , joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta} \\ 3 \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (36)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 147 \text{ m}^2 = 294 \text{ W}$$

---

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan D3/2012 taulukossa 3 esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste taas kuvaa ihmisten läsnäoloa rakennuksessa käyttöajan aikana. Rakennuksen kuukausittaiseksi käyttöajaksi eli käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulu-} \\ \text{kon 3} \\ \text{arvoilla} \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (37)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \%$$

---

Rakennuksen käyttöaste on 0,6 eli ihmisten oletetaan olevan paikalla 60 % rakennuksen käyttöajasta eli tässä tapauksessa 60 % kuukauden tunneista. Ihmisten aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan näin tammikuussa

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta} \\ 3 \end{array} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (38)$$

$$\begin{array}{l} \text{tammikuu} \end{array} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{294}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 131,2 \text{ kWh}$$

---

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 24.

### b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen aiheuttamana lämpökuormana käytetään suoraan niiden sähköenergian kulutusta. Nämä kulutukset on laskettu luvussa 3. Lämpökuormaksi saadaan siten D5/2012 kaavalla 5.3 tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.3 \quad Q_{säh} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} \quad (39)$$

$$tammikuu \quad Q_{säh} = 196,9 + 87,5 = 284,4 \text{ kWh}$$

---

### c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä lasketaan lämpökuormiksi energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.6 mukaisesti. Tässä rakennuksessa käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpökuormista ei ole tehty erillistä selvitystä. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä oletetaan siten asetuksen mukaisesti tulevan lämpökuormiksi 50 %. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu luvussa 4.1.2. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 24.

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten käyttöveden kierron aiheuttamia lämpökuormia ei ole

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto} \quad (40)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot 0 = 0 \frac{\text{kWh}}{a}$$

---

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (41)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot 850 = 425 \frac{\text{kWh}}{a}$$

---

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttama lämpökuorma voidaan jakaa kuukausittaiseksi lämpökuormaksi kuukausien pituuden perusteella. Käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan siten esimerkiksi tammikuussa

---

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \left( \frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (42)$$

$$tammikuu \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \frac{744}{8760} \cdot 425 = 36,1 \text{ kWh}$$

---

#### d) Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan D5/2012 kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 liitteen 2 taulukossa L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi D5/2012 kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskerroin lasketaan D5/2012 kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskerroin, ylävarjostuskerroin ja sivuvarjostuskerroin on esitetty D5/2012 taulukoissa 5.3–5.5. Pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia sekä varjostuskerroin riippuvat pinnan suunnasta. Tässä rakennuksessa ikkunat on jaoteltu neljään ryhmään lähimmän pääilmansuunnan perusteella. Ikkunoiden pinta-alat ja muut ominaisuudet on esitetty taulukossa 13. Varjostusten korjauskertoimen ja säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin on esitetty kuukausittain taulukoissa 22 ja 23.

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan D5/2012 kaavalla 5.4. Lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.4 \qquad Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \qquad (43)$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat pohjoiseen} \qquad Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,441 \cdot 8,8 \cdot 0,50 = 12,0 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat itään} \qquad Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 1,3 \cdot 0,50 = 0,956 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat etelään} \qquad Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,338 \cdot 11,1 \cdot 0,50 = 24,2 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat länteen} \qquad Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 3,2 \cdot 0,50 = 2,35 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat yhteensä} \qquad \sum Q_{aur} = 39,5 \text{ kWh}$$

---

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 39,5 kWh. Kaavassa (43) esitetty säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin tammikuussa perustuu tässä luvussa esitettyyn laskelmaan. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 24.

Tässä rakennuksessa ei ole yläpuolista varjostusta eikä sivuvarjostusta, joten sekä ylävarjostuskertoimen ja sivuvarjostuskertoimen arvo on 1,0. Ympäristövarjostuskertoimen taulukkoarvon valinnassa tarvittavan varjostuskulman on arvioitu olevan 15°. Varjostuskertoimen arvoksi saadaan näin tammikuussa

D5/2012 kaava 5.8

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (44)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$F_{varjostus} = 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,98$$

tammikuu, ikkunat itään

$$F_{varjostus} = 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$F_{varjostus} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$F_{varjostus} = 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$$

Taulukko 22. Varjostusten korjauskerroin

Kuukausi	Pohjoiseen $F_{varjostus}$	Koilliseen $F_{varjostus}$	Itään $F_{varjostus}$	Kaakkoon $F_{varjostus}$	Etelään $F_{varjostus}$	Lounaaseen $F_{varjostus}$	Länteen $F_{varjostus}$	Luoteeseen $F_{varjostus}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
Tammikuu	0,980	0,920	0,860	0,805	0,750	0,805	0,860	0,920
Helmikuu	0,960	0,895	0,830	0,795	0,760	0,795	0,830	0,895
Maaliskuu	0,960	0,895	0,830	0,815	0,800	0,815	0,830	0,895
Huhtikuu	0,930	0,880	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,880
Toukokuu	0,930	0,890	0,850	0,875	0,900	0,875	0,850	0,890
Kesäkuu	0,860	0,845	0,830	0,870	0,910	0,870	0,830	0,845
Heinäkuu	0,900	0,875	0,850	0,880	0,910	0,880	0,850	0,875
Elokuu	0,880	0,840	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,840
Syyskuu	0,950	0,890	0,830	0,820	0,810	0,820	0,830	0,890
Lokakuu	0,960	0,905	0,850	0,805	0,760	0,805	0,850	0,905
Marraskuu	0,960	0,910	0,860	0,795	0,730	0,795	0,860	0,910
Joulukuu	0,980	0,955	0,930	0,830	0,730	0,830	0,930	0,955
Koko vuosi	0,938	0,892	0,846	0,827	0,808	0,827	0,846	0,892

Rakennuksen ikkunoiden kehäkertoimen arvoa ei ole selvitetty erikseen. Arvona käytetään siten rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 kohdan 5.3.4 oletusarvoa 0,75. Rakennuksen ikkunoiden verhokertoimen arvioidaan olevan 0,60. Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

D5/2012 kaava 5.6

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (45)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,98 = 0,441$$

tammikuu, ikkunat itään

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 0,387$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,75 = 0,338$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 0,387$$

Taulukko 23. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

Kuukausi	Pohjoiseen $F_{\text{läpäisy}}$	Koilliseen $F_{\text{läpäisy}}$	Itään $F_{\text{läpäisy}}$	Kaakkoon $F_{\text{läpäisy}}$	Etelään $F_{\text{läpäisy}}$	Lounaaseen $F_{\text{läpäisy}}$	Länteen $F_{\text{läpäisy}}$	Luoteeseen $F_{\text{läpäisy}}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
Tammikuu	0,441	0,414	0,387	0,362	0,338	0,362	0,387	0,414
Helmikuu	0,432	0,403	0,374	0,358	0,342	0,358	0,374	0,403
Maaliskuu	0,432	0,403	0,374	0,367	0,360	0,367	0,374	0,403
Huhtikuu	0,419	0,396	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,396
Toukokuu	0,419	0,401	0,383	0,394	0,405	0,394	0,383	0,401
Kesäkuu	0,387	0,380	0,374	0,392	0,410	0,392	0,374	0,380
Heinäkuu	0,405	0,394	0,383	0,396	0,410	0,396	0,383	0,394
Elokuu	0,396	0,378	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,378
Syyskuu	0,428	0,401	0,374	0,369	0,365	0,369	0,374	0,401
Lokakuu	0,432	0,407	0,383	0,362	0,342	0,362	0,383	0,407
Marraskuu	0,432	0,410	0,387	0,358	0,329	0,358	0,387	0,410
Joulukuu	0,441	0,430	0,419	0,374	0,329	0,374	0,419	0,430
koko vuosi	0,422	0,401	0,381	0,372	0,363	0,372	0,381	0,401



### e) Lämpökuormien kokonaismäärä

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan D5/2012 yhtälöllä 5.9. Lämpökuormat muodostuvat ihmisten, sähkölaitteiden (kuluttajalaitteet ja valaistus), auringon, lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä. Lämpökuormat vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 24. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 5.9} \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (46)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = 131,2 + 284,4 + 39,5 + 0 + 36,1 = 491,2 \text{ kWh}$$

Taulukko 24. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset	Sähkölaitteet	Aurinko	LKV kierto	LKV varastointi	Yhteensä
	$Q_{\text{henk}}$	$Q_{\text{säh}}$	$Q_{\text{aur}}$	$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	$Q_{\text{lämpökuormat}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	131,2	284,4	39,5	0,0	36,1	491,2
Helmikuu	118,5	256,8	124,6	0,0	32,6	532,6
Maaliskuu	131,2	284,4	293,3	0,0	36,1	745,0
Huhtikuu	127,0	275,2	370,8	0,0	34,9	808,0
Toukokuu	131,2	284,4	459,2	0,0	36,1	910,9
Kesäkuu	127,0	275,2	444,2	0,0	34,9	881,3
Heinäkuu	131,2	284,4	485,3	0,0	36,1	937,0
Elokuu	131,2	284,4	354,6	0,0	36,1	806,3
Syyskuu	127,0	275,2	314,3	0,0	34,9	751,5
Lokakuu	131,2	284,4	120,1	0,0	36,1	571,8
Marraskuu	127,0	275,2	48,8	0,0	34,9	485,9
Joulukuu	131,2	284,4	32,3	0,0	36,1	484,0
koko vuosi	1545,3	3348,1	3087,0	0,0	425,0	8405,3

### f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan D5/2012 luvussa 5.5. esitetyllä tavalla. Hyödyntämisasteen laskeminen aloitetaan laskemalla rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö D5/2012 kaavalla 5.16. Sen arvoksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 5.16} \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (47)$$

$$tammikuu \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot 2211,4}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 119,0 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida D5/2012 taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpökapasiteetin ominaisarvoksi arvoksi on tässä rakennuksessa arvioitu  $70 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

---


$$D5/2012 \text{ taulukko 5.6} \quad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \quad (48)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 147 \cdot 70 = 10290 \frac{\text{Wh}}{\text{K}}$$


---

Rakennuksen aikavakio lasketaan ominaislämpöhäviön ja lämpökapasiteetin avulla D5/2012 kaavalla 5.15. Rakennuksen aikavakioksi saadaan tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.15} \quad \tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (49)$$

$$tammikuu \quad \tau = \frac{10290}{119,0} = 86,45 \text{ h} = 3,6 \text{ d}$$


---

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin lasketaan D5/2012 kaavalla 5.14. Suhteeksi saadaan tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.14} \quad \gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \quad (50)$$

$$tammikuu \quad \gamma = \frac{491,2}{2211,4} = 0,222$$


---

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan D5/2012 kaavalla 5.11. Ennen hyödyntämisasteen laskemista pitää vielä laskea kaavassa tarvittava apusuure D5/2012 kaavalla 5.13. Apusuureen arvoksi saadaan tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.13} \quad a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (51)$$

$$tammikuu \quad a = 1 + \frac{86,45 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 6,673$$


---

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste voidaan nyt laskea D5/2012 kaavalla 5.11. Hyödyntämisasteen arvoksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.16 \quad \eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (52)$$

$$tammikuu \quad \eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,222^{6,673}}{1 - 0,222^{(6,673+1)}} = 1,00$$

Taulukko 25. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöehäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	$H_{\text{tila}}$	$\tau$	$\gamma$	$a$	$\eta_{\text{lämpö}}$
	W/K	h	-	-	-
Tammikuu	119,03	86,45	0,22	6,76	1,00
Helmikuu	119,56	86,07	0,26	6,74	1,00
Maaliskuu	122,44	84,04	0,35	6,60	1,00
Huhtikuu	134,82	76,32	0,50	6,09	0,99
Toukokuu	157,86	65,19	0,76	5,35	0,93
Kesäkuu	185,29	55,54	0,98	4,70	0,83
Heinäkuu	229,67	44,80	1,48	3,99	0,62
Elokuu	208,97	49,24	1,05	4,28	0,79
Syyskuu	144,59	71,17	0,69	5,74	0,96
Lokakuu	129,02	79,76	0,40	6,32	1,00
Marraskuu	120,15	85,64	0,27	6,71	1,00
Joulukuu	118,56	86,79	0,24	6,79	1,00
Koko vuosi	149,16	72,58	0,60	5,84	0,93

#### 4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia lasketaan D5/2012 kaavalla 5.10. Laskennassa tarvitaan rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä ja lämpökuormien hyödyntämisaste. Lämpökuormista hyödynnettäväksi energiaksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.10 \quad Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (53)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{sis,lämpö}} = 1,0 \cdot 491,2 = 491,2 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 26 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.4.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 4.4.1f).

Taulukko 26. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{\text{sis. lämpö}}$ kWh
Tammikuu	491,2	1,000	491,2
Helmikuu	532,6	1,000	532,5
Maaliskuu	745,0	0,999	744,6
Huhtikuu	808,0	0,992	801,7
Toukokuu	910,9	0,934	850,5
Kesäkuu	881,3	0,835	735,5
Heinäkuu	937,0	0,622	582,4
Elokuu	806,3	0,791	638,1
Syyskuu	751,5	0,960	721,5
Lokakuu	571,8	0,998	570,7
Marraskuu	485,9	1,000	485,8
Joulukuu	484,0	1,000	484,0
koko vuosi	8405,3	0,928	7638,4

#### 4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 4.3.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohta 4.4.2. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 27 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (54)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 2211,4 - 491,2 = 1720,2 \text{ kWh}$$


---

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 27. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	2211,4	491,2	1720,2
Helmikuu	2048,8	532,5	1516,3
Maaliskuu	2148,1	744,6	1403,5
Huhtikuu	1601,7	801,7	800,0
Toukokuu	1202,6	850,5	352,2
Kesäkuu	903,2	735,5	167,6
Heinäkuu	632,2	582,4	49,9
Elokuu	769,6	638,1	131,5
Syyskuu	1090,0	721,5	368,5
Lokakuu	1420,6	570,7	849,9
Marraskuu	1773,4	485,8	1287,6
Joulukuu	2045,6	484,0	1561,6
koko vuosi	17847,1	7638,4	10208,8

Taulukko 28. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh/m <sup>2</sup>	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh/m <sup>2</sup>	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	15,04	3,34	11,70
Helmikuu	13,94	3,62	10,31
Maaliskuu	14,61	5,07	9,55
Huhtikuu	10,90	5,45	5,44
Toukokuu	8,18	5,79	2,40
Kesäkuu	6,14	5,00	1,14
Heinäkuu	4,30	3,96	0,34
Elokuu	5,24	4,34	0,89
Syyskuu	7,41	4,91	2,51
Lokakuu	9,66	3,88	5,78
Marraskuu	12,06	3,30	8,76
Joulukuu	13,92	3,29	10,62
koko vuosi	121,4	52,0	69,4

## 5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

### 5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

#### a) Tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian tarve (kulutus)

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen lattialämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 40/30 °C sekä maanvarainen alapohja. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,80. Järjestelmässä ei ole jakelun häviöitä lämmittämättömiin tiloihin.

Tilojen lämmitysjärjestelmässä on 500 litran erillinen puskurivaraaja 100 mm eristyksellä. Varaajan häviöt voidaan arvioida D5/2012 kohdan 6.4.1 mukaisesti käyttövesivesivaraajan häviöistä interpoloimalla. Vastaa- van käyttövesivaraajan häviöksi saadaan D5/2012 taulukosta 6.3b 850 kWh/a. Varaajan lämpöhäviöt riippu- vat varaajan lämpötilasta. Lämpöpumpun menovesilämpötila on käyttöveden latauksessa korkeimmillaan 60 °C ja tilojen lämmityksen varaajaa ladatessa korkeintaan 40 °C. Tämän kuumempia varaajat eivät voi olla. Lämpötilojen suhteen perusteella tilojen lämmityksen varaajan häviöksi arvioidaan noin 567 kWh/a. Tilojen lämmitysjärjestelmän varaajasta ei lasketa tulevan lämpökuormaa huonetiloihin.

Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla D5/2012 kaavan 6.1 ja taulu- kossa 27 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{6.1} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (55)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{10208,8}{0,80} + 0 + 567 = 13327,9 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

#### b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen lattialämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 40/30 °C sekä maanvarainen alapohja. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 2,5 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmönjakojärjestelmän apulait- teiden sähkönkulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.2

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava 6.2} \end{array} \quad W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (56)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad W_{\text{tilat}} = 2,5 \cdot 147 = 367,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

### c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmöntuottojärjestelmänä on maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu erikseen luvussa 0.

## 5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

### a) Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve (kulutus)

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.4. Käyttöveden siirron (jakelun) hyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 5. Järjestelmässä ei ole kiertojohtoa ja putkien eristystaso on hyvä. Siirron hyötysuhteeksi saadaan näin taulukosta 0,92. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ 6.4 \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}} \quad (57)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{4200}{0,92} + 850 + 0 = 5415,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 5415 kWh/a lämmitysenergiaan käyttöveeteeen vuodessa.

### b) Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän energiankulutus

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) lämpöenergian kulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään kompressorikäyttöisellä lämpöpumpulla. Lämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu erikseen luvussa 0.

## 5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

### a) Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämmitysenergian kokonaistarve (kulutus)

Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarpeen laskennassa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteen voidaan olettaa olevan 100 % energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti. Ilmanvaihdon lämpöenergian kokonaistarve on siten yhtä suuri kuin luvussa 0 laskettu ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 6.2.2 \quad Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{Q_{iv}}{1,00} \quad (58)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{608,6}{1,00} = 608,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

### b) Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus

Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa tuloilma lämmitetään sähkövastuksella. Sähkövastuksen kuluttama sähköenergian on käytännössä yhtä suuri, kuin sähkövastuksen luovuttama lämpöenergia. Sähkövastuksen hyötysuhteena voidaan siten käyttää arvoa 1,00. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan näin

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{608,6}{\eta_{\text{tuotto,iv}}} \quad (59)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{608,6}{1,00} = 608,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---



## 5.4 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan D5/2012 luvussa 6.6 esitetyllä tavalla. Laskenta aloitetaan poimimalla lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja käyttöveden yhteenlasketusta lämmitysenergiasta D5/2012 liitteen 2 taulukosta L2.1. Lämpöpumpun nimellistehon ja rakennuksen mitoituslämpötehon suhde on 0,70, menoveden mitoituslämpötila on 40 °C ja tilojen ja käyttöveden lämmöntarpeiden suhde on

$$\frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{Q_{\text{lämmitys,lkv}}} = \frac{13327,9}{5415,2} = 2,46 \quad (60)$$

Edellä esitetyillä arvoilla D5/2012 taulukosta L2.1 saadaan interpoloimalla lämpöpumpun kattamaksi osuudeksi tilojen ja käyttöveden yhteenlasketusta lämmitysenergiasta

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 taulukosta} \\ \text{L2.2} \end{array} \quad x = \frac{Q_{LP}}{Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}}} = 0,9623 \approx 0,96 \quad (61)$$

Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja käyttöveden yhteenlasketusta lämmitysenergiasta on siis 96 %. Loput 4 % energiantarpeesta katetaan lämpöpumpun sähkövastuksilla. Tilojen ja käyttöveden yhteenlaskettu lämmitysenergia on

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} = Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}} \quad (62)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} = 13327,9 + 5415,2 = 18743,2 \text{ kWh}$$

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan D5/2012 kaavalla 6.17. Yhdistämällä tähän kaavaan D5/2012 luvussa 6.6.2 esitetyt yhtälöt, saadaan seuraava yhtälö

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012} \\ \text{kaava 6.17} \\ \text{muokattuna} \end{array} \quad W_{LP,\text{lämmitys}} = x \left( \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{SFP_{\text{tilat}}} + \frac{Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{SFP_{\text{lkv}}} \right) + (1 - x) Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} \quad (63)$$

Kaavaan tarvitaan vielä lämpöpumpun SFP-luvut tilojen ja käyttöveden lämmittämisessä. Maapiiristä lämpöpumpun höyrytimeen tulevan nesteen vuotuisen keskilämpötilan arvioidaan olevan 3 °C. Lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkein lämpötila on rakennuksen tilojen lämmittämisessä 40 °C (lattia-lämmityksen menoveden mitoituslämpötila) ja käyttöveden lämmittämisessä 60 °C. Näillä arvoilla energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 13 mukaan maalämpöpumpun SFP-luvuksi saadaan tilojen lämmittämisessä 3,1 ja käyttöveden lämmittämisessä 2,3. Lämpöpumpun sähköntarpeeksi saadaan näin

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012} \\ \text{kaava 6.17} \\ \text{muokattuna} \end{array} \quad W_{LP,\text{lämmitys}} = x \left( \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{SFP_{\text{tilat}}} + \frac{Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{SFP_{\text{lkv}}} \right) + (1 - x) Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} \quad (64)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{LP,\text{lämmitys}} = 0,96 \cdot \left( \frac{13327,9}{3,1} + \frac{5415,2}{2,3} \right) + (1 - 0,96) \cdot 18743,2 = 7137,4 \text{ kWh}$$

Lämpöpumpun kompressorin ja lisäsähkövastuksen rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluttama sähkö voidaan arvioida kaavasta (63) asettamalla kaavassa käyttöveden lämmittämiseen käytetty lämpöenergia nollassi. Lämpöpumpun rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluttamaksi sähköenergiaksi saadaan näin

---

*kaava (63)*  
*muokattuna*

$$W_{LP,lämmitys,tilat} = x \left( \frac{Q_{lämmitys,tilat}}{SFP_{tilat}} \right) + (1 - x) Q_{lämmitys,tilat} \quad (65)$$

*koko vuosi*

$$W_{LP,lämmitys,tilat} = 0,96 \cdot \left( \frac{13327,9}{3,1} \right) + (1 - 0,96) \cdot 13327,9 = 4660,5 \text{ kWh}$$


---

Lämpöpumpun kompressorin ja lisäsähkövastuksen lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluttama sähköenergia voidaan arvioida vastaavasti asettamalla kaavassa (63) tilojen lämmittämiseen käytetty lämpöenergia nollassi. Lämpöpumpun lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluttamaksi sähköenergiaksi saadaan näin

---

*kaava (63)*  
*muokattuna*

$$W_{LP,lämmitys,lkv} = x \left( \frac{Q_{lämmitys,lkv}}{SFP_{lkv}} \right) + (1 - x) Q_{lämmitys,lkv} \quad (66)$$

*koko vuosi*

$$W_{LP,lämmitys,lkv} = 0,96 \cdot \left( \frac{5415,2}{2,3} \right) + (1 - 0,96) \cdot 5415,2 = 2476,6 \text{ kWh}$$


---

Maalämpöpumpun maapiiristä ottama energia on likimain yhtä suuri kuin lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian (lauhduttimesta saadun energian) ja lämpöpumpun sähkönkulutuksen erotus

---

*arvio*

$$\left( \begin{array}{c} \text{maalämpöpumpun} \\ \text{maapiiristä} \\ \text{keräämä} \\ \text{energia} \end{array} \right) = Q_{lämmitys,tilat,lkv} - W_{LP,lämmitys} \quad (67)$$

*koko vuosi*

$$\left( \begin{array}{c} \text{maalämpöpumpun} \\ \text{maapiiristä} \\ \text{keräämä} \\ \text{energia} \end{array} \right) = 18743,2 - 7137,4 = 11605,8 \text{ kWh}$$


---

## 6 Yhteenveto laskennan tuloksista

### 6.1 Lämmitysenergian nettotarve

Tämän esimerkkirakennuksen lämmitysenergian nettotarve on esitetty kokonaisuutena taulukossa 29. Lämmitysenergian nettotarve on se lämpöenergian vähimmäismäärä, joka rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon tuloilman ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan lämmitystavasta riippumatta. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeessa on huomioitu lämpökuormista, kuten valaistuksesta ja auringon säteilystä, tilojen lämmitykseen hyödyksi saatu lämpöenergia. Taulukoissa pinta-alaan suhteutetut lukuarvot tarkoittavat energian tarvetta ja kulutusta jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. Lukuarvojen rinnalla taulukossa esitetty se tämän oppaan osio, jossa kyseinen lukuarvo on laskettu.

Taulukko 29. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	10208,8	69,4	4.4.3
Johtuminen	13138,5	89,4	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	2254,6	15,3	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	2454,0	16,7	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-7638,4	-52,0	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	608,6	4,1	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	4200,0	28,6	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	15017,4	102,2	-

### 6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

Rakentamismääräyskokoelman osan määritelmässä tästä energiankulutuksesta käytetään nimitystä rakennuksen energiankulutus. Rakennuksen energiankulutus on määritelty D3/2012 kohdan 1.3 määritelmässä. Tämän määritelmän mukaisesti rakennuksen energiankulutus tarkoittaa rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä. Energiantuottojärjestelmien, kuten lämpöpumpun, öljylämmityslaitteiston tai kaukolämpökeskuksen, energiankulutus ja häviöt eivät siis sisälly rakennuksen energiankulutukseen.

Taulukko 30. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö			Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>	<b>368</b>	<b>2,5</b>	-	<b>19352</b>	<b>131,6</b>	-
Tilojen lämmitys	368	2,5	-	13328	90,7	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	13328	90,7	5.2 b)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	368	2,5	5.2 d)	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	609	4,1	5.4 a)
Käyttöveden lämmitys	-	-	-	5415	36,8	5.3 a)
<b>Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet</b>	<b>1030</b>	<b>7,0</b>	3.3	-	-	-
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>3348</b>	<b>22,8</b>	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	2318	15,8	3.1	-	-	-
Valaistus	1030	7,0	3.2	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>4746</b>	<b>32,3</b>	-	<b>19352</b>	<b>131,6</b>	-

## 6.3 Ostoenergiankulutus

Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä alla olevassataulukossa.

Taulukko 31. Ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>12492</b>	<b>84,98</b>
Tilojen lämmitys	5028	34,20
Lämmöntuottojärjestelmä	4660	31,70
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	368	2,50
Lämmin käyttövesi	2477	16,85
Lämmöntuottojärjestelmä	2477	16,85
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Tuloilman lämmitys	609	4,14
Lämmöntuottojärjestelmä	609	4,14
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	1030	7,01
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	1030	7,01
Kuluttajalaitteet ja valaistus	3348	22,78
Kuluttajalaitteet	2318	15,77
Valaistus	1030	7,01

## 6.4 Kokonaisenergiankulutus

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Sähköenergian kerroin on 1,7. Sähköenergian aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{sähköenergian} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (68)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 84,98 = 144,47 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Tässä rakennuksessa ostoenergiana käytetään vain sähköenergiaa. Kokonaisenergiankulutus on tässä rakennuksessa siten yhtä suuri kuin sähkökulutuksen aiheuttama kokonaisenergiankulutus

$$\text{E-luku} = \left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (69)$$

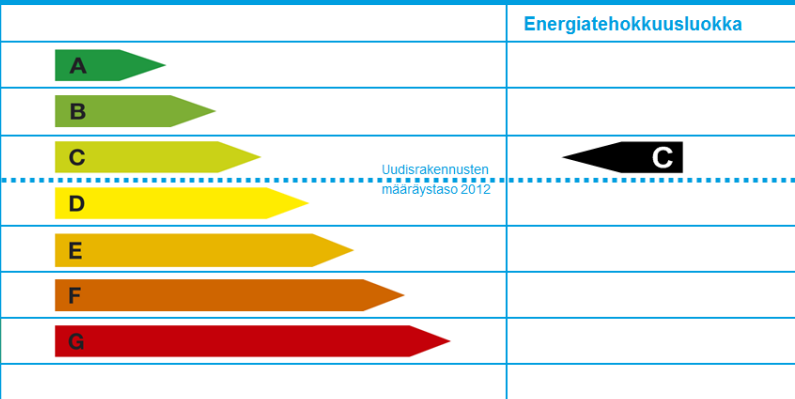
$$\text{E-luku} = 144,47 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 145 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Tämän rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on siis 145 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a). Kokonaisenergiankulutus ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 32.

Taulukko 32. Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>12492</b>	<b>84,98</b>	<b>1,7</b>	<b>21236</b>	<b>144,46</b>
Tilojen lämmitys	5028	34,20	1,7	8548	58,15
Lämmin käyttövesi	2477	16,85	1,7	4211	28,64
Tuloilman lämmitys	609	4,14	1,7	1035	7,04
Ilmanvaihtojärjestelmä	1030	7,01	1,7	1751	11,91
Kuluttajalaitteet ja valaistus	3348	22,78	1,7	5692	38,72
<b>Yhteensä</b>				<b>21236</b>	<b>144,46</b>

# 7 Energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Ympäristöministeriön energiatodistusoppaan 2013 esimerkki Uudispientalo																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2014																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Yhden asunnon talot																
Todistustunnus:																	
 <table border="1"><thead><tr><th>Energiatodistusluokka</th><th>Energiatodistusluokka</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td></td></tr><tr><td>E</td><td></td></tr><tr><td>F</td><td></td></tr><tr><td>G</td><td></td></tr></tbody></table> <p>Uudisrakennusten määräystaso 2012</p> <p>Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) 145 kWh<sub>E</sub> / (m<sup>2</sup>vuosi)</p>		Energiatodistusluokka	Energiatodistusluokka	A		B		C	C	D		E		F		G	
Energiatodistusluokka	Energiatodistusluokka																
A																	
B																	
C	C																
D																	
E																	
F																	
G																	
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Eero Energiatodistuksenlaatija	Yritys oy																
Allekirjoitus:																	
<i>Eero Energiatodistuksenlaatija</i>																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
25.8.2013	25.8.2023																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUDESTA

### Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 147 m<sup>2</sup>  
 Lämmitysjärjestelmän kuvaus Vesikiertoinen lattialämmitys, maalämpöpumppu  
 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, yksi ilmanvaihtokone

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	12 492	85	1,7	145
kaukolämpö			0,7	
fossiilinen polttoaine			1	
uusiutuva polttoaine			0,5	
kaukojäähdytys			0,4	
tyhjä			0	
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3 348	23		
<b>Kokonaisenergiankulutus (E-luku)</b>				<b>145</b>

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

Erilliset pientalot

A: ... 80 B: 81 ... 128 C: 129 ... 166

D: 167 ... 246 E: 247 ... 376 F: 377 ... 446

G: 447 ...

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

C

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## ENERGIAEHOVUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

### Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Suosituksien esittely yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

## E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka Yhden asunnon talot

Rakennuksen valmistumisvuosi 2015 Lämmitetty nettoala 147 m<sup>2</sup>

### Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	4,0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	A	U	U × A	Osuus lämpöhäviöistä
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> K)	W/K	%
Ulkoseinät	113,0	0,17	19,2	18 %
Yläpohja	147,0	0,09	13,2	12 %
Alapohja	147,0	0,17	25,0	23 %
Ikkunat	24,4	1,00	24,4	23 %
Ulko-ovet	8,2	1,00	8,2	8 %
Kylmäsiilat	-	-	16,3	15 %

### Ikkunat ilmansuunnittain

	A	U	g <sub>kohtisuora</sub> -arvo	
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> K)	-	
Pohjoinen	8,8	1,00	0,56	
Koillinen	-	-	-	
Itä	1,3	1,00	0,56	
Kaakko	-	-	-	
Etelä	11,1	1,00	0,56	
Lounas	-	-	-	
Länsi	3,2	1,00	0,56	
Luode	-	-	-	

### Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, yksi ilmanvaihtokone

	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0,0588 / 0,0588	2,0	80 %	3,0
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,0588 / 0,0588	2,0	-	-

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 71 %

### Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus: Vesikiertoinen lattialämmitys, maalämpöpumppu

	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden sähkönkäyttö <sup>2</sup> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	3,1	2,5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	92 %	2,3	0,0

<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

<sup>2</sup> lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija	0	0
Ilmalämpöpumppu	0	0

### Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

Jäähdytysjärjestelmä

### Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmin käyttövesi	492,1	28,6

### Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

	Käyttöaste	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>
Ihmiset	60 %	2,0		
Kuluttajalaitteet	60 %		3,0	
Valaistus	10 %			8,0



## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Yhden asunnon talot
Rakennuksen valmistumisvuosi	2015
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	147
E-luku, kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)	145

### E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh <sub>E</sub> /vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
sähkö	12 492	1,7	21236	144,5
kaukolämpö	0	0,7	0	0,0
fossiilinen polttoaine	0	1,0	0	0,0
uusiutuva polttoaine	0	0,5	0	0,0
kaukojäähdytys	0	0,4	0	0,0
			0	0,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>12 492</b>		<b>21 236</b>	<b>145</b>

### Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	11 606	79,0
aurinkolämpö	0	0,0
aurinkosähkö	0	0,0
tuulisähkö	0	0,0

### Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>	2,5	90,7	-
Tuloilman lämmitys	0,0	4,1	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	36,8	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	7,0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22,8	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>32,3</b>	<b>131,6</b>	<b>0,0</b>

<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

### Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>	10 209	69,4
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>	609	4,1
Lämpimän käyttöveden valmistus	4 200	28,6
Jäähdytys	0	0,0

<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa

### Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Aurinko	3 087	21,0
Henkilöt	1 545	10,5
Kuluttajalaitteet	2 318	15,8
Valaistus	1 030	7,0
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	425	2,9

### Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero | D5 (2012), Excel-toteutus

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 147 m<sup>2</sup>

Ostettu energia	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kaukolämpö	0	0
Kokonaissähkö		
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

Ostetut polttoaineet <sup>1</sup>	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnos- kerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Piilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m <sup>3</sup>	1300		
Piilkkeet (koivu)		pino-m <sup>3</sup>	1700		
Puupelletit		kg	4,7		

<sup>1</sup> Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".

### Toteutunut ostoenergia yhteensä

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö yhteensä		
Kaukolämpö yhteensä		
Polttoaineet yhteensä		
Kaukojäähdytys		
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

### Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

#### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhg/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

### Huomiot ylä- ja alapohja

#### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhg/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

### Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

#### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhg/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

**Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät**

--	--	--	--	--

**Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt**

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoenergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian säästö</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

**Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät**

--	--	--	--	--

**Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt**

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoenergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian säästö</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

**Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon**

--	--	--	--	--

**Lisätietoja energiatehokkuudesta**

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)

LISÄMERKINTÖJÄ

# Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Taulukko 33. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Kuukausi	Tuntien lukumäärä $\Delta t$	Ulkoilman keskilämpötila (°C) $T_u$
Tammikuu	744	-3,97
Helmikuu	672	-4,50
Maaliskuu	744	-2,58
Huhtikuu	720	4,50
Toukokuu	744	10,76
Kesäkuu	720	14,23
Heinäkuu	744	17,30
Elokuu	744	16,05
Syyskuu	720	10,53
Lokakuu	744	6,20
Marraskuu	720	0,50
Joulukuu	744	-2,19
koko vuosi	8760	5,57

Ulkoilman keskilämpötila on poimittu D3/2012 liitteestä 2 taulukosta L2.2.

## Liite 2. Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta

D5/2012 liitteen 2 taulukkoa luetaan oheisen kuvan mukaisesti eli

1. lämpöpumpun nimellistehon ja rakennuksen mitoituslämpötehon suhde on 0,70
2. tilojen ja käyttöveden lämmöntarpeiden suhde on (2,46)
3. ilmastovyöhykkeen I ja lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkeimman lämpötilan 40 °C mukainen valinta.

1

2

3

$\phi_{in}/\phi_{sa}$	Q <sub>sa</sub> mmittat/ Q <sub>sa</sub> mmitt/LUV	Säävyöhyke: II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		T <sub>m</sub> , °C				T <sub>m</sub> , °C				T <sub>m</sub> , °C			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,3	0,5	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
	1	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44
	2	0,62	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,54	0,44	0,54	0,52	0,51
	4	0,68	0,65	0,62	0,59	0,67	0,63	0,60	0,58	0,63	0,59	0,56	0,54
0,4	0,5	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48
	1	0,67	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59
	2	0,78	0,75	0,72	0,70	0,76	0,73	0,70	0,68	0,59	0,69	0,67	0,64
	4	0,84	0,79	0,76	0,73	0,82	0,77	0,73	0,70	0,78	0,73	0,69	0,66
0,5	0,5	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
	1	0,82	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76	0,74	0,77	0,74	0,73	0,71
	2	0,90	0,87	0,84	0,81	0,89	0,85	0,82	0,79	0,71	0,81	0,78	0,75
	4	0,92	0,89	0,86	0,83	0,91	0,88	0,84	0,81	0,89	0,84	0,80	0,76
0,6	0,5	0,81	0,80	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73
	1	0,92	0,90	0,88	0,86	0,91	0,88	0,86	0,84	0,88	0,85	0,82	0,80
	2	0,95	0,93	0,91	0,89	0,95	0,92	0,90	0,87	0,80	0,90	0,86	0,83
	4	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,93	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,85
0,7	0,5	0,92	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88	0,87	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83
	1	0,97	0,95	0,94	0,92	0,96	0,95	0,93	0,91	0,95	0,92	0,90	0,88
	2	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,95	0,92	0,90
	4	0,98	0,97	0,95	0,94	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,95	0,93	0,90
0,8	0,5	0,97	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90
	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,93
	2	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,97	0,95	0,95
	4	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,98	0,96	0,94
0,9	0,5	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95
	1	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96
	2	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
	4	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
1,0	0,5	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97
	1	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	2	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	4	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,98