

# Energiatodistuksen laadintaesimerkki omakotitalo vuodelta 2000

Energiatodistusoppaan 2013 liite  
5.11.2013

# Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Esimerkkirakennus</b> .....	<b>5</b>
2.1 Rakennuksen tiedot .....	5
2.2 Laskentasuureet .....	7
<b>3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus</b> .....	<b>10</b>
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus .....	10
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus .....	11
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus .....	12
3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä .....	12
<b>4 Lämmitysenergian tarve</b> .....	<b>13</b>
4.1 Lämmin käyttövesi .....	13
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve .....	13
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviö .....	13
4.2 Ilmanvaihto .....	14
4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila .....	14
4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve .....	16
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve .....	18
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	18
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa .....	23
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa .....	23
4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä .....	24
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve .....	26
4.4.1 Lämpökuormat .....	26
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia .....	33
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä .....	34
<b>5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus</b> .....	<b>36</b>
5.1 Tulisijan tiloihin luovuttama lämpömäärä ja energiankulutus .....	36
5.2 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	37
5.3 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	39
5.4 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	40
<b>6 Yhteenveto laskennan tuloksista</b> .....	<b>41</b>
6.1 Lämmitysenergian nettotarve .....	41
6.2 Ostoenergiankulutus .....	42
6.3 Kokonaisenergiankulutus .....	42
6.4 Toteutunut energiankulutus .....	44
<b>7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi</b> .....	<b>45</b>
7.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat .....	45
7.2 Ylä- ja alapohja .....	46
7.3 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät .....	47
7.4 Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät .....	48
<b>8 Energiatodistus</b> .....	<b>49</b>
<b>Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat</b> .....	<b>57</b>

# 1 Johdanto

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

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

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadinta perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perusteella selvitetään rakennuksen ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutuksen laskennassa tarvittavat lähtötiedot sekä esitetään rakennuksesta tehdyt havainnot ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisiksi arvioidut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Lisäksi on ilmoitettava olemassa olevan rakennuksen toteutunut ostoenergiankulutus, jos tieto on saatavilla.

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

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kokonaisenergiankulutus on arvio rakennuksen ostoenergiankulutuksen aiheuttamasta energianlähteiden kulutuksesta. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa sähköenergian kerroin on 1,7, kaukolämmön kerroin on 0,7,

---

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

kaukojäähdytyksen kerroin on 0,4, uusiutumattomien polttoaineiden, kuten tavanomaisen lämmitysöljyn, kerroin on 1,0 ja uusiutuvien polttoaineiden, kuten polttopuun, kerroin on 0,5.

## 2 Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on kaksikerroksinen vuonna 2000 valmistunut pientalo. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 210,5 m<sup>2</sup>. Rakennuksen käyttövesi lämmitetään sähköllä ja tilat tilakohtaisilla sähköpattereilla. Sähkölämmityksen lisäksi rakennuksessa on varaava tulisija. Rakennuksessa on yhdellä ilmanvaihtokoneella toteutettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto, sähköinen jälkilämmityspatteri ja lämmöntalteenoton poiskytkentä tuloilman asetusarvon ylittyessä. Rakennuksen yksityiskohtaiset tiedot on esitetty taulukoituna luvuissa 2.1 ja 2.2.

Rakennuksen asukkaiden haastattelun perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2012 yhteensä 42 000 kWh sähköä. Lisäksi rakennuksen varaavassa tulisijassa on poltettu vuoden aikana noin kolme irtokuutiometriä koivupuupilkettä.

Kylmäsiltojen laskenta tehdään tässä esimerkissä ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön.

### 2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Pori	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	1999	rakennuksen asiakirjat
Valmistumisvuosi	2000	rakennuksen asiakirjat
Laskennan säävyöhyke	D3/2012 vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	erilliset pientalot, yhden asunnon talot	YM asetus 176/2013, liite 2
Kerrosten lukumäärä	kaksi	havainnointi paikanpäällä
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	havainnointi paikanpäällä
Rakennetyyppi	D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, raskasrakenteinen	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Tilojen lämmitysjärjestelmä	tilakohtaiset sähköpatterit	havainnointi paikanpäällä
Varaava tulisija	kyllä	havainnointi paikanpäällä
Varaavien tulisijojen lukumäärä	yksi	havainnointi paikanpäällä
Varaavan tulisijan tilojen lämmitykseen luovuttaman lämmön enimmäismäärä tulisijaa kohden	2000 kWh/a	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.3.1

Taulukko 3. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	sähköllä lämmitetty lämminvesi- varaaja	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden varaaja	300 L (40 mm eristys)	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kierto	ei ole	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden siirtoputkien eristys	YM asetus 176/2013 liite 1 tau- lukko 5: ei kiertoa, suojaputkessa	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	koneellinen tulo- poistoil- manvaihto	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	yksi	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylityessä	kyllä	havainnointi paikanpäällä
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä	havainnointi paikanpäällä
Tuloilman jälkilämmityksen lämmönlähde	sähkövastus	havainnointi paikanpäällä
Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde (tulo- ja pois- toilmavirrat yhtä suuria)	45 %	havainnointi paikanpäällä, valmis- tajan ilmoittama arvo
Lämmöntalteenoton lämmönvaihdintyyppi	levylämmönvaihdin	havainnointi paikanpäällä
Jäteilman alin mahdollinen lämpötila	5 °C	havainnointi paikanpäällä, valmis- tajan ilmoittama arvo (D5/2012 kohta 3.4.1)

Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila = sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo – lämpötilan nousu puhaltimessa

Taulukko 5. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja jälkilämmityksen kuukausi aikataulu

ILMANVAIHDON LÄMMÖNTALTEENOTON JA JÄLKILÄMMITYKSEN KUUKAUSIAIKATAULU		
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	210,5	m <sup>2</sup>	havainnointi paikanpäällä	$A_{netto}$
Sisälämpötila	21,0	°C	D3/2012 taulukko 2 (Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo)	$T_s$
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	D5/2012 kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennuksen ilmanvuotolukuna	6,0	1/h	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 4	$n_{50}$
Ilmanvuotoluvin yhtälön kerroin vuotoilmavirran kaavassa (D3/2012 kaava 5, D5/2012 kaava 3.9)	24	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	$\chi$
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	200	Wh/(m <sup>2</sup> K)	D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, raskasrakenteinen	$C_{rak,omin}$

Taulukko 7. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	Lähde	$U$ W/(m <sup>2</sup> °C)	$A$ m <sup>2</sup>	$T_u$ °C	$UA$ W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	Piirustukset	0,24	220,0	Ulkolämpötila	52,8
Yläpohja	Piirustukset	0,18	120,5	Ulkolämpötila	21,7
Alapohja	Piirustukset	0,21	120,5	Maaperä	25,3
Ikkunat	Piirustukset	2,10	51,3	Ulkolämpötila	107,7
Ovet	Havainnointi paikanpäällä	0,70	9,4	Ulkolämpötila	6,6
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)			521,7		

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin.

Taulukko 8. Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,95	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: sähköpatterilämmitys	$\eta_{lämmitys,tilat}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: sähköpatterilämmitys	$e_{tilat}$
Lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen lämmityksessä	1,0	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 10: huonekohtainen sähkölämmitys	$\eta_{tuotto,tilat}$
Tilojen lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 10: huonekohtainen sähkölämmitys	$e_{tuotto,tilat}$
Lämmitysenergian tuoton hyötysuhde käyttöveden lämmityksessä	1,0	-	Käyttövesivaraajan häviöt lasketaan erikseen	$\eta_{tuotto,lkv}$
Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Ei apulaitteita	$e_{tuotto,lkv}$
Tulisijan kokonaisvuosihyötysuhde tiloihin luovutetusta lämmitysenergiasta ostoeenergiasta	0,60		YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.3.1	$\eta_{tulisija}$

Taulukko 9. Käyttövesijärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m <sup>2</sup> a)	D3/2012 taulukko 5, YM asetus 5/13 huomioiden	
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeen yläraja	4200	kWh/a	D3/2012 taulukko 5, YM asetus 5/13 huomioiden	
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen lämpöhäviö	1300	kWh/a	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 8	$Q_{lkv,varastointi}$
Lämpimän käyttöveden jakelun (siirron) hyötysuhde	0,85	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 5: erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot: ei kiertoa, suojaputkessa	$\eta_{lkv,siirto}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	0	kWh/a	ei kiertojohtoa	$Q_{lkv,kierto}$

Taulukko 10. Ilmanvaihtojärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,45	-	Lämpötilasuhteesta YM Monisteen 122 mukaisesti laskettuna	$\eta_{a,ivkone}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	84	L/s	D3/2012 taulukko 2	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	84	L/s	D3/2012 luku 3.2 (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihdon SFP-luku	2,5	kW/(m <sup>3</sup> /s)	havainnointi paikanpäällä, valmistajan ilmoittama arvo (YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 3)	-
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	havainnointi paikanpäällä	$T_{sp}$
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	D5/2012 luku 3.4 (oletusarvo)	$\Delta T_{puhallin}$
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhde h/(24 h)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	$t_d$
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde vrk/(7 vrk)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	$t_v$



Taulukko 11. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Ka	Ko	Lo	Lu	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m <sup>2</sup>	7,95	21,1	10,9	11,3	havainnointi paikanpäällä	$A_{ikk}$
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,55	0,55	0,55	0,55	havainnointi paikanpäällä. valmistajan ilmoittama arvo	$g$
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	D5/2012 kohta 5.3.4 oletusarvo	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikanpäällä: ei kaihtimia tai verhoja ikkunan edessä päiväsaikaan	$F_{verho}$
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikanpäällä: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikanpäällä: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$
Ympäristökerroin	-	D5/2012 taulukko 5.3 kullamalla 15°				havainnointi paikanpäällä	$F_{ympäristö}$

Taulukko 12. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

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

### 3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien aiheuttamaa lämpökuormaa tarvitaan tilojen lämmitysenergiantarpeen laskennassa, siksi niiden sähkönkulutuksen laskenta esitetään tässä luvussa ennen lämmitysenergiantarpeen ja -järjestelmien laskentaa.

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

---

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

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

---

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

#### 3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan  $3 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $210,5 \text{ m}^2$ , joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

---

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

$$\begin{matrix} \text{teho} \\ \left( \begin{matrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{matrix} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 210,5 \text{ m}^2 = 631,5 \text{ W} \end{matrix}$$

---

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä D3/2012 taulukossa 3 esitettyinä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

---


$$\begin{array}{l}
 \text{D3/2012 taulukon} \\
 \text{3 arvo jaettuna} \\
 \text{kuukausittain}
 \end{array}
 \quad
 W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{käyttöaste} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (3)$$

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{631,5}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 281,9 \text{ kWh}$$


---

### 3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan  $8 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $210,5 \text{ m}^2$ , joten valaistuksen tehoksi saadaan

---


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

$$\left( \begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 210,5 \text{ m}^2 = 1684 \text{ W}$$


---

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

---


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

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{valaistus}} = \frac{1684}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 125,3 \text{ kWh}$$


---

### 3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan D5/2012 kaavalla 7.1. Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksen laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja ja käyntiaikoja. Tämän rakennustyyppin ilmanvaihto on aina päällä. Sähkönkulutukseksi saadaan näin tammi-kuussa

D5/2012 kaava 7.1

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = SFP \cdot q_{v,\text{poisto}} \Delta t \quad (6)$$

koko vuosi

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 2,5 \cdot 0,084 \cdot 8760 = 1839,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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

### 3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty taulukossa 13. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittävät huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 4.4.1 lämpökuormien laskennassa.

Taulukko 13. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet $W_{\text{kuluttajalaitteet}}$ kWh	Valaistus $W_{\text{valaistus}}$ kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	281,9	125,3	407,2
Helmikuu	254,6	113,2	367,8
Maaliskuu	281,9	125,3	407,2
Huhtikuu	272,8	121,2	394,1
Toukokuu	281,9	125,3	407,2
Kesäkuu	272,8	121,2	394,1
Heinäkuu	281,9	125,3	407,2
Elokuu	281,9	125,3	407,2
Syyskuu	272,8	121,2	394,1
Lokakuu	281,9	125,3	407,2
Marraskuu	272,8	121,2	394,1
Joulukuu	281,9	125,3	407,2
Koko vuosi	3319,2	1475,2	4794,3

## 4 Lämmitysenergian tarve

### 4.1 Lämmin käyttövesi

#### 4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukon 5 arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergiatarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan  $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $210,5 \text{ m}^2$ , joten lämpimän käyttöveden nettoenergiatarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

---

$$\text{D3/2012 taulukosta 5} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (7)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 210,5 \text{ m}^2 = 7367,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve ylittää nyt rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 kohdassa 3.4.1 esitetyn rakennusluokkakohtaisen ylärajan  $4200 \text{ kWh/a}$  (YM asetus 5/13)<sup>2</sup>. Käyttöveden lämmitysenergian nettotarve asetetaan siten yhtä suureksi, kuin lämmitysenergian rakennusluokkakohtainen yläraja

---

$$\text{D3/2012 kohta 3.4.1} \quad Q_{lkv,netto} = 4200 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

---

#### 4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviö

##### a) Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt

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

---

$$Q_{lkv,kierto} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

---

##### b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöt saadaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 8. Rakennuksen käyttövesivaraajan tilavuus on  $300 \text{ dm}^3$  ja siinä on  $40 \text{ mm}$  eriste. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöksi saadaan siten arvo  $1300 \text{ kWh/a}$

---

<sup>2</sup> D3:n muutos, ympäristöministeriön asetus 5/2013 (annettu 27.2.2013, voimaan 1.6.2013).

---

YM asetuksen 176/2013  
liitteen 1 taulukosta 8

$$Q_{lkv,varastointi} = 1300 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (10)$$

---

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

---

YM asetuksen 176/2013  
liitteen 1 taulukosta 8

$$Q_{lkv,varastointi} = \left( \frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot \left( \frac{\text{käyttöveden}}{\text{varastointihäviöt}} \right) \cdot \left( \frac{\text{vuodessa}}{\text{vuodessa}} \right) \quad (11)$$

tammikuu

$$Q_{lkv,varastointi} = \frac{744}{8760} \cdot 1300 = 110,4 \text{ kWh}$$

---

## 4.2 Ilmanvaihto

### 4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012 kohta 3.3.7 huomioden. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi on tässä rakennuksessa määritetty laitetietojen mukaisia lämpötilasuhteita ja ympäristöministeriön monistetta 122 käyttäen arvo 0,45.

Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto kytkeytyy automaattisesti pois päältä tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon ylittyessä. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvoksi on tässä rakennuksessa valittu 17 °C. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötilassa on huomioitu tuloilmapuhaltimen ilmavirtaa lämmittävä vaikutus. Tässä laskelmassa ilmavirta lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C D5/2012 kohdan 3.4.1 mukaisesti. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila on siten 16,5 °C. Lämmöntalteenotto on lisäksi tässä rakennuksessa kytketty kokonaan pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen vaikutus tuloilman lämpötilaan on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 14. Taulukossa on esitetty tuloilman lämpötila myös siinä tapauksessa, että lämmöntalteenotto olisi aina päällä eikä poiskytkentä olisi käytössä.

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

---

D5/2012 kaava 3.12  
D5/2012 kaava 3.13  
sijoitettuna

$$T_{lto} = T_u + \frac{\eta_{a,ivkone} q_{v,poisto} (T_s - T_u)}{q_{v,tulo}} \quad (12)$$

---

Tulo- ja poistoilmavirrat ovat nyt tässä laskelmassa yhtä suuret, jolloin kaavalle (12) saadaan seuraava muoto

---

D5/2012 kaava 3.12  
muokattuna

$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone} (T_s - T_u) \quad (13)$$

---

### a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

---

$$\text{kaava (13)} \quad T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (14)$$

$$\text{tammikuu} \quad T_{lto} = -3,97 + 0,45 \cdot (21 - (-3,97)) = 7,27 \text{ °C}$$

---

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila on siis noin 7,3 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilma-kanavassa on puhallin, jossa tuloilman lämpötila nousee vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila on siten noin 7,8 °C.

### b) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila kesäkuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan kesäkuussa

---

$$\text{kaava (13)} \quad T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (15)$$

$$\text{kesäkuu} \quad T_{lto} = 14,23 + 0,45 \cdot (21 - 14,23) = 17,28 \text{ °C}$$

---

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila olisi noin 17,3 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilma-kanavassa on puhallin, joka lämmittää tuloilmaa vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila olisi siten noin 17,8 °C. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää nyt sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylityessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C

---

$$\text{LTO poiskytkentäraja} \quad T_{lto} = T_{sp} - \Delta T_{puhallin} \quad (16)$$

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

---

### c) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila heinäkuussa

Heinäkuussa lämmöntalteenotto on kytketty pois päältä (taulukko 5). Huonetilaan tuodaan nyt suoraan ulkoilmaa, joka lämpenee hieman tuloilmapuhaltimessa. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko 39). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C.

Taulukko 14. Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Kuukausi	$T_{lto}$	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$	$T_{lto}$	$T_{lto}$	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$
	aina päällä °C	aina päällä °C	aina päällä (poiskytkennällä) °C	aikataululla <sup>*)</sup> ja poiskytkennällä °C	aikataululla ja poiskytkennällä °C
Tammikuu	7,27	<b>7,77</b>	7,27	7,27	<b>7,77</b>
Helmikuu	6,98	<b>7,48</b>	6,98	6,98	<b>7,48</b>
Maaliskuu	8,03	<b>8,53</b>	8,03	8,03	<b>8,53</b>
Huhtikuu	11,93	<b>12,43</b>	11,93	11,93	<b>12,43</b>
Toukokuu	15,37	<b>15,87</b>	15,37	15,37	<b>15,87</b>
Kesäkuu	17,28	17,78	<b>16,50</b>	16,50	<b>17,00</b>
Heinäkuu	18,97	19,47	16,50	<b>17,30</b>	<b>17,80</b>
Elokuu	18,28	18,78	16,50	<b>16,05</b>	<b>16,55</b>
Syyskuu	15,24	<b>15,74</b>	15,24	15,24	<b>15,74</b>
Lokakuu	12,86	<b>13,36</b>	12,86	12,86	<b>13,36</b>
Marraskuu	9,73	<b>10,23</b>	9,73	9,73	<b>10,23</b>
Joulukuu	8,25	<b>8,75</b>	8,25	8,25	<b>8,75</b>

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

#### 4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.11. Puhaltimen vaikutus on huomioitu valmiiksi D5/2012 kaavassa 3.11, jossa siten käytetään lämmöntalteenoton jälkeistä lämpötilaa. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on laskettu luvussa 4.2.1. Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneessa on jälkilämmitys, joka lämmittää tuloilman lämmöntalteenoton jälkeisestä lämpötilasta sisäänpuhalluslämpötilaan. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo on tässä rakennuksessa laskelmassa 17 °C. Sisäänpuhalluslämpötila (jälkilämmityksen jälkeinen tuloilman lämpötila), lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila (tuloilman lämpötila ennen jälkilämmitystä ja puhallinta) ja ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve on esitetty taulukossa 15. Lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys on kytketty pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi (taulukko 5).

##### a) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tammikuussa

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan D5/2012 kaavasta 3.11 tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.11} \quad Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (17)$$

$$tammikuu \quad Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,084 \cdot (17 - 0,5 - 7,27) \cdot 744}{1000} = 692,5 \text{ kWh}$$

##### b) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve kesäkuussa

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



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

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

$$toukokuu \quad Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,084 \cdot (17 - 0,5 - 16,5) \cdot 744}{1000} = 0 \text{ kWh}$$

Kesäkuussa 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.

### 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 15. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja tuloilman lämpötila

Kuukausi	Tuloilma lto:n jälkeen $T_{lto}$ °C	Sisäänpuhalluslämpötila $T_{sp}$ °C	Lämmitysenergian nettotarve $Q_{iv}$ kWh
Tammikuu	7,27	17,00	692,5
Helmikuu	6,98	17,00	645,2
Maaliskuu	8,03	17,00	635,1
Huhtikuu	11,93	17,00	332,0
Toukokuu	15,37	17,00	84,9
Kesäkuu	16,50	17,00	0,0
Heinäkuu	17,30	17,80	0,0
Elokuu	16,05	16,55	0,0
Syyskuu	15,24	17,00	91,3
Lokakuu	12,86	17,00	273,0
Marraskuu	9,73	17,00	491,7
Joulukuu	8,25	17,00	619,0
Koko vuosi			3864,8

## 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. Ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt lasketaan D5/2012 kaavalla 3.4. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 17.

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

Rakennuksen kaikkien ulkoseinien lämmönläpäisykerroin on yhtä suuri. Pinta-alana voidaan näin käyttää rakennuksen kaikkien ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien yhteenlaskettua pinta-alaa. Jos rakennuksessa on lämmönläpäisykerroimeltaan toisistaan poikkeavia ulkoseiniä, lasketaan kunkin lämmönläpäisykerroimeltaan samanlaisen osan johtumislämpöhäviöt erikseen D5/2012 kaavalla 3.4 ennen ulkoseinien johtumislämpöhäviöiden yhteen laskemista.

Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (19)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,24 \cdot 220 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 980,9 \text{ kWh}$$

---

#### b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

---

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{0,18 \cdot 120,5 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 402,9 \text{ kWh}$$

---

#### c) Johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

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

D5/2012 kaavassa 3.6 tarvittava ulkolämpötilan vuotuinen keskilämpötila on 5,57 °C. Tämä arvo saadaan D3/2012 taulukosta L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen kes-

kilämpötilan ero. Tämän eron arvona voidaan käyttää D5/2012 luvun 3.2.4 ohjearvoa 5 °C. Edellä esitetyn perusteella alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila on

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.6 \quad Q_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (21)$$

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

---

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan D5/2012 taulukosta 3.4. Nämä molemmat edellä mainitut arvot on esitetty taulukossa 16. Tammikuussa vuosi- ja kuukausikeskilämpötilojen ero on 0 °C. Alapohjan alapuolisen maan keskilämpötila on siten tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.7 \quad Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (22)$$

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

---

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

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (23)$$

$$tammikuu \quad Q_{alapohja} = \frac{0,21 \cdot 120,5 \cdot (21 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 196,4 \text{ kWh}$$

---

Taulukko 16. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila $T_{maa, kuukausi}$ °C	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus $\Delta T_{maa, kuukausi}$ °C
Tammikuu	10,57	0,00
Helmikuu	9,57	-1,00
Maaliskuu	8,57	-2,00
Huhtikuu	7,57	-3,00
Toukokuu	7,57	-3,00
Kesäkuu	8,57	-2,00
Heinäkuu	10,57	0,00
Elokuu	11,57	1,00
Syyskuu	12,57	2,00
Lokakuu	13,57	3,00
Marraskuu	13,57	3,00
Joulukuu	12,57	2,00
koko vuosi	10,57	0,00

## d) Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi

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

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{ikkunat} = \frac{2,1 \cdot 51,3 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 2001,4 \text{ kWh}$$

## e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{ovet} = \frac{0,7 \cdot 9,4 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 122,2 \text{ kWh}$$

## f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kylmäsillojen laskenta tehdään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsillojen vaikutus arvioi-

daan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ulkovaipan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

---

$$\begin{array}{l} D5/2012 \\ \text{kaava 3.3} \end{array} \quad Q_{\text{ulkovaippa}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} \quad (26)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkovaippa}} = 980,9 + 402,9 + 196,4 + 2001,4 + 122,2 = 3703,8 \text{ kWh}$$

---

Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö on edellä esitetyn perusteella tammikuussa

---

$$\begin{array}{l} D5/2012 \\ \text{kaava 3.3} \end{array} \quad Q_{\text{kylmäsilto}} = 0,1 \cdot Q_{\text{ulkovaippa}} \quad (27)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{kylmäsilto}} = 0,1 \cdot 3703,8 = 370,4 \text{ kWh}$$

---

### g) Johtumislämpöhäviöiden summa

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

---

$$\begin{array}{l} D5/2012 \\ \text{kaava 3.3} \end{array} \quad Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} + Q_{\text{kylmäsilto}} + Q_{\text{muu}} \quad (28)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{joht}} = 980,9 + 402,9 + 196,4 + 2001,4 + 122,2 + 370,4 + 0 = 4074,2 \text{ kWh}$$

---

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 17.

Taulukko 17. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät <i>Q<sub>ulkoseinät</sub></i> kWh	Yläpohja <i>Q<sub>yläpohja</sub></i> kWh	Alapohja <i>Q<sub>alapohja</sub></i> kWh	Ikkunat <i>Q<sub>ikkunat</sub></i> kWh	Ovet <i>Q<sub>ovet</sub></i> kWh	Kylmäsillat <i>Q<sub>kylmäsillat</sub></i> kWh	Yhteensä <i>Q<sub>joht</sub></i> kWh
Tammikuu	980,9	402,9	196,4	2001,4	122,2	370,4	4074,2
Helmikuu	904,8	371,7	194,4	1846,1	112,8	343,0	3772,6
Maaliskuu	926,3	380,5	234,0	1890,0	115,4	354,6	3900,9
Huhtikuu	627,3	257,7	244,7	1279,8	78,2	248,8	2736,4
Toukokuu	402,3	165,2	252,9	820,7	50,1	169,1	1860,4
Kesäkuu	257,4	105,7	226,5	525,1	32,1	114,7	1261,4
Heinäkuu	145,3	59,7	196,4	296,6	18,1	71,6	787,7
Elokuu	194,5	79,9	177,6	396,7	24,2	87,3	960,2
Syyskuu	398,0	163,5	153,6	812,1	49,6	157,7	1734,5
Lokakuu	581,4	238,8	139,9	1186,2	72,5	221,9	2440,7
Marraskuu	779,3	320,1	135,4	1590,1	97,1	292,2	3214,3
Joulukuu	911,0	374,2	158,7	1858,7	113,5	341,6	3757,8
Koko vuosi	7108,4	2920,1	2310,4	14503,6	885,9	2772,8	30501,1

### 4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan D3/2012 kaavalla 5 (D5/2012 kaava 3.9). Rakennuksessa on kaksi kerrosta, joten kaavassa tarvittavan kertoimen  $x$  arvo on 24. Rakennuksen ilmanvuotoluvusta ei ole tehty erillistä selvitystä, joten rakennuksen ilmanvuotolukuna ( $n_{50}$ ) käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 6 l/h. Kun rakennusvaipan pinta-alan suhde rakennuksen ilmatilavuuteen on tässä rakennuksessa 1, niin rakennusvaipan ilmanvuotoluvuksi ( $q_{50}$ )  $6 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ . Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 7. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 kaava 5} \\ \text{(D5/2012 kaava 3.9)} \end{array} \quad q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50} A_{\text{vaippa}}}{3600x} \quad (29)$$

$$\text{kaikki kuukaudet} \quad q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{6 \cdot 521,7}{3600 \cdot 24} = 0,03623 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.8} \quad Q_{\text{vuotoilma}} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (30)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{vuotoilma}} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,03623 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 807,7 \text{ kWh}$$

---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltyinä taulukossa 18.

### 4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.14. Kaavassa käytetty sisäänpuhalluslämpötila on esitetty taulukossa 15. Tuloilman lämmitysenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltyinä taulukossa 18. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012 kohta 3.3.7 huomioiden.

#### a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

Tammikuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat käytössä, jolloin sisäänpuhalluslämpötila  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten tammikuussa

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.14} \quad Q_{iv,\text{tuloilma}} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,\text{tulo}} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (31)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{iv,\text{tuloilma}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,084 \cdot (21 - 17) \cdot 744}{1000} = 300,0 \text{ kWh}$$

### 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 39). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten heinäkuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.14 \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (32)$$

$$\text{heinäkuu} \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,084 \cdot (21 - 17,8) \cdot 744}{1000} = 240,0 \text{ kWh}$$

---

### 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 39). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 16,55 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten elokuussa

---

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

$$\text{elokuu} \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,084 \cdot (21 - 16,55) \cdot 744}{1000} = 333,7 \text{ kWh}$$

---

## 4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti D5/2012 kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa<sup>3</sup>. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 18. Kokonaisenergiatarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret, joten korvausilmavirtaa ei ole.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.2 \quad Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (34)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{tila} = 4074,4 + 807,7 + 300 + 0 = 5181,9 \text{ kWh}$$

---

<sup>3</sup> Tuloilman lämmittäminen sisäänpuhalluslämpötilaan on osa ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiantarvetta.



Taulukko 18. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen $Q_{joht}$ kWh	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh	Tuloilma tilassa $Q_{iv,tuloilma}$ kWh	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh	Yhteensä $Q_{tila}$ kWh
Tammikuu	4074,2	807,7	300,0	0,0	5181,9
Helmikuu	3772,6	745,0	271,0	0,0	4788,6
Maaliskuu	3900,9	762,7	300,0	0,0	4963,6
Huhtikuu	2736,4	516,5	290,3	0,0	3543,2
Toukokuu	1860,4	331,2	300,0	0,0	2491,6
Kesäkuu	1261,4	211,9	290,3	0,0	1763,7
Heinäkuu	787,7	119,7	240,0	0,0	1147,4
Elokuu	960,2	160,1	333,7	0,0	1454,0
Syyskuu	1734,5	327,7	290,3	0,0	2352,6
Lokakuu	2440,7	478,7	300,0	0,0	3219,4
Marraskuu	3214,3	641,7	290,3	0,0	4146,3
Joulukuu	3757,8	750,1	300,0	0,0	4807,8
Koko vuosi	30501,1	5853,0	3505,8	0,0	39859,9

Taulukko 19. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Johtuminen $Q_{joht}$ kWh/m <sup>2</sup>	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh/m <sup>2</sup>	Tuloilma tilassa $Q_{iv,tuloilma}$ kWh/m <sup>2</sup>	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh/m <sup>2</sup>	Yhteensä $Q_{tila}$ kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	19,36	3,84	1,43	0,00	24,62
Helmikuu	17,92	3,54	1,29	0,00	22,75
Maaliskuu	18,53	3,62	1,43	0,00	23,58
Huhtikuu	13,00	2,45	1,38	0,00	16,83
Toukokuu	8,84	1,57	1,43	0,00	11,84
Kesäkuu	5,99	1,01	1,38	0,00	8,38
Heinäkuu	3,74	0,57	1,14	0,00	5,45
Elokuu	4,56	0,76	1,59	0,00	6,91
Syyskuu	8,24	1,56	1,38	0,00	11,18
Lokakuu	11,59	2,27	1,43	0,00	15,29
Marraskuu	15,27	3,05	1,38	0,00	19,70
Joulukuu	17,85	3,56	1,43	0,00	22,84
Koko vuosi	144,90	27,81	16,65	0,00	189,36

## 4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

### 4.4.1 Lämpökuormat

#### a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttama lämpökuorma käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoksi saadaan  $2 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $210,5 \text{ m}^2$ , joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

---

$$\text{D3/2012 taulukosta 3} \quad \left( \begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (35)$$

$$\text{teho} \quad \left( \begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 210,5 \text{ m}^2 = 421 \text{ W}$$

---

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

---

$$\text{D3/2012 taulukon 3} \quad \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (36)$$

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

---

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

---

$$\text{D3/2012 taulukosta 3} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (37)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{421}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 187,9 \text{ kWh}$$

---

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 22.

### b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

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

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.3 \quad Q_{s\grave{a}h} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} \quad (38)$$

$$tammikuu \quad Q_{s\grave{a}h} = 281,9 + 125,3 = 407,2 \text{ kWh}$$

---

### c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä lasketaan lämpökuormiksi energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.6 mukaisesti. Tässä rakennuksessa käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpökuormista ei ole tehty erillistä selvitystä. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä oletetaan siten asetuksen mukaisesti tulevan lämpökuormiksi 50 %. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu luvussa 4.1.2. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 22.

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

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{l_{kv},kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{l_{kv},kierto} \quad (39)$$

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

---

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan

---

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

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{l_{kv},varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot 1300 = 650 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

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

---

$$Q_{l_{kv},varastointi,kuorma} = \left( \frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot Q_{l_{kv},varastointi} \quad (41)$$

$$tammikuu \quad Q_{l_{kv},varastointi,kuorma} = \frac{744}{8760} \cdot 650 = 55,2 \text{ kWh}$$

---

#### d) Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan D5/2012 kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 liitteen 2 taulukossa L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi D5/2012 kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskerroin lasketaan D5/2012 kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskerroin, ylävarjostuskerroin ja sivuvarjostuskerroin on esitetty D5/2012 taulukoissa 5.3–5.5. Pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia sekä varjostuskerroin riippuvat pinnan suunnasta. Tässä rakennuksessa ikkunat on jaoteltu neljään ryhmään lähimmän ilmansuunnan perusteella. Ikkunoiden pinta-alat ja muut ominaisuudet on esitetty taulukossa 11. Varjostusten korjauskertoimen ja säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin on esitetty kuukausittain taulukoissa 20 ja 21.

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

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.4 \qquad Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \qquad (42)$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat koilliseen} \qquad Q_{aur} = 4,7 \cdot 0,690 \cdot 21,10 \cdot 0,55 = 37,6 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat kaakkoon} \qquad Q_{aur} = 9,5 \cdot 0,604 \cdot 7,95 \cdot 0,55 = 25,1 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat lounaaseen} \qquad Q_{aur} = 9,5 \cdot 0,604 \cdot 10,90 \cdot 0,55 = 34,4 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat luoteeseen} \qquad Q_{aur} = 4,7 \cdot 0,690 \cdot 11,30 \cdot 0,55 = 20,2 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat yhteensä} \qquad \sum Q_{aur} = 117,3 \text{ kWh}$$

---

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 117,3 kWh. Kaavassa (42) esitetty säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin tammikuussa perustuu tässä luvussa esitettyyn laskelmaan. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 22.

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

D5/2012 kaava 5.8

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (43)$$

tammikuu, ikkunat koilliseen

$$F_{varjostus} = 0,920 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,920$$

tammikuu, ikkunat kaakkoon

$$F_{varjostus} = 0,805 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,805$$

tammikuu, ikkunat lounaaseen

$$F_{varjostus} = 0,805 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,805$$

tammikuu, ikkunat luoteeseen

$$F_{varjostus} = 0,920 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,920$$

Taulukko 20. Varjostusten korjauskerroin

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

Rakennuksen ikkunoiden kehäkertoimen arvoa ei ole selvitetty erikseen. Arvona käytetään siten rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 kohdan 5.3.4 oletusarvoa 0,75. Rakennuksen ikkunoiden verhokertoimen arvioidaan olevan 1,0. Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.6 \quad F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (44)$$

$$\text{tammikuu, ikkunat koilliseen} \quad F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,920 = 0,690$$

$$\text{tammikuu, ikkunat kaakkoon} \quad F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,805 = 0,604$$

$$\text{tammikuu, ikkunat lounaaseen} \quad F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,805 = 0,604$$

$$\text{tammikuu, ikkunat luoteeseen} \quad F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,920 = 0,690$$

Taulukko 21. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

Kuukausi	Pohjoiseen $F_{\text{läpäisy}}$	Koilliseen $F_{\text{läpäisy}}$	Itään $F_{\text{läpäisy}}$	Kaakkoon $F_{\text{läpäisy}}$	Etelään $F_{\text{läpäisy}}$	Lounaaseen $F_{\text{läpäisy}}$	Länteen $F_{\text{läpäisy}}$	Luoteeseen $F_{\text{läpäisy}}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
Tammikuu	0,735	0,690	0,645	0,604	0,563	0,604	0,645	0,690
Helmikuu	0,720	0,671	0,623	0,596	0,570	0,596	0,623	0,671
Maaliskuu	0,720	0,671	0,623	0,611	0,600	0,611	0,623	0,671
Huhtikuu	0,698	0,660	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,660
Toukokuu	0,698	0,668	0,638	0,656	0,675	0,656	0,638	0,668
Kesäkuu	0,645	0,634	0,623	0,653	0,683	0,653	0,623	0,634
Heinäkuu	0,675	0,656	0,638	0,660	0,683	0,660	0,638	0,656
Elokuu	0,660	0,630	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,630
Syyskuu	0,713	0,668	0,623	0,615	0,608	0,615	0,623	0,668
Lokakuu	0,720	0,679	0,638	0,604	0,570	0,604	0,638	0,679
Marraskuu	0,720	0,683	0,645	0,596	0,548	0,596	0,645	0,683
Joulukuu	0,735	0,716	0,698	0,623	0,548	0,623	0,698	0,716
Koko vuosi	0,703	0,669	0,634	0,620	0,606	0,620	0,634	0,669

### e) Lämpökuormien kokonaismäärä

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan D5/2012 yhtälöllä 5.9. Lämpökuormat muodostuvat ihmisten, sähkölaitteiden (kuluttajalaitteet ja valaistus), auringon, lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä. Lämpökuormat vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 22. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 5.9} \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (45)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = 187,9 + 407,2 + 117,3 + 0 + 55,2 = 767,6 \text{ kWh}$$

Taulukko 22. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset	Sähkölaitteet	Aurinko	LKV kierto	LKV varastointi	Yhteensä
	$Q_{\text{henk}}$	$Q_{\text{säh}}$	$Q_{\text{aur}}$	$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	$Q_{\text{lämpökuormat}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	187,9	407,2	117,3	0,0	55,2	767,6
Helmikuu	169,7	367,8	357,2	0,0	49,9	944,6
Maaliskuu	187,9	407,2	905,8	0,0	55,2	1556,1
Huhtikuu	181,9	394,1	1318,5	0,0	53,4	1947,9
Toukokuu	187,9	407,2	1768,6	0,0	55,2	2418,9
Kesäkuu	181,9	394,1	1744,8	0,0	53,4	2374,1
Heinäkuu	187,9	407,2	1929,8	0,0	55,2	2580,2
Elokuu	187,9	407,2	1336,6	0,0	55,2	1986,9
Syyskuu	181,9	394,1	996,0	0,0	53,4	1625,4
Lokakuu	187,9	407,2	372,4	0,0	55,2	1022,7
Marraskuu	181,9	394,1	143,3	0,0	53,4	772,7
Joulukuu	187,9	407,2	96,5	0,0	55,2	746,9
Koko vuosi	2212,8	4794,3	11086,9	0,0	650,0	18744,0

### f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

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

$$D5/2012 \text{ kaava 5.16} \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (46)$$

$$\text{tammikuu} \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot 5181,9}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 278,93 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida D5/2012 taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpökapasiteetin ominaisarvoksi on tässä rakennuksessa arvioitu 200 Wh/(m<sup>2</sup> K). Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

---


$$D5/2012 \text{ taulukko 5.6} \qquad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \qquad (47)$$

$$koko \text{ vuosi} \qquad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 210,5 \cdot 200 = 42100 \text{ Wh/K}$$


---

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

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.15} \qquad \tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \qquad (48)$$

$$tammikuu \qquad \tau = \frac{42100}{278,93} = 150,93 \text{ h} = 6,3 \text{ d}$$


---

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

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.14} \qquad \gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \qquad (49)$$

$$tammikuu \qquad \gamma = \frac{767,6}{5181,9} = 0,148$$


---

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

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.13} \qquad a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \qquad (50)$$

$$tammikuu \qquad a = 1 + \frac{150,93 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 11,06$$


---



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

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.16 \quad \eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (51)$$

$$\text{tammikuu} \quad \eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,148^{11,06}}{1 - 0,148^{(11,06+1)}} = 1,00$$

Taulukko 23. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöehäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	$H_{\text{tila}}$	$\tau$	$\gamma$	$a$	$\eta_{\text{lämpö}}$
	W/K	h	-	-	-
Tammikuu	278,930	150,934	0,148	11,062	1,000
Helmikuu	279,445	150,656	0,197	11,044	1,000
Maaliskuu	282,928	148,801	0,314	10,920	1,000
Huhtikuu	298,249	141,157	0,550	10,410	0,999
Toukokuu	327,039	128,731	0,971	9,582	0,918
Kesäkuu	361,822	116,355	1,346	8,757	0,728
Heinäkuu	416,806	101,006	2,249	7,734	0,444
Elokuu	394,806	106,635	1,367	8,109	0,715
Syyskuu	312,079	134,902	0,691	9,993	0,992
Lokakuu	292,374	143,994	0,318	10,600	1,000
Marraskuu	280,913	149,868	0,186	10,991	1,000
Joulukuu	278,662	151,079	0,155	11,072	1,000
Koko vuosi	317,004	135,343	0,708	10,023	0,900

#### 4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.10 \quad Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (52)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{sis,lämpö}} = 1,0 \cdot 767,6 = 767,6 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 24 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.4.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 0.

Taulukko 24. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{\text{sis. lämpö}}$ kWh
Tammikuu	767,6	1,000	767,6
Helmikuu	944,6	1,000	944,6
Maaliskuu	1556,1	1,000	1556,1
Huhtikuu	1947,9	0,999	1946,2
Toukokuu	2418,9	0,918	2221,3
Kesäkuu	2374,1	0,728	1728,1
Heinäkuu	2580,2	0,444	1146,2
Elokuu	1986,9	0,715	1421,1
Syyskuu	1625,4	0,992	1612,7
Lokakuu	1022,7	1,000	1022,7
Marraskuu	772,7	1,000	772,7
Joulukuu	746,9	1,000	746,9
Koko vuosi	18744,0	0,900	15886,1

#### 4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 4.3.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohta 4.4.2. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 25 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (53)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 5181,9 - 767,6 = 4414,3 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 25. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	5181,9	767,6	4414,3
Helmikuu	4788,6	944,6	3844,0
Maaliskuu	4963,6	1556,1	3407,5
Huhtikuu	3543,2	1946,2	1597,0
Toukokuu	2491,6	2221,3	270,2
Kesäkuu	1763,7	1728,1	35,5
Heinäkuu	1147,4	1146,2	1,2
Elokuu	1454,0	1421,1	32,9
Syyskuu	2352,6	1612,7	739,9
Lokakuu	3219,4	1022,7	2196,7
Marraskuu	4146,3	772,7	3373,6
Joulukuu	4807,8	746,9	4061,0
Koko vuosi	39859,9	15886,1	23973,8

Taulukko 26. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh/m <sup>2</sup>	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh/m <sup>2</sup>	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	24,62	3,65	20,97
Helmikuu	22,75	4,49	18,26
Maaliskuu	23,58	7,39	16,19
Huhtikuu	16,83	9,25	7,59
Toukokuu	11,84	10,55	1,28
Kesäkuu	8,38	8,21	0,17
Heinäkuu	5,45	5,45	0,01
Elokuu	6,91	6,75	0,16
Syyskuu	11,18	7,66	3,51
Lokakuu	15,29	4,86	10,44
Marraskuu	19,70	3,67	16,03
Joulukuu	22,84	3,55	19,29
Koko vuosi	189,4	75,5	113,9

## 5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

### 5.1 Tulisijan tiloihin luovuttama lämpömäärä ja energiankulutus

#### a) Tulisijan tiloihin luovuttama lämpömäärä

Rakennuksessa on varaava tulisija, jolla katetaan osa tilojen lämmitysenergian tarpeesta. Energiatodistuksen laskennassa varaavan tulisijan rakennuksen tiloihin luovuttaman lämpöenergian enimmäismäärä on 2000 kWh/a energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.3.1 mukaisesti

---

$$\begin{array}{l} \text{YM asetus 176/2013} \\ \text{kohta 2.3.1} \end{array} \quad \left( \begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = 2000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (54)$$

---

#### b) Tulisijan ostoenergiankulutus

Ostoenergiankulutusta laskettaessa varaavien tulisijojen kokonaisvuosihyötysuhteena käytetään arvoa 0,60 energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.3.1 mukaisesti, ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä. Edellä esitetyn perusteella tulisijan rakennuksen tiloihin luovuttamaa lämpöenergiaa vastaava energiankulutus on

---

$$\left( \begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{energiankulutus} \end{array} \right) = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right)}{\eta_{\text{tulisija}}} \quad (55)$$
$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \\ \left( \begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{energiankulutus} \end{array} \right) = \frac{2000}{0,60} = 3333,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \\ \text{ostettua uusiutuvaa polttoaine-energiaa} \end{array}$$

---

Tulisijan hyötysuhde on tässä tapauksessa tulisijan tilojen lämmitykseen luovuttaman lämpöenergian suhde tulisijan ostoenergiankulutukseen. Tulisijan ostoenergiankulutus on tulisijassa poltetun polttoaineen määrä polttoaineen alempaan lämpöarvon mukaiseen energiasisältöön perustuen. Tulisijassa poltetun polttoaineen täydellisessä palamisessa pitää siis vapautua noin 3333 kWh/a polttoaineen alemman lämpöenergian mukais-ta lämpöenergiaa, jotta tulisijasta saadaan hyödyksi 2000 kWh/a lämpöä rakennuksen tilojen lämmittämi-seen.

## 5.2 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

### a) Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarve tulisija huomioituna

Rakennuksessa on varaava tulisija, josta lasketaan saaduksi 2000 kWh/a lämpöenergiaa rakennuksen tilojen lämmittämiseen. Tulisijan huomioivaksi tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla ja taulukossa 25 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 6.2.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} - \left( \begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) \quad (56)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}} = 23973,8 - 2000 = 21973,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän pitää siis luovuttaa noin 21974 kWh/a lämpöenergiaa rakennuksen tiloihin.

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

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.1. Rakennuksessa on tilakohtainen sähköpatterilämmitys sekä maanvarainen alapohja. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,95. Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin. Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (57)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{21973,8}{0,95} + 0 + 0 = 23130,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Sähköpattereiden hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa sähköpatterista huoneilmaan siirtyvän lämpöenergian suhdetta sähköpatterin luovuttamaan lämpöenergiaan. Sähköpattereiden pitää siis tässä tapauksessa luovuttaa 23130,3 kWh/a lämpöenergiaa, jotta huoneilmaan saadaan 21973,8 kWh/a lämpöenergiaa. Lämpöenergioiden erotus menee häviöinä ulkoilmaan.

### c) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on sähköpatterilämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 0,5 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkökulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.2

---

D5/2012 kaava 6.2

$$W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto} \quad (58)$$

koko vuosi

$$W_{tilat} = 0,5 \cdot 210,5 = 105,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---

Lämmönjakojärjestelmän sähkönenergian kulutus sisältää muun muassa lämmönjakojärjestelmän säätölaitteiden sähkönkulutuksen.

#### d) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on huonekohtainen sähkölämmitys (sähköpatterilämmitys). Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 10 sähköpatterilämmityksen vuosihyötysuhteeksi saadaan 1,00. Tilojen lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

---

D5/2012 kaava 6.7

$$Q_{lämmitys,tilat,kulutus} = \frac{Q_{lämmitys,tilat}}{\eta_{tuotto,tilat}} \quad (59)$$

koko vuosi

$$Q_{lämmitys,tilat,kulutus} = \frac{23130,3}{1,00} = 23130,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa sähköpattereihin syötetyn sähköenergian suhde sähkövastuksesta saatavaan lämpöenergiaan.

#### e) Tiloja lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on sähköpatterilämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 10 lämmöntuottojärjestelmän sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 0 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.9

---

D5/2012 kaava 6.9

$$W_{tuotto,apu} = e_{tuotto} A_{netto} \quad (60)$$

koko vuosi

$$W_{tilat} = 0 \cdot 210,5 = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---

## 5.3 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.4. Käyttöveden siirron (jakelun) vuosihyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 5. Tässä rakennuksessa käyttöveden siirron hyötysuhteen on arvioitu olevan 0,85. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Järjestelmässä ei ole kiertojohtoa, eikä siten kierron lämpöhäviötä. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan edellä esitetyn perusteella

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.4 \quad Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} \quad (61)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{4200}{0,85} + 1300 + 0 = 6241,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 6421 kWh/a lämmitysenergiaan käyttöveden vuodessa.

### b) Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään sähkövastuksella lämmitettävässä varaajassa. Varaajan lämpöhäviöt on edellä laskettu erillisinä osana käyttöveden lämpöenergian kokonaistarvetta. Sähkövastuksen kuluttama sähköenergia on käytännössä yhtä suuri, kuin sähkövastuksen luovuttama lämpöenergia, joten käyttövesivaraajan sähkövastuksen vuosihyötysuhteen voidaan käyttää arvoa 1,00. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, lkv}}}{\eta_{\text{tuotto, lkv}}} \quad (62)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{6241,2}{1,00} = 6241,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa varaajan sähkövastuksiin syötetyn sähköenergian suhde vastuksesta käyttövedeen saatavaan lämpöenergiaan. Käyttöveden lämmityksen sähköenergian kulutus on siten noin 6421 kWh/a.

## 5.4 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

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

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 6.2.2 \quad Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{Q_{iv}}{1,00} \quad (63)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{3864,8}{1,00} = 3864,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

### b) Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

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

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,iv}}}{\eta_{\text{tuotto,iv}}} \quad (64)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{3864,8}{1,00} = 3864,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---



## 6 Yhteenveto laskennan tuloksista

### 6.1 Lämmitysenergian nettotarve

Tämän esimerkkirakennuksen lämmitysenergian nettotarve on esitetty kokonaisuutena taulukossa 27. Lämmitysenergian nettotarve on se lämpöenergian vähimmäismäärä, joka rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon tuloilman ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan lämmitystavasta riippumatta. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeessa on huomioitu lämpökuormista, kuten valaistuksesta ja auringon säteilystä, tilojen lämmitykseen hyödyksi saatu lämpöenergia. Taulukoissa pinta-alaan suhteutetut lukuarvot tarkoittavat energian tarvetta ja kulutusta jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. Lukuarvojen rinnalla taulukossa esitetty se tämän oppaan osio, jossa kyseinen lukuarvo on laskettu.

Taulukko 27. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	23973,8	113,9	4.4.3
Johtuminen	30501,1	144,9	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	5853,0	27,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	3505,8	16,7	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-15886,1	-75,5	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	3864,8	18,4	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	4200,0	20,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>32038,6</b>	<b>152,2</b>	

Taulukko 28. 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>105</b>	<b>0,5</b>	-	<b>33236</b>	<b>157,9</b>	-
Tilojen lämmitys	105	0,5	-	23130	109,9	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	23130	109,9	5.2 b)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	105	0,5	5.2 d)	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	3865	18,4	5.4 a)
Käyttöveden lämmitys	-	-	-	6241	29,6	5.3 a)
<b>Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet</b>	<b>1840</b>	<b>8,7</b>	3.3	-	-	-
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>4794</b>	<b>22,8</b>	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	3319	15,8	3.1	-	-	-
Valaistus	1475	7,0	3.2	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>6739</b>	<b>32,0</b>	-	<b>33236</b>	<b>157,9</b>	-

Teknisten järjestelmien lisäksi rakennuksen varaavasta tulisijasta saadaan 2000 kWh/a lämpöenergiaa tilojen lämmitykseen.

## 6.2 Ostoenergiankulutus

Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin 40186 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Lisäksi rakennuksen lämmitykseen tarvitaan 3333,3 kWh polttopuita vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on 190,9 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja polttopuun kulutus noin 15,8 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa<sup>4</sup>. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltyinä taulukossa 29.

Taulukko 29. Ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>40186</b>	<b>190,91</b>
Tilojen lämmitys	23446	111,38
Lämmöntuottojärjestelmä	23130	109,88
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	211	1,00
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	105	0,50
Lämmin käyttövesi	6241	29,65
Lämmöntuottojärjestelmä	6241	29,65
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Tuloilman lämmitys	3865	18,36
Lämmöntuottojärjestelmä	3865	18,36
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	1840	8,74
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	1840	8,74
Kuluttajalaitteet ja valaistus	4794	22,78
Kuluttajalaitteet	3319	15,77
Valaistus	1475	7,01
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>3333</b>	<b>15,84</b>
Varaava tulisija	3333	15,84

## 6.3 Kokonaisenergiankulutus

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

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{sähköenergian} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (65)$$

<sup>4</sup> Polttopuumäärä tarkoittaa polttopuiden palamisessa vapautuvan energian kokonaismäärää. Polttopuumäärä voidaan muuttaa vastaavaksi pino- tai heittokuutioksi jakamalla se polttopuun alemmalla lämpöarvolla.

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 190,91 = 324,54 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen tulisijassa poltetun polttopuun energiamuodon kerroin on 0,5. Polttopuunkäytön aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

$$\left( \begin{array}{c} \text{polttopuunkäytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{polttopuun} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{polttopuun} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (66)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{polttopuunkäytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 0,5 \cdot 15,84 = 7,92 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus on tässä rakennuksessa siten sähkönkulutuksen ja polttopuunkäytön aiheuttaman kokonaisenergiankulutuksen summa

$$\text{E-luku} = \left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{polttopuunkäytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (67)$$

$$\text{E-luku} = 324,54 + 7,92 = 332,46 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 333 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Tämän rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on siis  $333 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Kokonaisenergiankulutus ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 30.

Taulukko 30. Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>40186</b>	<b>190,91</b>	<b>1,7</b>	<b>68316</b>	<b>324,54</b>
Tilojen lämmitys	23446	111,38	1,7	39858	189,35
Lämmin käyttövesi	6241	29,65	1,7	10610	50,40
Tuloilman lämmitys	3865	18,36	1,7	6570	31,21
Ilmanvaihtojärjestelmä	1840	8,74	1,7	3127	14,86
Kuluttajalaitteet ja valaistus	4794	22,78	1,7	8150	38,72
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>3333</b>	<b>15,84</b>	<b>0,5</b>	<b>1667</b>	<b>7,92</b>
Varaava tulisija	3333	15,84	0,5	1667	7,92
<b>Yhteensä</b>				<b>69983</b>	<b>332,46</b>

## 6.4 Toteutunut energiankulutus

Energiatodistuksessa voidaan esittää lisätietona rakennuksen toteutunut energiankulutus, jos se on tiedossa. Tämän esimerkkirakennuksen ostoenergiankulutus on ollut vuonna 2012 käyttäjähaastattelun perusteella 3 pino-m<sup>3</sup> koivupilkkeitä ja 42 000 kWh sähköä. Rakennuksen varaavassa tulisijassa poltettu puumäärä voidaan muuttaa poltetun puun luovuttamaksi lämpöenergiaksi rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 liitteen 3 taulukon L3.2 lämpöarvoja käyttäen. Taulukosta koivupilkkeen lämpöarvoksi saadaan 1700 kWh/pino-m<sup>3</sup>. Puun palamisesta vapautuneeksi lämpöenergiaksi saadaan siten

---

$$\left( \begin{array}{c} \text{puun} \\ \text{palamisesta} \\ \text{vapautunut} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{tulisijassa} \\ \text{poltettu} \\ \text{polttopuumäärä} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{polttopuun} \\ \text{lämpöarvo} \end{array} \right) \quad (68)$$

$$\textit{koko vuosi} \quad \left( \begin{array}{c} \text{puun} \\ \text{palamisesta} \\ \text{vapautunut} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{pino-m}^3}{\text{a}} \cdot 1700 \frac{\text{kWh}}{\text{pino-m}^3} = 5100 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Kolme pinokuutiometriä koivu- ja sekapuupilkettä on siis energiana mitattuna 3900 kWh havu- ja sekapuupilkettä (polttoaineen alempaan lämpöarvoon perustuen).

# 7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi

## 7.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Ikkunoiden uusimisella voidaan pienentää rakennuksen energiankulutusta, mutta ikkunoiden kunto ei kuitenkaan tässä rakennuksessa edellytä niiden uusimista. Rakennuksen nykyisten ikkunoiden lämmönläpäisykerroin on 2,1 W/(m<sup>2</sup> K). Uusien ikkunoiden lämmönläpäisykerroin voi olla likimain puolet rakennusten nykyisten ikkunoiden lämmönläpäisykerroimesta. Jos rakennukseen vaihdetaan ikkunat, joiden lämmönläpäisykerroin on 1,0 W/(m<sup>2</sup> K), rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus pienenee noin 7825 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin 63 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a).

Taulukko 31. Lämmitysenergian nettotarve ikkunoiden vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	16540,1	78,6	4.4.3
Johtuminen	22144,3	105,2	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	5853,0	27,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	3505,8	16,7	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-14963,0	-71,1	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	3864,8	18,4	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	4200,0	20,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>24604,9</b>	<b>116,9</b>	-

Taulukko 32. Osto- ja kokonaisenergiankulutus ikkunoiden vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>32361</b>	<b>153,73</b>	<b>1,7</b>	<b>55014</b>	<b>261,35</b>
Tilojen lämmitys	15621	74,21	1,7	26556	126,16
Lämmin käyttövesi	6241	29,65	1,7	10610	50,40
Tuloilman lämmitys	3865	18,36	1,7	6570	31,21
Ilmanvaihtojärjestelmä	1840	8,74	1,7	3127	14,86
Kuluttajalaitteet ja valaistus	4794	22,78	1,7	8150	38,72
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>3333</b>	<b>15,84</b>	<b>0,5</b>	<b>1667</b>	<b>7,92</b>
Varaava tulisija	3333	15,84	0,5	1667	7,92
<b>Yhteensä</b>				<b>56680</b>	<b>269,27</b>

## 7.2 Ylä- ja alapohja

Yläpohjan puhallusvillan paksuudeksi on piirustuksissa merkitty 300 millimetriä. Mitattu puhallusvillan paksuus on keskimäärin 250 millimetriä, reuna-alueilla paikoin vähemmän. Puhallusvillan lämmönjohtavuudeksi on arvioitu  $0,045 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , josta saadaan 250 millimetrin paksuudella eristekerroksen lämmönläpäisykertoimeksi  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Jos yläpohjaan lisätään 200 millimetriä puhallusvillaa, puhallusvillan keskimääräinen paksuus on yhteensä 450 mm, josta saadaan lämmönjohtavuudella  $0,045 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  eristekerroksen lämmönläpäisykertoimeksi  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Tämän muutoksen seurauksena rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus pienenee noin  $1362 \text{ kWh/a}$  ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin  $11 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$ .

Taulukko 33. Lämmitysenergian nettotarve yläpohjan eristyksen muutoksen jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	22680,1	107,7	4.4.3
Johtuminen	29073,5	138,1	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	5853,0	27,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	3505,8	16,7	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-15752,2	-74,8	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	3864,8	18,4	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	4200,0	20,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>30744,9</b>	<b>146,1</b>	–

Taulukko 34. Osto- ja kokonaisenergiankulutus yläpohjan eristyksen muutoksen jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>38824</b>	<b>184,44</b>	<b>1,7</b>	<b>66001</b>	<b>313,54</b>
Tilojen lämmitys	22084	104,91	1,7	37543	178,35
Lämmin käyttövesi	6241	29,65	1,7	10610	50,40
Tuloilman lämmitys	3865	18,36	1,7	6570	31,21
Ilmanvaihtojärjestelmä	1840	8,74	1,7	3127	14,86
Kuluttajalaitteet ja valaistus	4794	22,78	1,7	8150	38,72
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>3333</b>	<b>15,84</b>	<b>0,5</b>	<b>1667</b>	<b>7,92</b>
Varaava tulisija	3333	15,84	0,5	1667	7,92
<b>Yhteensä</b>				<b>67668</b>	<b>321,46</b>

## 7.3 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Rakennukseen voidaan asentaa ilmasta ilmaan lämpöä siirtävä lämpöpumppu. Ilmasta ilmaan lämpöä siirtävän lämpöpumpun rakennuksen tiloihin tuottamaksi lämmöksi voidaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen taulukon 15 mukaisesti laskea enintään 5000 kWh/a tai lämmitettyä nettoalaa kohden korkeintaan 35 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämpöpumpun lämpökertoimen vuosikeskiarvona käytetään arvoa 2,8 energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 12 mukaisesti. Edellä mainituilla arvoilla toimivan lämpöpumpun asentamisen seurauksena rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus pienenee noin 3477 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin 28 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a).

Taulukko 35. Lämmitysenergian nettotarve ilmasta ilmaan lämpöpumpulla

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	23973,8	113,9	4.4.3
Johtuminen	30501,1	144,9	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	5853,0	27,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	3505,8	16,7	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-15886,1	-75,5	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	3864,8	18,4	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	4200,0	20,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>32038,6</b>	<b>152,2</b>	<b>-</b>

Taulukko 36. Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus ilmasta ilmaan lämpöpumpulla

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>36709</b>	<b>174,39</b>	<b>1,7</b>	<b>62404</b>	<b>296,46</b>
Tilojen lämmitys	19969	94,86	1,7	33947	161,27
Lämmin käyttövesi	6241	29,65	1,7	10610	50,40
Tuloilman lämmitys	3865	18,36	1,7	6570	31,21
Ilmanvaihtojärjestelmä	1840	8,74	1,7	3127	14,86
Kuluttajalaitteet ja valaistus	4794	22,78	1,7	8150	38,72
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>3333</b>	<b>15,84</b>	<b>0,5</b>	<b>1667</b>	<b>7,92</b>
Varaava tulisija	3333	15,84	0,5	1667	7,92
<b>Yhteensä</b>				<b>64071</b>	<b>304,38</b>

## 7.4 Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät

Rakennuksen ilmanvaihtokone on vielä hyvässä kunnossa eikä sen vaihtaminen ole tarpeen. Rakennukseen voidaan kuitenkin asentaa uusi ilmanvaihtokone. Rakennuksen nykyisten ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde on 0,45. Jos uuden ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhteeksi arvioidaan 0,70 ja ilmanvaihtokoneen puhaltimien SFP-luvuksi 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), pienenee rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus noin 3265 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus noin 26 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a).

Taulukko 37. Lämmitysenergian nettotarve uudella ilmanvaihtokoneella

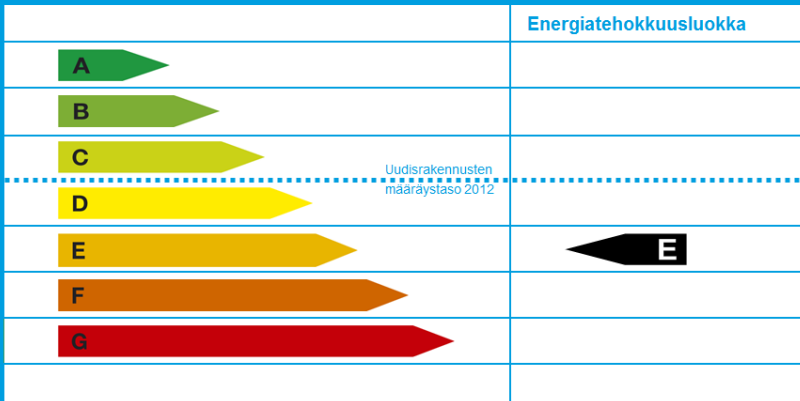
	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	23973,8	113,9	4.4.3
Johtuminen	30501,1	144,9	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	5853,0	27,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	3505,8	16,7	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-15886,1	-75,5	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	967,4	4,6	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	4200,0	20,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	29141,2	138,4	-

Taulukko 38. Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus uudella ilmanvaihtokoneella

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	<b>37289</b>	<b>177,14</b>	<b>1,7</b>	<b>63391</b>	<b>301,14</b>
Tilojen lämmitys	23446	111,38	1,7	39858	189,35
Lämmin käyttövesi	6241	29,65	1,7	10610	50,40
Tuloilman lämmitys	967	4,60	1,7	1645	7,81
Ilmanvaihtojärjestelmä	1840	8,74	1,7	3127	14,86
Kuluttajalaitteet ja valaistus	4794	22,78	1,7	8150	38,72
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>3333</b>	<b>15,84</b>	<b>0,5</b>	<b>1667</b>	<b>7,92</b>
Varaava tulisija	3333	15,84	0,5	1667	7,92
<b>Yhteensä</b>				<b>65057</b>	<b>309,06</b>



# 8 Energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
<b>Rakennuksen nimi ja osoite:</b>	Ympäristöministeriön energiätodistusoppaan 2013 esimerkki Vuonna 2000 valmistunut pientalo																
<b>Rakennustunnus:</b>																	
<b>Rakennuksen valmistumisvuosi:</b>	2000																
<b>Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:</b>	Yhden asunnon talot																
<b>Todistustunnus:</b>																	
 <table border="1"><thead><tr><th></th><th>Energiatodistusluokka</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr><tr><td>D</td><td></td></tr><tr><td>E</td><td>E</td></tr><tr><td>F</td><td></td></tr><tr><td>G</td><td></td></tr></tbody></table>			Energiatodistusluokka	A		B		C		D		E	E	F		G	
	Energiatodistusluokka																
A																	
B																	
C																	
D																	
E	E																
F																	
G																	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	333 kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)																
<b>Todistuksen laatija:</b> Eero Energiatodistuksenlaatija	<b>Yritys:</b> Yritys oy																
<b>Allekirjoitus:</b> <i>Eero Energiatodistuksenlaatija</i>																	
<b>Todistuksen laatimispäivä:</b> 25.8.2013	<b>Viimeinen voimassaolopäivä:</b> 25.8.2023																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiastuksesta (50/2013).

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

### Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoennergiankulutus

<b>Lämmitetty nettoala</b>	210,5 m <sup>2</sup>
<b>Lämmitysjärjestelmän kuvaus</b>	Tilojen sähköpatterilämmitys, sähkövastuksella lämmitetty käyttövesivaraaja
<b>Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus</b>	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, yksi ilmanvaihtokone

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoennergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	40 186	191	1,7	325
kaukolämpö			0,7	
fossiilinen polttoaine			1	
uusiutuva polttoaine	3 333	16	0,5	8
kaukojäähdytys			0,4	
tyhjä			0	
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4 794	23		
<b>Kokonaisenergiankulutus (E-luku)</b>				<b>333</b>

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

#### Käytetty E-luvun luokitteluausteikko

#### Luokkien rajat asteikolla

#### Erilliset pientalot

A: ... 78

B: 79 ... 122

C: 123 ... 158

D: 159 ... 238

E: 239 ... 368

F: 369 ... 438

G: 439 ...

#### Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E

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

## ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

### Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Rakennus on hyvässä kunnossa eikä välittömiä tarpeita toimenpiteille ole. Energiatehokkuutta voidaan kuitenkin parantaa vaihtamalla ikkunat paremmin eristettyihin ikkunoihin, parantamalla yläpohjan eristystä, asentamalla ilmasta ilmaan lämpöä siirtävä lämpöpumppu sekä vaihtamalla ilmanvaihtokone energiatehokkaampaan ilmanvaihtokoneeseen.

Suosituksien on esitettävä yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

## E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka Yhden asunnon talot

Rakennuksen valmistumisvuosi 2000 Lämmitetty nettoala 211 m<sup>2</sup>

### Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	6,0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	220,0	0,24	52,8	22 %
Yläpohja	120,5	0,18	21,7	9 %
Alapohja	120,5	0,21	25,3	11 %
Ikkunat	51,3	2,10	107,7	46 %
Ulko-ovet	9,4	0,70	6,6	3 %
Kylmäsiilat	-	-	21,4	9 %

### Ikkunat ilmansuunnittain

	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	g <sub>kohtisuora</sub> -arvo	
Pohjoinen	0,0	2,10	0,61	
Koillinen	21,1	2,10	0,61	
Itä	0,0	2,10	0,61	
Kaakko	8,0	2,10	0,61	
Etelä	0,0	2,10	0,61	
Lounas	10,9	2,10	0,61	
Länsi	0,0	2,10	0,61	
Luode	11,3	2,10	0,61	

### Ilmanvaihtojärjestelmä

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

	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0,084 / 0,084	2,50	45 %	5,0
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,084 / 0,084	2,50	-	-

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 45 %

### Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus: Tilojen sähköpatterilämmitys, sähkövastuksella lämmitetty käyttövesivaraaja

	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden sähkökäyttö <sup>2</sup> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	100,0 %	95 %	-	0,5
Lämpimän käyttöveden valmistus	100 %	85 %	-	0,0

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

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

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija	1	2 000
Ilmalämpöpumppu	1	0

### Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

Jäähdytysjärjestelmä

### Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmin käyttövesi		20

### Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

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

## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot
Rakennuksen valmistumisvuosi	2000
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	210,5
<b>E-luku, kWh<sub>E</sub> / (m<sup>2</sup>vuosi)</b>	<b>333</b>

### E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh <sub>E</sub> /vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
sähkö	40 186	1,7	68317	325
kaukolämpö	0	0,7	0	0
fossiilinen polttoaine	0	1	0	0
uusiutuva polttoaine	3 333	0,5	1667	8
kaukojäähdytys	0	0,4	0	0
			0	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>43 519</b>		<b>69 984</b>	<b>333</b>

### Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

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

### Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>			
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>	0,5	109,9	-
Tuloilman lämmitys	0,0	18,4	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	29,6	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	8,7	-	-
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22,8	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>33,0</b>	<b>158,0</b>	<b>0,0</b>

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

### Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>	23 974	114
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>	3 865	19
Lämpimän käyttöveden valmistus	4 200	20
Jäähdytys	0	0

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

<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa

### Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Aurinko	11 087	53
Henkilöt	2 213	11
Kuluttajalaitteet	3 319	16
Valaistus	1 475	8
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	650	4

### Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

D5 (2012), Excel-toteutus

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 211 m<sup>2</sup>

#### Ostettu energia

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kaukolämpö		
Kokonaissähkö	42 000	200
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

#### Ostetut polttoaineet<sup>1</sup>

	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnos- kerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m <sup>3</sup>	1300		
Pilkkeet (koivu)	3	pino-m <sup>3</sup>	1700	5 100	25
Puupelletit		kg	4,7		

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

#### Toteutunut ostoenergia yhteensä

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö yhteensä	42 000	200
Kaukolämpö yhteensä		
Polttoaineet yhteensä	5 100	25
Kaukojäähdytys		
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>47 100</b>	<b>224</b>

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

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIAITEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

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

Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat ovat hyvässä kunnossa. Toimenpiteille ei ole tarvetta.

Ikkunoiden uusimisella voidaan pienentää rakennuksen energiankulutusta, mutta ikkunoiden kunto ei kuitenkaan tässä rakennuksessa edellytä niiden uusimista. Rakennuksen nykyisten ikkunoiden lämmönläpäisykerroin on  $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Uusien ikkunoiden lämmönläpäisykerroin voi olla likimain puolet nykyisten ikkunoiden lämmönläpäisykerroimesta.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1 Ikkunoiden uusiminen. Uusien ikkunoiden lämmönläpäisykerroin  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1		7 825		-63
2				
3				

### Huomiot ylä- ja alapohja

Yläpohjan puhallusvillan paksuudeksi on piirustuksissa merkitty 300 mm. Mitattu puhallusvillan paksuus on keskimäärin 250 mm, reuna-alueilla paikoin vähemmän. Puhallusvillan lämmönjohtavuudeksi on arvioitu  $0,045 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , josta saadaan 250 mm paksuudella eristekerroksen lämmönläpäisykerroimeksi  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Jos yläpohjaan lisätään 200 mm puhallusvillaa, puhallusvillan keskimääräinen paksuus on yhteensä 450 mm, josta lämmönjohtavuudella  $0,045 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  saadaan eristekerroksen lämmönläpäisykerroimeksi  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1 Yläpohjaan 200 mm lisäeristys puhallusvillalla. Yläpohjan uusi lämmönläpäisykerroin  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1		1 362		-11
2				
3				

### Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Rakennukseen voidaan asentaa ilmasta ilmaan lämpöä siirtävä lämpöpumppu. Ilmasta ilmaan lämpöä siirtävän lämpöpumpun tuottamaksi lämmöksi voidaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 15 mukaisesti laskea enintään 5000 kWh/a tai lämmitettyä nettoalaa kohden korkeintaan  $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Lämpöpumpun lämpökertoimen vuosikeskiarvona voidaan käyttää arvoa 2,8 energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 12 mukaisesti.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1 Ilmasta ilmaan lämpöä siirtävä lämpöpumppu. Vuosituotto 5000 kWh, lämpökerroin 2,8.

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1		3 477		-28
2				
3				

#### Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Rakennuksen ilmanvaihtokone on vielä hyvässä kunnossa eikä sen vaihtaminen ole tarpeen. Rakennukseen voidaan kuitenkin asentaa uusi ilmanvaihtokone.

#### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1 Uusi ilmanvaihtokone. LTO vuosihyötysuhde 0,70, puhaltimien SFP-luku 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1		3 265		-26
2				
3				

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

Valaisimissa vielä osin hehkulamppuja.

#### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1

2

3

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

#### Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

#### Lisätietoja energiatehokkuudesta

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

## LISÄMERKINTÖJÄ



# Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Taulukko 39. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

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

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