

# Energiatodistuksen laadintaesimerkki: uusi pientalo

Energiatodistusoppaan 2018 liite  
1.11.2018



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

2018

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	4
<b>2. Esimerkkirakennus</b> .....	6
2.1 Rakennuksen tiedot .....	7
2.2 Laskentasuureet .....	9
<b>3. Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus</b> .....	14
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus.....	14
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus .....	15
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus.....	16
3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä .....	17
<b>4. Lämmitysenergian tarve</b> .....	18
4.1 Lämmin käyttövesi.....	18
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve .....	18
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt.....	18
4.2 Ilmanvaihto .....	19
4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila .....	19
4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve .....	21
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve.....	23
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	23
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa .....	28
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa .....	29
4.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä .....	30
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve .....	32
4.4.1 Lämpökuormat.....	32
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia .....	39
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä.....	40
<b>5. Lämmitysjärjestelmien energiankulutus</b> .....	42
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	42
5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	43
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	44
5.4 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus .....	44

<b>6. Yhteenveto laskennan tuloksista .....</b>	<b>47</b>
6.1 Lämmitysenergian nettotarve .....	47
6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus .....	47
6.3 Laskennallinen ostoenergiankulutus .....	48
6.4 E-luku .....	49
<b>Liite 1. Energiatodistus .....</b>	<b>51</b>
<b>Liite 2. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat .....</b>	<b>59</b>
<b>Liite 3. Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta .....</b>	<b>60</b>

# 1. Johdanto

Tässä laadintaesimerkissä lasketaan Lain rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013), lain muutossäädösten (755/2017) sekä Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatodistuksesta (1048/2017, tuonnempana: *energiatodistusasetus*) mukainen rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus ja laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku). Liitteenä 1 esitetään laskennan tulosten perusteella täytetty energiatodistuslomakkeen luonnos, joka kuvaa esimerkkirakennusta. Tämä laadintaesimerkki on osa Ympäristöministeriön opaskokonaisuutta ”Energiatodistusopas 2018”, joka korvaa aiemman version ”Energiatodistusopas 2016”.

Laskentamenetelmänä tässä laadintaesimerkissä käytetään laskentaohjeen ”Energiatehokkuus: Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta” mukaista laskentamenetelmää (tuonnempana: *energiatehokkuuden laskentaohje*). Energiatehokkuuden laskentaohje on korvannut rakennusmääräyskokoelman osan D5/2012. Tässä oppaassa viitataan usein myös Ympäristöministeriön asetukseen uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017, tuonnempana: *energiatehokkuusasetus*), joka puolestaan on korvannut rakennusmääräyskokoelman osan D3/2012. [Ajantasainen energiatodistustilaki](#), [energiatodistusasetus](#) ja [energiatehokkuusasetus](#) löytyvät sivustolta finlex.fi ja [energiatehokkuuden laskentaohjeen](#) voi ladata Ympäristöministeriön verkkosivustolta. Energiatodistusoppaan 2018 luvussa 2 kerrotaan tarkemmin lainsäädännöstä ja määräyksistä, jotka liittyvät energiatodistusten laskemiseen.

Energiatehokkuuden laskentaohjeessa annetaan ohjeet kuukausitasolla tehtävään rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. Laskennan kulku ja tulokset on esitetty tässä oppaassa taulukoina ja yhtälöinä. Taulukoissa on esitetty eriteltynä vuoden kaikkien kuukausien laskentatulokset. Yhtälömuodossa on annettu yhden tai tarvittaessa useamman esimerkkikuukauden laskentatulokset sekä koko vuotta koskevat laskentatulokset. Yhtälöissä käytetyt merkinnät noudattavat energiatehokkuuden laskentaohjeen merkintöjä. Pitkissä yhtälöissä on jätetty välivaiheista yksiköt merkitsemättä kaavaan: käytäntö helpottaa lukemista, eikä sen tulisi vaikeuttaa ymmärtämistä, sillä yksiköt ovat tällöin asiayhteydestä ilmeisiä.

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 pyöristyksistä johtuen poiketa hieman taulukoissa esitetyistä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa onkin syytä käyttää ensisijaisesti taulukoissa esitettyjä lukuarvoja.

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadinta perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla. Havainnoinnin suorittaa päteväytynyt energiatodistuksen laatija. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perusteella selvitetään lähtötiedot, joita tarvitaan rakennuksen laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja E-

---

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

luvun määrittämisessä sekä energiatehokkuutta parantavien suositusten antamisessa.

Energiatodistuksessa esitetty rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku lasketaan tarkasteltavan rakennuksen rakenteiden ja järjestelmien tietoja sekä energiatodistusasetuksessa esitettyjä rakennustyyppikohtaisia vakioituja lähtöarvoja käyttäen. Tässä laadintaesimerkissä on selvennetty, mitkä laskennan lähtöarvot ovat vakioituja lähtöarvoja ja mitkä perustuvat rakennuksen suunnitteluarvoihin tai rakennuksen havainnointiin paikan päällä. On huomattava, että laadintaesimerkki ei pyri antamaan yleispäteviä referenssiarvoja sen tyyppiselle rakennukselle, jota laadintaesimerkki käsittelee. Mikäli lähtötieto perustuu esimerkiksi Energiatodistusasetukseen tai Energiatehokkuusasetukseen, tämä kerrotaan tekstissä tai taulukossa. Mikäli taas on ilmoitettu, että kyseessä on esimerkiksi paikan päällä tehtyyn havainnointiin perustuva lähtöarvo, lukijan tulee huomioida, että arvo on esimerkinomainen ja kuvitteellinen. Laadintaesimerkkien tarkoituksena on selvittää, kuinka E-luvun laskenta tapahtuu, ei tarjota kohta kohdalta valmiiksi sopivia lähtöarvoja todellisen rakennuksen E-luvun laskemiseen.

Rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus määritellään rakennuksen vakioidulla käytöllä ja sisältää sähköverkosta ostetun sähkön, kaukolämpöverkosta ostetun kaukolämmön, kaukojäähdytysverkosta ostetun kaukojäähdytyksen sekä rakennuksen lämmöntuottolaitteissa poltetut polttoaineet. Rakennuksen asukkaiden käyttötottumuksia kuvaavat lähtöarvot, kuten ihmisten läsnäolo rakennuksessa ja valaistuksen käyttö, ovat rakennustyyppikohtaisia vakioituja arvoja. Kahden samanlaisen rakennuksen laskennalliset ostoenergiankulutukset ovat siis yhtä suuria, eivätkä riipu rakennuksen tosiasiallisten käyttäjien käyttötottumuksista. Kahden samantyyppisen rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta voidaan tällä tavalla verrata keskenään, ja vertailu kertoo rakennusten energiatehokkuuden eroista, ei rakennusten käyttäjien energiankulutustottumuksista.

Rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus muunnetaan energiatehokkuuden vertailuluvuksi eli E-luvuksi käyttämällä energiamuotojen kertoimia, jotka on annettu Valtioneuvoston asetuksessa rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista (788/2017, tuonnempana: *kerroinasetus*). Kerroinasetuksen mukaan sähköenergian kerroin on 1,20, kaukolämmön kerroin on 0,50, kaukojäähdytyksen kerroin on 0,28, uusiutumattomien polttoaineiden (kuten tavanomaisen lämmitysöljyn) kerroin on 1,00 ja uusiutuvien polttoaineiden (kuten polttopuun) kerroin on 0,50.

Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksessa tulee laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja E-luvun lisäksi esittää rakennuksen toteutunut energiankulutus, mikäli rakennuksessa käytetty sähköenergia, kaukolämpöenergia, kaukojäähdytysenergia ja polttoaineen määrä sekä laatu ovat tiedossa edellisen vuoden tai vuosien osalta. Energiatodistuksessa esitetään myös rakennuksesta tehdyt havainnot sekä suositellut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Toteutunut energiankulutus ja suositukset eivät koske tämän esimerkin pientaloa, joka on uusi rakennus. Tässä laadintaesimerkissä esitelty energiatodistuslomakkeen luonnos ei siis sisällä suosituksia rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen. Olemassa olevien rakennusten osalta nämä suositukset ovat tärkeä osa energiatodistusta, joten ne on syytä laatia perusteellisesti.

## 2. Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on uusi yksikerroksinen pientalo. 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 paluuveden 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 varaaajaan, joista toinen on kytketty lattialämmitysjärjestelmään ja toinen käyttövesijärjestelmään. Lämpöpumppu lämmittää varaaajia vuorotellen siten, että käyttövesivaraajaa lämmitetään ensisijaisesti. Lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän virtauksen lämpötila on käyttövesivaraajan lämmityksessä korkeintaan 60 °C ja tilojen lämmityksen varaaajaa 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen 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>) (vrt. energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 3.5).

---

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

## 2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

Perustiedot		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Tampere	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	2018	
Valmistumisvuosi	2018	
Laskennan säävyöhyke	Vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoituusluokka	1a: pienet asuinrakennukset, yhden asunnon talo	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 2
Kerrosten lukumäärä	yksi	suunnitteluratkaisu
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	suunnitteluratkaisu
Rakennetyyppi	pientalot, keskiraskas (vastaa: energiatehokkuuden lasken- taohje, taulukko 5.6)	suunnitteluratkaisu
Puolilämpimän autotallin sisälämpö- tila	17 °C	suunnitteluratkaisu

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

Tilojen lämmitysjärjestelmä		Lähde
Lämmöntuottojärjestelmä	maalämpöpumppu	suunnitteluratkaisu
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen lattialämmitys	suunnitteluratkaisu
Lattialämmityksen meno- ja paluuvien mitoitustilapöytä	menovesi 40 °C paluuvesi 30 °C	suunnitteluratkaisu
Maapiiristä lämpöpumpulle tulevan neste-tilan 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 puskurivarauksen 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	Parempi eristystaso, kuten energiatodistusasetuksen (1048/2017) liitteen 1, taulukon 5 mukaisesti (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 kuukausiaikataulu

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	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §	$T_s$
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosis}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	4,0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 4	$q_{50}$
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	35	-	Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.8	$x$
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	70	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Energiatehokkuuden laskentaohje, 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
<b>Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)</b>		<b>439,6</b>		

**Taulukko 8. Kylmäsiilat**

Kylmäsiilat	$L$ 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
<b>Yhteensä</b>				<b>16,33</b>

**Taulukko 9.** Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,80	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C maata vasten rajoittuvassa rakenteessa	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C maata vasten rajoittuvassa rakenteessa	$e_{\text{tilat}}$
Lämpöpumpun nimellistehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde	0,70	-	Rakennuksen mitoitusolojen lämmitystehontarpeen ja lämpöpumppuvallinnan perusteella	$\frac{\phi_{LP}}{\phi_{\text{tila}}}$
Lämpöpumpun vuosihyötysuhde tilojen lämmityskäytössä	3,1	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 13: menoveden korkein lämpötila 40 °C, maapiiristä tulevan nesteen lämpötila 3 °C	$SFP_{\text{tilat}}$
Lämpöpumpun vuosihyötysuhde käyttöveden lämmityskäytössä	2,3	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 13: menoveden korkein lämpötila 60 °C, maapiiristä tulevan nesteen lämpötila 3 °C	$SFP_{\text{kv}}$
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 interpoloituna energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 6.5 mukaan (ks. tämän ohjeen kohta 5.1)	$Q_{\text{varastointi,ulos}}$

**Taulukko 10.** Käyttövesi

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 12 §	
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeen yläraja	4200	kWh/a	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 12 §	
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen häviö	850	kWh/a	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 8	$Q_{\text{kv,varastointi}}$
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,92	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 5: erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot: ei kiertoa, eristetty, parempi	$\eta_{\text{kv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	0	kWh/a	ei kiertojohtoa	$Q_{\text{kv,kierto}}$

**Taulukko 11.** Ilmanvaihto

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,71	-	valmistajan ilmoittama arvo (YM Monisteen 122 mukaisesti laskettuna)	$\eta_{a,ivkone}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	58,8	L/s	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	58,8	L/s	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 § (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suurina)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihtokoneen sähköteho käytönajan tehostamattomilla ilmapirroilla	120	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	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 8.1.4	$\Delta T_{puhallin}$
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhde h/(24 h)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	$t_d$
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde vrk/(7 vrk)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	$t_v$

**Taulukko 12.** Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Rakennuksen viikoittainen käyttöaikasuhte h/(24 h)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Rakennuksen kuukausittainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	3	W/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,6	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen ominaisteho	6	W/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen käyttöaste	0,1	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Lämpökuorma ihmisistä	2	W/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Ihmisten läsnäoloaste	0,6	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-

**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	$A_{ikk}$
Ikkunalasituksen kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,56	0,56	0,56	0,56	Suunnitteluratkaisu (valmistajan ilmoittama arvo)	$g_{kohtisuora}$
Ikkunalasituksen auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,50	0,50	0,50	0,50	Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.5	$g$
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 5.3.2, oletusarvo	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	suunnitteluratkaisu: Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.2, valkoiset kaihtimet lasien sisäpuolella	$F_{verho}$
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivubarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei sivubarjostusta	$F_{sivubarjostus}$
Ympäristökerroin	-	Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.3 kulmalla 15°				suunnitteluratkaisu	$F_{ympäristö}$

### 3. Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien aiheuttamaa lämpökuormaa tarvitaan tilojen lämmitysenergiantarpeen laskennassa, ja siksi niiden sähkönkulutuksen laskenta esitetään tässä luvussa ennen lämmitysenergiantarpeen ja -järjestelmien laskentaa. Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien laskennassa noudatetaan energiatehokkuusasetuksessa annettuja määräyksiä. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettuja, lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi 11 §:ssä 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

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus} & \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) & (1) \\ \text{koko vuosi} & \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \% \end{aligned}$$

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 energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä 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

**Energiatehokkuusasetus  
(1010/2017), 11 §**

$$\left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (2)$$

**teho**

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

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyinä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa (744 tuntia)

**Energiatehokkuusasetus  
(1010/2017), 11 § jaettuna  
kuukausittain**

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

**tammikuu**

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

### 3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua, lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 6 W/m<sup>2</sup>. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 147 m<sup>2</sup>, joten valaistuksen tehoksi saadaan

**Energiatehokkuusasetus  
(1010/2017), 11 §**

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 147 \text{ m}^2 = 882 \text{ W}$$

Tällä teholla valaistuksen siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun valaistus on päällä energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyinä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Valaistuksen sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain**

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{käyttöaste} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (5)$$

**tammikuu**

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{882 \text{ W}}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 \text{ h} = 65,6 \text{ kWh}$$

### 3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 8.1. Kaavassa tarvittava ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP-luku) lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 8.2. Ominaissähköteho lasketaan rakennuksen käyttäjän tehostamattomilla suunnitteluilma-irroilla, vaikka muuten E-luvun laskennassa käytetäänkin energiatohokkuusasetuksessa määriteltyjä, vakioitua käyttöä kuvaavia ilma-irroja.

Tämä esimerkkirakennus on suunniteltu varustettavaksi yhdellä ilmanvaihtokoneella. Ilmanvaihtokoneen valmistajan ilmoittama sähköteho on 120 W suunnitelluilla käyttöajan tehostamattomilla ilma-irroilla ja painetasoilla. Rakennuksen suunniteltu käyttöajan tehostamaton poistoilmavirta on 0,067 m<sup>3</sup>/s ja tuloilmavirta 0,062 m<sup>3</sup>/s. SFP-luvun laskennassa käytetään suurempaa näistä kahdesta ilma-irrasta. SFP-luvuksi saadaan näin

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 8.2**

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

**koko vuosi**

$$SFP = \frac{0,120 \text{ kW}}{0,067 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$$

SFP-luku siis lasketaan rakennuksen *suunnitellulla* poistoilmavirralla  $q_{v,\text{poisto}}$ , eikä vakioitun käytön mukaisella ilma-irralla. Kun SFP-luku on tällä tavoin saatu selville, ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatohokkuusasetuksessa määriteltyjä vakioituja ilma-irroja ja käyttöaikoja. Tämän rakennustyyppin ilmanvaihto on aina päällä. Sähkönkulutukseksi saadaan näin

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 8.1**

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

**koko vuosi**

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 1,8 \frac{\text{kW}}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \cdot 0,0588 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8760 \text{ h/a} = 927,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Tässä  $q_{v,\text{poisto}}$  saa vakioituu käyttöön perustuvan arvon, joka löytyy taulukosta Taulukko 11.



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 Taulukko 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittävät huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 4.4.1 lämpökuormien laskennassa.

**Taulukko 14.** Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Yhteensä
	$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	$W_{\text{valaistus}}$	
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	196,9	65,6	262,5
Helmikuu	177,8	59,3	237,1
Maaliskuu	196,9	65,6	262,5
Huhtikuu	190,5	63,5	254,0
Toukokuu	196,9	65,6	262,5
Kesäkuu	190,5	63,5	254,0
Heinäkuu	196,9	65,6	262,5
Elokuu	196,9	65,6	262,5
Syyskuu	190,5	63,5	254,0
Lokakuu	196,9	65,6	262,5
Marraskuu	190,5	63,5	254,0
Joulukuu	196,9	65,6	262,5
<b>Koko vuosi</b>	<b>2317,9</b>	<b>772,6</b>	<b>3090,5</b>

## 4. Lämmitysenergian tarve

### 4.1 Lämmin käyttövesi

#### 4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuusasetuksen 12 §:n arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergiantarve vuodessa. Taulukosta energiatarpeeksi saadaan 35 kWh/(m<sup>2</sup> a). Rakennuksen lämmitetty nettoala on 147 m<sup>2</sup>, joten lämpimän käyttöveden nettoenergiantarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

*Energiatehokkuusasetus  
(1010/2017), 12 §*

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

*koko vuosi*

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

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve ylittää nyt energiatehokkuusasetuksen 12 §:ssä esitetyn rakennusluokalle määritellyn ylärajan, joka on 4200 kWh/a asuntoa kohden. Käyttöveden lämmitysenergian nettotarve asetetaan siten yhtä suureksi kuin lämmitysenergian rakennusluokkakohdainen yläraja

*Energiatehokkuusasetus  
(1010/2017), 12 §*

$$Q_{lkv,netto} = 4200 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

#### 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 liitteen 1 taulukosta 8. Rakennuksen käyttövesivaraajan tilavuus on 500 dm<sup>3</sup> ja siinä on 100 mm eriste. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöksi saadaan siten arvo 850 kWh/a

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

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

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

*tammikuu*

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

## 4.2 Ilmanvaihto

### 4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään energiatehokkuusasetuksen 10 §:ssä esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä käyttöaikoja. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhteeksi on tässä rakennuksessa määritetty laitetietojen mukaisia lämpötilasuhteita ja ympäristöministeriön monistetta 122<sup>3</sup> käyttäen arvo 0,71.

Esimerkkirakennuksen 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 ilmavirta lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C energiatehokkuuden laskentaohjeen 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 Taulukko 15. Taulukossa on esitetty tuloilman lämpötila myös siinä tapauksessa, että lämmöntalteenotto olisi aina päällä eikä poiskytkentä olisi käytössä.

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.11. Kaavaan voidaan ensin sijoittaa energiatehokkuuden laskentaohjeen kaava 3.12 laskennan yksinkertaistamiseksi. Näin saadaan seuraava yhtälö

<sup>3</sup> YM:n moniste 122 löytyy ympäristöministeriön verkkosivuilta osana ”Tasauslaskenta 2018”-opasta.

**Energiätehokkuuden laskentaohje, kaavat 3.11 ja 3.12**

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

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

**Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 3.12 muokattuna**

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

*a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa*

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

**Tämän ohjeen kaava (14)**

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

**tammikuu**

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

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. Laskennassa käytetyt kuukausien keskilämpötilat annetaan energiatehokkuusasetuksen liitteessä 1, taulukossa L1.2, ja ne toistetaan tämän ohjeen liitteessä 2 (Taulukko 33).

*b) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila toukokuussa*

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan toukokuussa

**kaava (14)**

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

**toukokuu**

$$T_{lto} = 10,76 \text{ °C} + 0,71 \cdot (21 \text{ °C} - 10,76 \text{ °C}) = 18,03 \text{ °C}$$

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 ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C

LTO poiskytkentäraja

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

toukokuu

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

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	$T_{lto}$	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$	$T_{lto}$	$T_{lto}$	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$
	aina päällä	aina päällä	aina päällä (poiskytkennällä)	aikataululla*) ja poiskytkennällä	aikataululla ja poiskytkennällä
	°C	°C	°C	°C	°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	16,50	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

\*) \*) Aikataulu tarkoittaa lämmöntalteenoton mahdollista poiskytkentää joiakin kalenterikuukausina.

#### 4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.10. Puhaltimen vaikutus on huomioitu kaavassa valmiiksi, joten siinä voidaan käyttää lämmöntalteenoton jälkeistä lämpötilaa. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on laskettu luvussa 4.2.1. Esimerkkirakennuksen 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 taulukko 16. Lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys on kytketty pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi (taulukko 5).

a) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tammikuussa

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.11 tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.11**

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (18)$$

**tammikuu**

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

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.11 toukokuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.11**

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (19)$$

**toukokuu**

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

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 Ito:n jälkeen	Sisäänpuhalluslämpötila	Lämmitysenergian nettotarve
	$T_{Ito}$	$T_{sp}$	$Q_{iv}$
	°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
<b>Koko vuosi</b>			<b>608,6</b>

### 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3 ja viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.4. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osaset on esitetty eritellyinä taulukko 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen 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

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4**

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

**tammikuu**

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

**b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi**

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

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4**

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

**tammikuu**

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

**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 energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava maan vuosittainen keskilämpötila lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.6.

Energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavassa 3.6 tarvittava ulkolämpötilan vuotuinen keskilämpötila on 5,57 °C. Tämä arvo saadaan energiatohokkuusasetuksen taulukosta L1.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero. Tämän eron arvona voidaan käyttää energiatohokkuuden laskentaohjeen luvun 3.2.4 ohjearvoa 5 °C. Edellä esitetyn perusteella alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila on

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.6**

$$Q_{\text{maa, vuosi}} = T_{u, \text{vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, vuosi}} \quad (22)$$

**koko vuosi**

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

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



**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.7**

$$Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (23)$$

**tammikuu**

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

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi voidaan nyt laskea energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.4 käyttämällä ulkolämpötilana  $T_u$  edellä laskettua maan kuukausittaista keskilämpötilaa. Johtumislämpöhäviöksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4 muunnettuna**

$$Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_{maa,kuukausi})\Delta t}{1000} \quad (24)$$

**tammikuu**

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

**Taulukko 17.** Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus
	$T_{maa, kuukausi}$	$\Delta T_{maa, kuukausi}$
	°C	°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
<b>Koko vuosi</b>	<b>10,57</b>	<b>0,0</b>

*d) Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi*

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

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4**

$$Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (25)$$

**tammikuu**

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

*e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi*

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

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4**

$$Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (26)$$

**tammikuu**

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

*f) Johtumislämpöhäviöt puolilämmintä tilaa vasten olevan ulkoseinän läpi*

Yksi talon ulkoseinistä rajoittuu puolilämpimään autotalliin. Tämän seinän johtumislämpöhäviöt lasketaan käyttämällä energiatohokkuuden laskentaohjeen 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

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4**

$$Q_{muu} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (27)$$

**tammikuu**

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

*g) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista*

Johtumislämpöhäviö viivamaisista kylmäsilloista lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.4. Ulkoseinien ja puolilämpimän autotallin välinen kylmäsilta oletetaan tässä esimerkissä merkitykseltään vähäiseksi ja jätetään siksi huomioimatta. Edellä mainitun oletuksen puitteissa kaikki rakennuksen kylmäsilat ovat yhteydessä ulkoilmaan, joten kylmäsiltojen konduktanssien ja pituuksien tulot voidaan laskea yhteen ja käyttää tätä summaa energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavassa 3.5. Tämä summa on esitetty taulukko 8.

Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista ovat edellä esitetyn perusteella tammikuussa yhteensä

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.5**

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

**tammikuu**

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

Viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat johtumislämpöhäviöt on esitetty taulukko 18.

**Taulukko 18.** Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kuukausi	US-YP	US-AP	US-US (ulkonurkka)	US-US (sisänurkka)	Ikkunat	Ovet	Yhteensä
							$Q_{\text{kylmäsillat}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	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
<b>Koko vuosi</b>	<b>380,3</b>	<b>1293,1</b>	<b>94,2</b>	<b>-40,4</b>	<b>341,4</b>	<b>129,2</b>	<b>2197,9</b>

Taulukossa US tarkoittaa ulkoseiniä, YP yläpohjaa ja AP alapohjaa.

#### *h) Johtumislämpöhäviöiden summa*

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden summa lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3. Johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

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

**tammikuu**

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

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukko 19.

**Taulukko 19.** Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Puolilämpimään tilaan	Kylmäsiilat	Yhteensä
	$Q_{ulkoseinät}$	$Q_{yläpohja}$	$Q_{alopohja}$	$Q_{ikkunat}$	$Q_{ovet}$	$Q_{muu}$	$Q_{kylmäsiilat}$	$Q_{joht}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	338,7	245,8	193,9	453,3	152,3	2,9	303,3	1690,3
Helmikuu	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
<b>Koko vuosi</b>	<b>2454,6</b>	<b>1781,1</b>	<b>2281,6</b>	<b>3284,9</b>	<b>1104,0</b>	<b>34,3</b>	<b>2197,9</b>	<b>13138,5</b>

#### 4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan energiatehokkuusasetuksen 17 § mukaan (energiatehokkuuden laskentaohjeen 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 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 taulukko 7. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

**Energiatehokkuusasetus, 17 §**  
**(Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.9)**

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

**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

**Energiätehokkuuden laskentaohje, 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 taulukko 20.

#### 4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.14. Kaavassa käytetty sisäänpuhalluslämpötila on esitetty taulukko 16. Tuloilman lämmitysenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukko 20. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään energiatehokkuusasetuksen 10 §:ssä esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä käyttöaikoja.

##### 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

**Energiätehokkuuden laskentaohje, 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

**Energiätehokkuuden laskentaohje, 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

**Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 3.13**

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

**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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa<sup>4</sup>. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat tekijät on esitetty kuukausikohtaisesti taulukko 20. Kokonaisenergiatarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret, joten korvausilmavirtaa ei ole. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

**Energiätehokkuuden laskentaohje, 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>4</sup> Tuloilman lämmittäminen sisäänpuhalluslämpötilaan lasketaan kohdassa 5.3 osana lämmitysjärjestelmän energiantarvetta, kohdassa 4.2.2 lasketun ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeen avulla.

**Taulukko 20.** Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	$Q_{joht}$	$Q_{vuotoilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	$Q_{iv,korvausilma}$	$Q_{tila}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	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
<b>Koko vuosi</b>	<b>13138,5</b>	<b>2254,6</b>	<b>2454,0</b>	<b>0,0</b>	<b>17847,1</b>

**Taulukko 21.** Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	$Q_{joht}$	$Q_{vuotoilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	$Q_{iv,korvausilma}$	$Q_{tila}$
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	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
<b>Koko vuosi</b>	<b>89,38</b>	<b>15,34</b>	<b>16,69</b>	<b>0,00</b>	<b>121,41</b>

## 4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

### 4.4.1 Lämpökuormat

#### a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttama lämpökuorma käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä 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

$$\text{Energiatehokkuusasetus, 11 §} \quad \left( \begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (36)$$

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

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä 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

$$\text{Energiatehokkuusasetus, 11 §} \quad \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (37)$$

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

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

$$\text{Energiatehokkuusasetus, 11 §} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöaste} \\ \text{(käyttöajasta)} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (38)$$

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



Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukko 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.3 tammikuussa

<b>Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.3</b>	$Q_{säh} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus}$	(39)
<b>tammikuu</b>	$Q_{säh} = 196,9 + 65,6 = 262,5 \text{ kWh}$	

c) *Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista*

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt lasketaan lämpökuormiksi energiatehokkuusasetuksen 18 §:n 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. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukko 24.

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

<b>Energiatehokkuusasetus, 18 §</b>	$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto}$	(40)
<b>koko vuosi</b>	$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot 0 = 0 \frac{\text{kWh}}{a}$	

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan

<b>Energiatehokkuusasetus, 18 §</b>	$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,varastointi}$	(41)
<b>koko vuosi</b>	$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot 850 = 425 \frac{\text{kWh}}{a}$	

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttama lämpökuorma voidaan jakaa kuukausittaiseksi lämpökuormaksi kuukausien pituuden perusteella. Käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi

saadaan siten esimerkiksi tammikuussa

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

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

d) *Lämpökuorma auringon säteilystä*

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 taulukossa L1.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskerroin lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskerroin, ylävarjostuskerroin ja sivuvarjostuskerroin on esitetty energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukoissa 5.3–5.5.

Pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia sekä varjostuskerroin riippuvat pinnan suunnasta. Esimerkikirakennuksessa ikkunat on jaoteltu neljään ryhmään lähimmän päällmansuunnan perusteella. Ikkunoiden pinta-alat ja muut ominaisuudet on esitetty taulukko 13. Varjostusten korjauskertoimen ja säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin on esitetty kuukausittain taulukoissa Taulukko 22 ja Taulukko 23.

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.4. Lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.4**  $Q_{aur} = G_{\text{säteily,pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{ikk} g \quad (43)$

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

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

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

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

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

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 Taulukko 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

<b>Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 5.8</b>	$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus}$	(44)
<b>tammikuu, ikkunat pohjoiseen</b>	$F_{varjostus} = 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,98$	
<b>tammikuu, ikkunat itään</b>	$F_{varjostus} = 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$	
<b>tammikuu, ikkunat etelään</b>	$F_{varjostus} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$	
<b>tammikuu, ikkunat länteen</b>	$F_{varjostus} = 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$	

**Taulukko 22.** Varjostusten korjauskerroin

Kuukausi	Pohjoinen	Koillinen	tä	Kaakko	Etelä	Lounas	Länsi	Luode
	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tammikuu</b>	0,980	0,920	0,860	0,805	0,750	0,805	0,860	0,920
<b>Helmikuu</b>	0,960	0,895	0,830	0,795	0,760	0,795	0,830	0,895
<b>Maaliskuu</b>	0,960	0,895	0,830	0,815	0,800	0,815	0,830	0,895
<b>Huhtikuu</b>	0,930	0,880	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,880
<b>Toukokuu</b>	0,930	0,890	0,850	0,875	0,900	0,875	0,850	0,890
<b>Kesäkuu</b>	0,860	0,845	0,830	0,870	0,910	0,870	0,830	0,845
<b>Heinäkuu</b>	0,900	0,875	0,850	0,880	0,910	0,880	0,850	0,875
<b>Elokuu</b>	0,880	0,840	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,840
<b>Syyskuu</b>	0,950	0,890	0,830	0,820	0,810	0,820	0,830	0,890
<b>Lokakuu</b>	0,960	0,905	0,850	0,805	0,760	0,805	0,850	0,905
<b>Marraskuu</b>	0,960	0,910	0,860	0,795	0,730	0,795	0,860	0,910
<b>Joulukuu</b>	0,980	0,955	0,930	0,830	0,730	0,830	0,930	0,955
<b>Koko vuosi</b>	<b>0,938</b>	<b>0,892</b>	<b>0,846</b>	<b>0,827</b>	<b>0,808</b>	<b>0,827</b>	<b>0,846</b>	<b>0,892</b>

Rakennuksen ikkunoiden kehäkertoimen arvoa ei ole selvitetty erikseen. Arvona käytetään siten energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdan 5.3.3 oletusarvoa 0,75. Rakennuksen ikkunoiden

verhokertoimen arvioidaan olevan 0,60. Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

<b>Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 5.6</b>	$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}}$ (45)
<b>tammikuu, ikkunat pohjoiseen</b>	$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,98 = 0,441$
<b>tammikuu, ikkunat itään</b>	$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 0,387$
<b>tammikuu, ikkunat etelään</b>	$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,75 = 0,338$
<b>tammikuu, ikkunat länteen</b>	$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 0,387$

**Taulukko 23.** Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

Kuukausi	Pohjoinen	Koillinen	Itä	Kaakko	Etelä	Lounas	Länsi	Luode
	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tammikuu</b>	0,441	0,414	0,387	0,362	0,338	0,362	0,387	0,414
<b>Helmikuu</b>	0,432	0,403	0,374	0,358	0,342	0,358	0,374	0,403
<b>Maaliskuu</b>	0,432	0,403	0,374	0,367	0,360	0,367	0,374	0,403
<b>Huhtikuu</b>	0,419	0,396	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,396
<b>Toukokuu</b>	0,419	0,401	0,383	0,394	0,405	0,394	0,383	0,401
<b>Kesäkuu</b>	0,387	0,380	0,374	0,392	0,410	0,392	0,374	0,380
<b>Heinäkuu</b>	0,405	0,394	0,383	0,396	0,410	0,396	0,383	0,394
<b>Elokuu</b>	0,396	0,378	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,378
<b>Syyskuu</b>	0,428	0,401	0,374	0,369	0,365	0,369	0,374	0,401
<b>Lokakuu</b>	0,432	0,407	0,383	0,362	0,342	0,362	0,383	0,407
<b>Marraskuu</b>	0,432	0,410	0,387	0,358	0,329	0,358	0,387	0,410
<b>Joulukuu</b>	0,441	0,430	0,419	0,374	0,329	0,374	0,419	0,430
<b>Koko vuosi</b>	<b>0,422</b>	<b>0,401</b>	<b>0,381</b>	<b>0,372</b>	<b>0,363</b>	<b>0,372</b>	<b>0,381</b>	<b>0,401</b>

e) *Lämpökuormien kokonaismäärä*

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen 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

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 5.9**

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

**tammikuu**

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = 131,2 + 265,5 + 39,5 + 0 + 36,1 = 469,3 \text{ kWh}$$

**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
<b>Tammikuu</b>	131,2	262,5	39,5	0,0	36,1	469,3
<b>Helmikuu</b>	118,5	237,1	124,6	0,0	32,6	512,8
<b>Maaliskuu</b>	131,2	262,5	293,3	0,0	36,1	723,1
<b>Huhtikuu</b>	127,0	254,0	370,8	0,0	34,9	786,8
<b>Toukokuu</b>	131,2	262,5	459,2	0,0	36,1	889,0
<b>Kesäkuu</b>	127,0	254,0	444,2	0,0	34,9	860,1
<b>Heinäkuu</b>	131,2	262,5	485,3	0,0	36,1	915,1
<b>Elokuu</b>	131,2	262,5	354,6	0,0	36,1	784,4
<b>Syyskuu</b>	127,0	254,0	314,3	0,0	34,9	730,3
<b>Lokakuu</b>	131,2	262,5	120,1	0,0	36,1	549,9
<b>Marraskuu</b>	127,0	254,0	48,8	0,0	34,9	464,7
<b>Joulukuu</b>	131,2	262,5	32,3	0,0	36,1	462,1
<b>Koko vuosi</b>	<b>1545,3</b>	<b>3090,5</b>	<b>3087,0</b>	<b>0,0</b>	<b>425,0</b>	<b>8147,4</b>

f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 5.5. esitetyllä tavalla. Hyödyntämisasteen laskeminen aloitetaan laskemalla rakennuksen tilojen ominaislämpöväiö energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.16. Sen arvoksi saadaan tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 5.16**

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

**tammikuu**

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

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida energiatohokkuuden laskentaohjeen taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpökapasiteetin ominaisarvoksi arvoksi on tässä rakennuksessa arvioitu 70 Wh/(m<sup>2</sup> K). Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

**Energiatehokkuu-  
den laskentaohje,  
taulukko 5.6**

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \quad (48)$$

**koko vuosi**

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

Rakennuksen aikavakio lasketaan ominaislämpöhäviön ja lämpökapasiteetin avulla energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.15. Rakennuksen aikavakioksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuu-  
den laskentaohje,  
kaava 5.15**

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (49)$$

**tammikuu**

$$\tau = \frac{10290}{119,0} = 86,47 \text{ h} = 3,6 \text{ d}$$

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.14. Suhteeksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuu-  
den laskentaohje,  
kaava 5.14**

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}} \quad (50)$$

**tammikuu**

$$\gamma = \frac{469,3}{2211,4} = 0,212$$

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

**Energiatehokkuu-  
den laskentaohje,  
kaava 5.13**

$$a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (51)$$

**tammikuu**

$$a = 1 + \frac{86,47 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 6,765$$

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste voidaan nyt laskea energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.11. Hyödyntämisasteen arvoksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuu-  
den laskentaohje,  
kaava 5.11**

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (52)$$

**tammikuu**

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,212^{6,765}}{1 - 0,212^{(6,765+1)}} = 1,00$$

**Taulukko 25.** Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	$H_{tila}$	$\tau$	$\gamma$	$a$	$\eta_{lämpö}$
	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	0,94
Kesäkuu	185,29	55,54	0,98	4,70	0,84
Heinäkuu	229,67	44,80	1,48	3,99	0,63
Elokuu	208,97	49,24	1,05	4,28	0,80
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

#### 4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.10. Laskennassa tarvitaan rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä ja lämpökuormien hyödyntämisaste. Lämpökuormista hyödynnettäväksi energiaksi saadaan tammikuussa

*Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.10*

$$Q_{sis,lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad (53)$$

*tammikuu*

$$Q_{sis,lämpö} = 1,0 \cdot 469,3 = 469,3 \text{ kWh}$$

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

**Taulukko 26.** Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä	Hyödyntämisaste	Lämpökuormista hyödyksi
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{sis. Lämpö}}$
	kWh	-	kWh
Tammikuu	469,3	1,000	469,3
Helmikuu	512,8	1,000	512,7
Maaliskuu	723,1	0,999	722,7
Huhtikuu	786,7	0,993	781,4
Toukokuu	889,0	0,939	834,9
Kesäkuu	860,1	0,844	726,1
Heinäkuu	915,1	0,633	579,1
Elokuu	784,4	0,803	629,8
Syyskuu	730,2	0,965	704,3
Lokakuu	549,9	0,998	549,0
Marraskuu	464,7	1,000	464,7
Joulukuu	462,1	1,000	462,1
<b>Koko vuosi</b>	<b>8147,3</b>	<b>-</b>	<b>7436,1</b>

#### 4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 4.3 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohdassa 4.4. Nämä molemmat on myös esitetty taulukko 27 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

*Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.1*

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (54)$$

*tammikuu*

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 2211,4 - 469,3 = 1742,1 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.



**Taulukko 27.** Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuormista	Nettotarve
	$Q_{tila}$	$Q_{sis. lämpö}$	$Q_{lämmitys, tilat, netto}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	2211,4	469,3	1742,1
Helmikuu	2048,8	512,7	1536,1
Maaliskuu	2148,1	722,7	1425,4
Huhtikuu	1601,7	781,4	820,3
Toukokuu	1202,6	834,9	367,7
Kesäkuu	903,2	726,1	177,1
Heinäkuu	632,2	579,1	53,1
Elokuu	769,6	629,8	139,8
Syyskuu	1090,0	704,3	385,7
Lokakuu	1420,6	549,0	871,6
Marraskuu	1773,4	464,7	1308,7
Joulukuu	2045,6	462,1	1583,5
<b>Koko vuosi</b>	<b>17847,1</b>	<b>7436,1</b>	<b>10411,1</b>

**Taulukko 28.** Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuormista	Nettotarve
	$Q_{tila}$	$Q_{sis. lämpö}$	$Q_{lämmitys, tilat, netto}$
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	15,04	3,19	11,85
Helmikuu	13,94	3,49	10,45
Maaliskuu	14,61	4,92	9,70
Huhtikuu	10,90	5,32	5,58
Toukokuu	8,18	5,68	2,50
Kesäkuu	6,14	4,94	1,20
Heinäkuu	4,30	3,94	0,36
Elokuu	5,24	4,28	0,95
Syyskuu	7,41	4,79	2,62
Lokakuu	9,66	3,73	5,93
Marraskuu	12,06	3,16	8,90
Joulukuu	13,92	3,14	10,77
<b>Koko vuosi</b>	<b>121,4</b>	<b>50,59</b>	<b>70,82</b>

## 5. Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

### 5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen lattialämmitys meno- ja paluu- lämpötiloilla 40/30 °C sekä maanvarainen alapohja. Energiatodistusasetuksen 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen mukaisesti käyttövesivesivaraajan häviöistä interpoloimalla. Vastaavan käyttövesivaraajan häviöksi saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 6.5 850 kWh/a. Varaajan lämpöhäviöt riippuvat varaajan lämpötilasta. Lämpöpumpun menovesilämpötila on käyttöveden latauksessa korkeimmillaan 60 °C ja tilojen lämmityksen varaajaa ladataksa 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavan 6.1 ja taulukossa 27 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.1**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (55)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{10411,1}{0,80} + 0 + 567 = 13580,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

#### b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen lattialämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 40/30 °C sekä maanvarainen alapohja. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 2,5 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.4

**Energiatoh-  
kuuden laskenta-  
ohje,  
kaava 6.4**

$$W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto} \quad (56)$$

**koko vuosi**

$$W_{tilat} = 2,5 \cdot 147 = 367,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

c) *Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus*

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) laskennallinen ostoenergiankulutus laske-  
taan energiatohkuuden laskentaohjeen luvussa 7 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmön-  
tuottojärjestelmänä on maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu erikseen tä-  
män ohjeen luvussa 5.4.

## 5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) *Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve (kulutus)*

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatohkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.5.  
Käyttöveden siirron (jakelun) hyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 5. Jär-  
jestelmässä ei ole kiertojohtoa ja putkien eristystaso on hyvä. Siirron hyötysuhteeksi saadaan näin tau-  
lukosta 0,92. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon hä-  
viöt. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Esimerkkiraken-  
nuksessa ei hyödynnetä jäteveden lämmön talteenottoa. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpö-  
energian tarpeeksi saadaan

**Energiatoh-  
kuuden laskenta-  
ohje,  
kaava 6.5**

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} + Q_{\text{lkv, ulos}} - Q_{\text{lkv, lto}} \quad (57)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{4200}{0,92} + 850 + 0 + 0 + 0 = 5415,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 5415 kWh lämmitysenergiaa käyt-  
töveden vuodessa.

b) *Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän energiankulutus*

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) lämpöenergian kulutus lasketaan  
energiatohkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi läm-  
mitetään kompressorikäyttöisellä lämpöpumpulla. Lämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu erikseen  
luvussa 5.4.

### 5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarpeen laskennassa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteeksi voidaan olettaa 100 %, energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti. Ilmanvaihdon lämpöenergian kokonaistarve on siten yhtä suuri kuin luvussa 4.2.2 laskettu ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kohta 6.2.2**

$$Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{Q_{iv}}{1,00} \quad (58)$$

**koko vuosi**

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

#### b) Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus

Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa tuloilma lämmitetään sähkövastuksella. Sähkövastuksen kuluttama sähköenergia on käytännössä yhtä suuri kuin sähkövastuksen luovuttama lämpöenergia. Sähkövastuksen hyötysuhteena voidaan siten käyttää arvoa 1,00. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan näin

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.1**

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

**koko vuosi**

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

### 5.4 Lämpöpumpun sähköenergian kulutus

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.3 esitetyllä tavalla. Laskenta aloitetaan poimimalla lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja käyttöveden yhteenlasketusta lämmitysenergiasta energiatohokkuuden laskentaohjeen 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

$$\frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{Q_{\text{lämmitys,lkv}}} = \frac{13580,8}{5415,2} = 2,51 \quad (60)$$

Edellä esitetyillä arvoilla energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta L2.1 saadaan interpoloimalla lämpöpumpun kattamaksi osuudeksi tilojen ja käyttöveden yhteenlasketusta lämmitysenergiasta

**Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko L2.1**

$$x = \frac{Q_{LP}}{Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}}} = 0,9623 \approx 0,96 \quad (61)$$

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

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

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} = 13580,8 + 5415,2 = 18996,0 \text{ kWh}$$

Lämpöpumpun sähköenergian kulutus lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 7.12. Yhdistämällä tähän kaavaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.3.2 esitetyt yhtälöt, saadaan seuraava yhtälö

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.12**

$$W_{LP,\text{lämmitys}} = x \left( \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{SFP_{\text{tilat}}} + \frac{Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{SFP_{\text{lkv}}} \right) + (1 - x) Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} \quad (63)$$

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

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.12 muokattuna**

$$W_{LP,\text{lämmitys}} = x \left( \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{SFP_{\text{tilat}}} + \frac{Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{SFP_{\text{lkv}}} \right) + (1 - x) Q_{\text{lämmitys,tilat,lkv}} \quad (64)$$

**koko vuosi**

$$W_{LP,\text{lämmitys}} = 0,96 \cdot \left( \frac{13580,8}{3,1} + \frac{5415,2}{2,3} \right) + (1 - 0,96) \cdot 18996,0 = 7225,8 \text{ kWh}$$

Lämpöpumpun kompressorin ja lisäsähkövastuksen rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluttama sähkö voidaan arvioida kaavasta (63) asettamalla kaavassa käyttöveden lämmittämiseen käytetty

lämpöenergia nollaksi. 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**

$$W_{LP,lämmitys,tilat} = 0,96 \cdot \left( \frac{13580,8}{3,1} \right) + (1 - 0,96) \cdot 13580,8 = 4748,9 \text{ kWh}$$

Lämpöpumpun kompressorin ja lisäsähkövastuksen lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluttama sähköenergia voidaan arvioida vastaavasti asettamalla kaavassa (63) tilojen lämmittämiseen käytetty lämpöenergia nollaksi. 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**

$$\left( \begin{array}{c} \text{maalämpöpumpun} \\ \text{maapiiristä} \\ \text{keräämä} \\ \text{energia} \end{array} \right) = 18996,0 - 7225,8 = 11770,5 \text{ kWh}$$

## 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 lämmitetyillä 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
<b>Tilojen lämmitys</b>	<b>10411,0</b>	<b>70,8</b>	<b>4.4.3</b>
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	-7436,1	-50,6	4.4.2
<b>Ilmanvaihdon lämmitys</b>	<b>608,6</b>	<b>4,1</b>	<b>4.2.2</b>
<b>Lämpimän käyttöveden lämmitys</b>	<b>4200,0</b>	<b>28,6</b>	<b>4.1.1</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>15219,6</b>	<b>103,5</b>	<b>-</b>

### 6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

Rakennuksen teknisten järjestelmien 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>19604,8</b>	<b>133,4</b>	-
Tilojen lämmitys	368	2,5	-	13580,8	92,4	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	13580,8	92,4	5.1 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	368	2,5	5.1 b)	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	609	4,1	5.3 a)
Käyttöveden lämmitys	-	-	-	5415	36,8	5.2 a)
<b>Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet</b>	<b>927,2</b>	<b>6,3</b>	3.3	-	-	-
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>3090,5</b>	<b>21,0</b>	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	2318	15,8	3.1	-	-	-
Valaistus	772,6	5,3	3.2	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>4385,7</b>	<b>29,8</b>	-	<b>19604,8</b>	<b>133,4</b>	-

### 6.3 Laskennallinen ostoenergiankulutus

Laskennallinen ostoenergiankulutus on esitetty eriteltyinä alla olevassa taulukossa.



**Taulukko 31.** Laskennallinen ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Laskennallinen ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>12221</b>	<b>83,14</b>
<b>Tilojen lämmitys</b>	<b>5117</b>	<b>34,81</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	4749	32,31
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	368	2,50
<b>Lämmin käyttövesi</b>	<b>2477</b>	<b>16,85</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	2477	16,85
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	0	0,00
<b>Tuloilman lämmitys</b>	<b>609</b>	<b>4,14</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	609	4,14
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	<b>927</b>	<b>6,31</b>
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	927	6,31
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>3091</b>	<b>21,03</b>
Kuluttajalaitteet	2318	15,77
Valaistus	773	5,26

## 6.4 E-luku

Laskennallinen ostoenergiankulutus muunnetaan energiatehokkuuden vertailuluvuksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Energiamuotojen kertoimet on annettu kerroinasetuksessa (valtioneuvoston asetus 788/2017 rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Sähköenergian kerroin on 1,2. Sähköenergian aiheuttamaksi osuudeksi E-luvusta saadaan näin

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

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E - luvusta} \end{array} \right) = 1,2 \cdot 83,14 = 99,76 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Tässä rakennuksessa ostoenergiana käytetään vain sähköenergiaa. Esimerkkirakennuksen E-luku saadaan siis laskettua yksinomaan laskennallisen ostosähkönkulutuksen nojalla

$$E\text{-luku} = \left( \frac{\text{sähkönkulutuksen aiheuttama osuus } E \text{ - luvusta}}{\text{}} \right) \quad (69)$$

$$E\text{-luku} = 99,76 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 100 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

E-luku pyöristetään aina ylöspäin. Tämän rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku on siis 100 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a). Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku on esitetty eriteltynä taulukko 32

**Taulukko 32.** Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	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>	12221	83,14	1,2	14665,2	99,76
Tilojen lämmitys	5117	34,81	1,2	6140,4	41,77
Lämmin käyttövesi	2477	16,85	1,2	2972,4	20,22
Tuloilman lämmitys	609	4,14	1,2	730,8	4,97
Ilmanvaihtojärjestelmä	927	6,31	1,2	1112,4	7,57
Kuluttajalaitteet ja valaistus	3091	21,03	1,2	3709,2	25,23
<b>Yhteensä</b>				<b>14665,2</b>	<b>99,76</b>
				<b>E-LUKU</b>	<b>100</b>

Liitteessä 1 esitellään energiatodistuslomakkeen luonnos täytettynä esimerkkirakennuksen tiedoilla.

# Liite 1. Energiatodistus

## ENERGIATODISTUS 2018

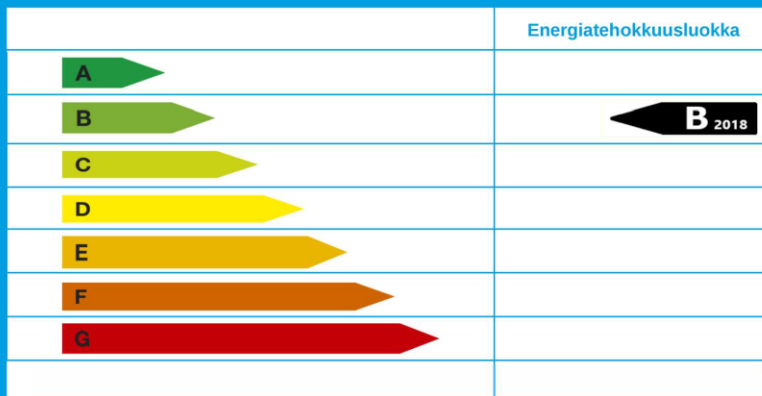
Rakennuksen nimi ja osoite: Uusi pientalo 2018  
YM:n Energiatodistusoppaan 2018 esimerkki  
33333, ESIMERKKIPAikkakunta

Pysyvä rakennustunnus:  
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2018  
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Yhden asunnon talot

Todistustunnus: XXXXXX

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa  
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa  
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:

	Energiatodistusluokka
	
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku  
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimustaso

$\text{kWh}_e / (\text{m}^2 \cdot \text{vuosi})$   
100  
 $\leq 112$

Todistuksen laatija:  
Eero Energiatodistuksenlaatija

Yritys:  
Yritys OY  
Katuosoite 3,  
00100 HKI

Sähköinen allekirjoitus:  
Energiatodistuksenlaatija, Eero  
1.10.2018 15:05:05

Todistuksen laatimispäivä:  
1.10.2018

Viimeinen voimassaolopäivä:  
1.10.2028

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHDOKKUUDESTA

### Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala 147 m<sup>2</sup>  
 Lämmitysjärjestelmän kuvaus Maalämpöpumppu / Maalämpöpumppu  
 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus LTO-kone (lto 71%)

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	12 219	84	1,2	100
<b>Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)</b>				<b>100</b>

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko **Pienet asuinrakennukset**

Luokkien rajat asteikolla

A: ... 80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163
D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443
G: 444 ...		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

**B**

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

### Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)

-

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".

Todistustunnus: XXXXXX, 2/8

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	2018	Lämmitetty nettoala	147	m <sup>2</sup>
<b>Rakennusvaippa</b>				
Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	4,0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>U×A</b>	<b>Osuus lämpöhäviöistä</b>
	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 %
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>				
	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>g<sub>kohtisuora</sub> -arvo</b>	
	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				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO-kone (lto 71%)			
	<b>Ilmavirta tulo/poisto</b>	<b>Järjestelmän SFP-luku</b>	<b>LTO:n lämpötilasuhde</b>	<b>Jäätymisenesto</b>
	(m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	kW / (m <sup>3</sup> /s)	-	°C
Pääilmanvaihdonkoneet	0,06 / 0,06	1,80	80 %	3,00
Erillispoistot	0,00 / 0,00	0,00	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,06 / 0,06	1,80	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:	71 %			
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Maalämpöpumppu / Maalämpöpumppu			
	<b>Tuoton hyötysuhde</b>	<b>Jaon ja luovutuksen hyötysuhde</b>	<b>Lämpökerroin<sup>1</sup></b>	<b>Apulaitteiden sähkönkäyttö<sup>2</sup></b>
	-	-	-	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 vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Varaava tulisija	<b>Määrä</b>	<b>Tuotto</b>		
Ilmalämpöpumppu	kpl	kWh		
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>				
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin				
-				
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	<b>Ominaiskulutus</b>	<b>Lämmitysenergian nettotarve</b>		
	dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Lämmin käyttövesi	490	29		
<b>Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla</b>				
	<b>Käyttöaste</b>	<b>Henkilöt</b>	<b>Kuluttajalaitteet</b>	<b>Valaistus</b>
	-	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2,0	3,0	
Valaistus	10 %			6,0

Todistustunnus: XXXXXX, 3/8

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2018			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	147			
<b>E-luku, kWh<sub>e</sub>/ (m<sup>2</sup>vuosi)</b>	<b>100</b>			
<b>E-luvun erittely</b>				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä 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	12 219	1,2	14 663	100
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>12 219</b>		<b>14 663</b>	<b>100</b>
<b>Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)</b>				
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		kWh/vuosi 11 770	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi) 81	
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>				
		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	92,4	-
Tuloilman lämmitys		4,1	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	36,8	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		6,3	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0,0	0,0	0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21,0	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>34,0</b>	<b>130,0</b>	<b>0,0</b>
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
<b>Energian nettotarve</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>		10 410	71	
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>		609	5	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4 200	29	
Jäähdytys		0	0	
<sup>2</sup> sisältää vuotilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
<b>Lämpökuormat</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Aurinko		3 087	21	
Henkilöt		1 545	11	
Kuluttajalaitteet		2 318	16	
Valaistus		773	6	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		425	3	
<b>Laskentatyökalun nimi ja versio numero</b>				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	Laskentaohjelma X Versio 1.0			

Todistustunnus: XXXXXX, 4/8

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmitystarvelukukorjausta. Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 147 m<sup>2</sup>

Energiaverkoista ostettu energia	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
----------------------------------	-----------	----------------------------

Kaukolämpö

Kokonaissähkö

    Kiinteistösähkö

    Käyttäjäsähkö

Kaukojäähdytys

Ostetut polttoaineet <sup>1</sup>	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
-----------------------------------	-----------------------------	---------	------------------------	-----------	----------------------------

Kevyt polttoöljy

Piilkeet (havu- ja sekapuu)

Piilkeet (koivu)

Puupelletit

litra

pino-m<sup>3</sup>

pino-m<sup>3</sup>

kg

10

1300

1700

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

**YHTEENSÄ**

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen säätiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.

Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiakulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiakulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

Todistustunnus: XXXXXX, 5/8

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Toimenpide-ehdotukset tähtäävät E-luvun parantamiseen, joten ne arvioidaan rakennuksen vakioidulla käytöllä. Osio ei koske uusia rakennuksia.

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

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
1				
2				
3				

### Huomiot ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
1				
2				
3				

### Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
1				
2				
3				

Todistustunnus: XXXXXX, 6/8



**Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät****Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset**

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian muutos</b>	<b>Sähkö, ostoenergian muutos</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian muutos</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 ostoenergian muutokset**

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian muutos</b>	<b>Sähkö, ostoenergian muutos</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian muutos</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 (eivät vaikuta E-lukuun)****Lisätietoja energiatehokkuudesta**

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

Todistustunnus: XXXXXX, 7/8

## LISÄMERKINTÖJÄ

Todistustunnus: XXXXXX, 8/8

## Liite 2. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

**Taulukko 33.** Kuukausittaiset 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
<b>Koko vuosi</b>	<b>8760</b>	<b>5,57</b>

Ulkoilman keskilämpötila on poimittu energiatehokkuusasetuksen liitteestä 1, taulukosta L1.2.

# Liite 3. Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta

Energiatohokkuuden laskentaohjeen 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 (2,51)
3. ilmastovyöhykkeen I ja lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkeimman lämpötilan 40 °C mukainen valinta.

$\phi_w/\phi_{ta}$	$\frac{Q_{kammitus}}{Q_{kammitus}+UV}$	Säävyöhyke: I				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, °C$				$T_m, °C$				$T_m, °C$			
		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	0,93
	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