

Energiatodistuksen laadintaesimerkki 1970 rakennettu kerrostalo

Energiatodistusoppaan 2013 liite
13.11.2013

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	3
2 Esimerkkirakennus	5
2.1 Rakennuksen tiedot.....	5
2.2 Laskentasuureet.....	6
3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus	10
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
4 Lämmitysenergian tarve	13
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
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve	14
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	14
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa.....	19
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa	19
4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä	20
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	22
4.4.1 Lämpökuormat.....	22
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia	29
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä.....	30
5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus	32
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	32
5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	33
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus	35
6 Yhteenveto laskennan tuloksista.....	36
6.1 Lämmitysenergian nettotarve	36
6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus.....	36
6.3 Ostoenergiankulutus.....	37
6.4 Kokonaisenergiankulutus.....	38
6.5 Toteutunut energiankulutus	40
7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi.....	41
7.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat	41
7.2 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät	43
7.3 Valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät.....	43
8 Energiatodistus	45
Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat.....	53

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 rakentamismääräyskokoelman 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. Pääasiallisesti esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joina laskennan kulku poikkeaa tammikuusta¹. 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 perustella selvitetään rakennuksen ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutuksen laskennassa tarvittavat lähtötiedot sekä esitetään rakennuksesta tehty havainnot ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisiksi arvioidut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksessa on lasketun osto- ja kokonaisenergiankulutuksen lisäksi esitettävä rakennuksen toteutunut energiankulutus niiltä osin, joista tiedot 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

¹ Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla varustetuissa rakennuksissa tällaisia kuukausia voivat olla esimerkiksi ne kesäkuukaudet, joina lämmöntalteenotto ei ole käytössä.

on 0,7, kaukojäähdytyksen kerroin on 0,4, uusiutumattomien polttoaineiden, kuten tavanomaisen lämmitysöljyn, kerroin on 1,0 ja uusiutuvien polttoaineiden, kuten polttopuun, kerroin on 0,5.

2 Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on kolmikerroksinen vuonna 1970 valmistunut kerrostalo. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 1300,0 m². Rakennuksen käyttöveden lämmitys ja tilojen lämmitys on liitetty kaukolämpöön. Kaikissa tiloissa on vesiradiaattorit 70/40 °C vedellä ja käsikäyttöiset patteriventtiilit. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Rakennuksen yksityiskohtaiset tiedot on esitetty taulukoituna luvuissa 2.1 ja 2.2.

Kaukolämpötoimittajan mittauksen perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2012 yhteensä 233 400 kWh kaukolämpöä. Rakennuksen kiinteistön sähkömittarin mittauksen perusteella yleisten tilojen sähkönkulutus on vuonna 2012 ollut 19 200 kWh. Asukkaiden kuluttamasta sähköstä ei ole tietoja käytettävissä.

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	Helsinki	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	1969	rakennuksen asiakirjat
Valmistumisvuosi	1970	rakennuksen asiakirjat
Laskennan säävyöhyke	D3/2012 vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	asuinkerrostalot, muut asuinkerrostalot	YM asetus 176/2013, liite 2
Kerrosten lukumäärä	kolme	havainnointi paikanpäällä
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	havainnointi paikanpäällä
Rakennetyyppi	D5/2012 taulukko 5.6: asuinkerrostalot, raskasrakenteinen	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Tilojen lämmitysjärjestelmä	tilakohtaiset vesiradiaattorit 70/40 °C lämpötiloilla, käsikäyttöiset patteriventtiilit kaikissa huonetiloissa	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 3. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	kaukolämmitys	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden varaaja	ei varaajaa	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kierto	on	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kiertoputkien eristys	YM asetus 176/2013 liite 1 taulukko 6: kiertojohdon eristystaso 0,5 D	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	koneellinen poistoilmanvaihto	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	yksi	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	ei	havainnointi paikanpäällä
Tuloilman lämmitys	ei, korvausilma suoraan ulkoa	havainnointi paikanpäällä

2.2 Laskentasuureet

Taulukko 5. Perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	1300,0	m ²	havainnointi paikanpäällä	A_{netto}
Sisälämpötila	21,0	°C	D3/2012 taulukko 2 (Asuinkerrostalo)	T_s
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	D5/2012 kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa, vuosi}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	12,2	m ³ /(h m ²)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 4 ja q ₅₀ muuntokaava	q_{50}
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin vuotoilmavirran kaavassa (D3/2012 kaava 5, D5/2012 kaava 3.9)	20	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	χ
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	220	Wh/ (m ² K)	D5/2012 taulukko 5.6: asuinkerrostalo, raskasrakenteinen	$C_{rak, omin}$

Taulukko 6. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	Lähde	U W/(m ² °C)	A m ²	T_u °C	UA W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	Piirustukset	0,30	560,0	Ulkolämpötila	168,0
Yläpohja	Piirustukset	0,20	405,0	Ulkolämpötila	81,0
Alapohja	Piirustukset	0,40	405,0	Maaperä	162,0
Ikkunat	Piirustukset	1,40	199,5	Ulkolämpötila	279,3
Ovet	Havainnointi paikanpäällä	1,40	46,0	Ulkolämpötila	64,4
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)			1615,5		

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin.

Taulukko 7. Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,72	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9 ja kohta 2.2.7: vesiradiaattorilämmitys 70/40 °C, jakojohdot eristämättömät, käsikäyttöiset patteriventtiilit	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,0	kWh/(m ² a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesiradiaattorilämmitys 70/40 °C	e_{tilat}
Lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen lämmityksessä	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$\eta_{\text{tuotto,tilat}}$
Tilojen lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,07	kWh/(m ² a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$e_{\text{tuotto,tilat}}$
Lämmitysenergian tuoton hyötysuhde käyttöveden lämmityksessä	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö, ei varaajaa	$\eta_{\text{tuotto,lkv}}$

Taulukko 8. Käyttövesijärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m ² a)	YM asetus 5/13, taulukko 5	
Lämpimän käyttöveden jakelun (siirron) hyötysuhde	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 5: asuinkerrostalo: kierto	$\eta_{\text{lkv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	10	W/m	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 6: eristystaso 0,5 D	$Q_{\text{lkv,kierto}}$
Käyttöveden lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,036	kWh/(m ² a)	D5/2012 kohta 6.3.4, kattaa kiertojohdon häviöt (dt=5°C kiertojohdossa)	$e_{\text{tuotto,lkv}}$

Taulukko 9. Ilmanvaihtojärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0	-	Ei lämmöntalteenottoa	$\eta_{a,ivkone}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	650	L/s	D3/2012 taulukko 2	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	650	L/s	D3/2012 luku 3.2 (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihdon SFP-luku	1,5	kW/(m ³ /s)	havainnointi paikanpäällä, valmistajan ilmoittama arvo (YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 3)	-
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	-	°C	korvausilma ulkoa, koneellinen poisto	T_{sp}
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 10. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Po	It	Et	Lä	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m ²	40,0	40,0	79,5	40,0	havainnointi paikanpäällä	A_{ikk}
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,76	0,76	0,76	0,76	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 kulmalla 15°				havainnointi paikanpäällä	$F_{ympäristö}$

Taulukko 11. 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	4	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,6	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen ominaisteho	11	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen käyttöaste	0,1	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Lämpökuorma ihmisistä	3	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-

3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien aiheuttamaa lämpökuormaa tarvitaan tilojen lämmitysenergian tarpeen laskennassa, siksi niiden sähkönkulutuksen laskenta esitetään tässä luvussa ennen lämmitysenergian tarpeen 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. Asuinkerrostalon käyttöaika on 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan siis

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

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

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 4 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $1300,0 \text{ m}^2$, joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

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

$$\text{teho} \quad \left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 1300,0 \text{ m}^2 = 5200 \text{ W}$$

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

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

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{5200}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 2321,3 \text{ kWh}$$

3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 11 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $1300,0 \text{ m}^2$, joten valaistuksen tehoksi saadaan

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta 3} \end{array} \quad \left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 1300,0 \text{ m}^2 = 14300 \text{ W}$$

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

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

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{valaistus}} = \frac{14300}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 1063,9 \text{ kWh}$$

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 tammikuussa

D5/2012 kaava 7.1

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

koko vuosi

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 1,5 \cdot 0,650 \cdot 8760 = 8541,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole muuta sähkönkulutusta.

3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty taulukossa 12. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittävät huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 4.4.1 lämpökuormien laskennassa.

Taulukko 12. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet $W_{\text{kuluttajalaitteet}}$ kWh	Valaistus $W_{\text{valaistus}}$ kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	2321,3	1063,9	3385,2
Helmikuu	2096,6	961,0	3057,6
Maaliskuu	2321,3	1063,9	3385,2
Huhtikuu	2246,4	1029,6	3276,0
Toukokuu	2321,3	1063,9	3385,2
Kesäkuu	2246,4	1029,6	3276,0
Heinäkuu	2321,3	1063,9	3385,2
Elokuu	2321,3	1063,9	3385,2
Syyskuu	2246,4	1029,6	3276,0
Lokakuu	2321,3	1063,9	3385,2
Marraskuu	2246,4	1029,6	3276,0
Joulukuu	2321,3	1063,9	3385,2
Koko vuosi	27331,2	12526,8	39858,0

4 Lämmitysenergian tarve

4.1 Lämmin käyttövesi

4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukon 5 arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergiantarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Rakennuksen lämmitetty nettoala on $1300,0 \text{ m}^2$, joten lämpimän käyttöveden nettoenergiantarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

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

<i>koko vuosi</i>	$Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 1300 \text{ m}^2 = 45500 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$
-------------------	---

4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviö

a) Lämpimän käyttöveden kiertojohton lämpöhäviöt

Rakennuksessa on lämpimän käyttöveden kiertojohto. Kiertojohton eristystaso on 0,5 kertaa putkihalkaisija. Kiertojohton lämpöhäviö lasketaan YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 taulukoiden 6 ja 7 arvojen mukaan.

<i>YM 176/2013 taulukosta 6 ja 7</i>	$Q_{lkv,kierto} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot 0.043 \cdot \frac{\Delta t}{1000} \cdot A_{netto}$	(8)
--	---	-----

<i>koko vuosi</i>	$Q_{lkv,kierto} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot 0.043 \cdot \frac{8760}{1000} \cdot 1300 \text{ m}^2 = 4896.8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$
-------------------	---

b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden lämminvesivaraajaa, joten käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöitä ei ole.

<i>YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 taulukosta 8</i>	$Q_{lkv,varastointi} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$	(9)
--	---	-----

4.2 Ilmanvaihto

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012 kohta 3.3.7 huomioiden. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmajärjestelmä, joka ottaa korvausilmansa suoraan ulkoa. Lämmöntalteenottoa ei ole. Energiatodistuslaskennassa koneellisen poistoilmajärjestelmän rakennuksen vaipan läpi ulkoa ottama korvausilma käsitellään tilojen lämmitysenergiatarkastelussa samalla tapaa kuin vuotoilma. Ilmanvaihdon laskennan kulku ja käytetyt kaavat on esitetty tilojen lämmitysenergiatarkastelun yhteydessä kohdassa 4.3.3.

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. Kaavassa tarvittavat ulkoilman keskimääräiset kuukausittaiset lämpötilat saadaan D3/2012 liitteen 2 taulukosta L2.2 ja ne on myös poimittu tämän oppaan liitteeseen 1. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 14.

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

<i>D5/2012 kaava 3.4</i>	$Q_{ulkoseinät} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000}$	(10)
--------------------------	---	------

<i>tammikuu</i>	$Q_{ulkoseinät} = \frac{0,30 \cdot 560 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 3121,1 \text{ kWh}$
-----------------	--

b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

<i>D5/2012 kaava 3.4</i>	$Q_{yläpohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000}$	(11)
--------------------------	---	------

tammikuu

$$Q_{yläpohja} = \frac{0,2 \cdot 405,0 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1504,8 \text{ kWh}$$

c) Johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

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

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

D5/2012 kaava 3.6

$$Q_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (12)$$

koko vuosi

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

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 13. Tammikuussa vuosi- ja kuukausikeskilämpötilojen ero on 0 °C. Alapohjan alapuolisen maan keskilämpötila on siten tammikuussa

D5/2012 kaava 3.7

$$Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (13)$$

tammikuu

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

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

D5/2012 kaava 3.4

$$Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (14)$$

tammikuu

$$Q_{alapohja} = \frac{0,4 \cdot 405 \cdot (21 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 1257,2 \text{ kWh}$$

Taulukko 13. 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

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (15)$$

$$tammikuu \quad Q_{ikkunat} = \frac{1,4 \cdot 199,5 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 5188,7 \text{ kWh}$$

e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (16)$$

$$tammikuu \quad Q_{ovet} = \frac{1,4 \cdot 46,0 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1196,4 \text{ kWh}$$

f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsiltoista

Kylmäsiltojen laskenta tehdään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus

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

<i>D5/2012 kaava 3.3</i>	$Q_{ulkovaippa} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} \quad (17)$
------------------------------	---

<i>tammikuu</i>	$Q_{ulkovaippa} = 3121,1 + 1504,8 + 1257,2 + 5188,7 + 1196,4 = 12268,2 \text{ kWh}$
-----------------	---

Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö on edellä esitetyn perusteella tammikuussa

<i>D5/2012 kaava 3.3</i>	$Q_{kylmäsilto} = 0,1 \cdot Q_{ulkovaippa} \quad (18)$
------------------------------	--

<i>tammikuu</i>	$Q_{kylmäsilto} = 0,1 \cdot 12268,2 = 1226,8 \text{ kWh}$
-----------------	---

g) Johtumislämpöhäviöiden summa

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

<i>D5/2012 kaava 3.3</i>	$Q_{joht} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} + Q_{kylmäsilto} + Q_{muu} \quad (19)$
------------------------------	--

<i>tammikuu</i>	$Q_{joht} = 3121,1 + 1504,8 + 1257,2 + 5188,7 + 1196,4 + 1226,8 = 13495,2 \text{ kWh}$
-----------------	--

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät <i>Q_{ulkoseinät}</i> kWh	Yläpohja <i>Q_{yläpohja}</i> kWh	Alapohja <i>Q_{alapohja}</i> kWh	Ikkunat <i>Q_{ikkunat}</i> kWh	Ovet <i>Q_{ovet}</i> kWh	Kylmäsillat <i>Q_{kylmäsillat}</i> kWh	Yhteensä <i>Q_{joht}</i> kWh
Tammikuu	3121,1	1504,8	1257,2	5188,7	1196,4	1226,8	13495,0
Helmikuu	2878,8	1388,0	1244,4	4786,1	1103,6	1140,1	12541,0
Maaliskuu	2947,3	1421,0	1498,3	4899,9	1129,8	1189,6	13085,9
Huhtikuu	1995,8	962,3	1566,6	3318,1	765,1	860,8	9468,6
Toukokuu	1279,9	617,1	1618,8	2127,9	490,6	613,4	6747,7
Kesäkuu	818,9	394,8	1449,9	1361,4	313,9	433,9	4772,9
Heinäkuu	462,5	223,0	1257,2	768,9	177,3	288,9	3177,7
Elokuu	618,7	298,3	1136,7	1028,6	237,2	331,9	3651,4
Syyskuu	1266,5	610,6	983,4	2105,5	485,5	545,1	5996,5
Lokakuu	1849,9	891,9	895,6	3075,4	709,1	742,2	8164,2
Marraskuu	2479,7	1195,6	866,7	4122,5	950,5	961,5	10576,5
Joulukuu	2898,6	1397,5	1016,2	4818,9	1111,1	1124,2	12366,4
Koko vuosi	22617,6	10904,9	14790,9	37601,8	8670,1	9458,5	104043,9

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 kolme kerrosta, joten kaavassa tarvittavan kertoimen x arvo on 20. Rakennuksen ilmanvuotoluvusta ei ole tehty erillistä selvitystä, joten rakennusvaipan ilmanvuotolukuna (n_{50}) käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 6 l/h. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voidaan laskea rakennuksen ilmanvuotoluvusta (n_{50}) energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 luvun 2.2.5 yhteydessä annetulla kaavalla.. Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 6. Rakennuksen ilmatilavuudeksi (V) on suunnitteluasiakirjojen perusteella arvioitu 3280 m³.

YM 176/2013
kaava liitteen 1
luvusta 2.2.5

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} V \quad (20)$$

$$q_{50} = \frac{6}{1615,5} \cdot 3280 = 12,2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$$

Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

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

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50} A_{vaippa}}{3600x} \quad (21)$$

kaikki kuukaudet

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{12,2 \cdot 1615,5}{3600 \cdot 20} = 0,27374 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

D5/2012 kaava 3.8

$$Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (22)$$

tammikuu

$$Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,27374 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 6102,5 \text{ kWh}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 15.

4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.14. Koska rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, jonka korvausilma otetaan suoraan ulkoa, käytetään kaavassa sisänpuhalluslämpötilana ulkoilman kuukausittainen keskilämpötila. Ulkoilman kuukausittainen keskilämpötila on esitetty liitteen 1 taulukossa 36. Tuloilman lämmitysenergian tarve, joka tässä rakennuksessa merkitsee koneellisen poistoilmanvaihdon korvausilman lämmitystarvetta vaipan läpi ulkoa, on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 15. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012 kohta 3.3.7 huomioiden.

a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

Tammikuussa, kuten muinakin tarkastelukuukausina, sisäänpuhalluslämpötila vastaa kuukauden keskimääräistä laskentaulkolämpötilaa, joka tammikuussa on $-3,97^{\circ}\text{C}$. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten tammikuussa

<i>D5/2012 kaava 3.14</i>	$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000}$	(23)
---------------------------	---	------

<i>tammikuu</i>	$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,650 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000}$ $= 14490,6 \text{ kWh}$
-----------------	--

4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti D5/2012 kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa². Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 15.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

<i>D5/2012 kaava 3.2</i>	$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma}$	(24)
--------------------------	--	------

<i>tammikuu</i>	$Q_{tila} = 13495,0 + 6102,5 + 0 + 14490,6 = 34088,1 \text{ kWh}$
-----------------	---

² Korvausilman lämmittäminen huonelämpötilaan on osa tilojen lämmitysjärjestelmän energiantarvetta.

Taulukko 15. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen Q_{joht} kWh	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh	Tuloilma $Q_{iv,tuloilma}$ kWh	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh	Yhteensä Q_{tila} kWh
Tammikuu	13495,0	6102,5	0	14490,6	34088,1
Helmikuu	12541,0	5628,9	0	13366,1	31536,0
Maaliskuu	13085,9	5762,8	0	13683,9	32532,7
Huhtikuu	9468,6	3902,4	0	9266,4	22637,4
Toukokuu	6747,7	2502,6	0	5942,5	15192,8
Kesäkuu	4772,9	1601,2	0	3802,0	10176,1
Heinäkuu	3177,7	904,3	0	2147,2	6229,1
Elokuu	3651,4	1209,7	0	2872,6	7733,8
Syyskuu	5996,5	2476,3	0	5880,0	14352,7
Lokakuu	8164,2	3617,0	0	8588,7	20369,9
Marraskuu	10576,5	4848,4	0	11512,8	26937,7
Joulukuu	12366,4	5667,5	0	13457,6	31491,5
Koko vuosi	104043,9	44223,5	0	105010,4	253277,8

Taulukko 16. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Johtuminen Q_{joht} kWh/m ²	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh/m ²	Tuloilma $Q_{iv,tuloilma}$ kWh/m ²	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh/m ²	Yhteensä Q_{tila} kWh/m ²
Tammikuu	10,38	2,31	0	11,15	23,84
Helmikuu	9,65	2,13	0	10,28	22,06
Maaliskuu	10,07	2,18	0	10,53	22,77
Huhtikuu	7,28	1,48	0	7,13	15,89
Toukokuu	5,19	0,95	0	4,57	10,71
Kesäkuu	3,67	0,61	0	2,92	7,20
Heinäkuu	2,44	0,34	0	1,65	4,44
Elokuu	2,81	0,46	0	2,21	5,48
Syyskuu	4,61	0,94	0	4,52	10,07
Lokakuu	6,28	1,37	0	6,61	14,26
Marraskuu	8,14	1,83	0	8,86	18,83
Joulukuu	9,51	2,14	0	10,35	22,01
Koko vuosi	80,03	16,73	0	80,78	177,54

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 3 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $1300,0 \text{ m}^2$, joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

$$\text{D3/2012 taulukosta 3} \quad \left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (25)$$

$$\text{teho} \quad \left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 1300,0 \text{ m}^2 = 3900 \text{ W}$$

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

$$\text{D3/2012 taulukon 3 arvoilla} \quad \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (26)$$

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

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

$$\text{D3/2012 taulukosta 3} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (27)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{3900}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 1741,0 \text{ kWh}$$

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 19.

b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.3 \quad Q_{säh} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} \quad (28)$$

$$tammikuu \quad Q_{säh} = 2321,3 + 1063,9 = 3385,2 \text{ kWh}$$

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 19.

Rakennuksen lämpimän käyttöveden kiertojohtoon aiheuttama lämpökuorma

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto} \quad (29)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot 4896,8 = 2448,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \left(\frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot \left(\frac{\text{käyttöveden kierron lämpökuorma}}{\text{vuodessa}} \right) \quad (30)$$

$$tammikuu \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \frac{744}{8760} \cdot 2448,4 = 207,9 \text{ kWh}$$

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden lämminvesivaraajaa, joten varastoinnin aiheuttamia lämpökuormia ei ole.

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (31)$$

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 10. Varjostusten korjauskertoimen ja säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin on esitetty kuukausittain taulukoissa 17 ja 18.

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

<i>D5/2012 kaava 5.4</i>	$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g$	(32)
<i>tammikuu, ikkunat pohjoiseen</i>	$Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,735 \cdot 40,0 \cdot 0,76 = 138,5 \text{ kWh}$	
<i>tammikuu, ikkunat itään</i>	$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,645 \cdot 40,0 \cdot 0,76 = 74,5 \text{ kWh}$	
<i>tammikuu, ikkunat etelään</i>	$Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,563 \cdot 79,5 \cdot 0,76 = 438,4 \text{ kWh}$	
<i>tammikuu, ikkunat länteen</i>	$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,645 \cdot 40,0 \cdot 0,76 = 74,5 \text{ kWh}$	
<i>tammikuu, ikkunat yhteensä</i>	$\sum Q_{aur} = 726,0 \text{ kWh}$	

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 726,0 kWh. Kaavassa (32) esitetty säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin tammikuussa perustuu tässä luvussa esitettyyn laskelmaan. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 19.

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

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (33)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$F_{varjostus} = 0,980 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,980$$

tammikuu, ikkunat itään

$$F_{varjostus} = 0,860 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,860$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$F_{varjostus} = 0,750 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,750$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$F_{varjostus} = 0,860 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,860$$

Taulukko 17. Varjostusten korjauskerroin

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

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

D5/2012 kaava 5.6

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (34)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,980 = 0,735$$

tammikuu, ikkunat itään

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,860 = 0,645$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,750 = 0,563$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,860 = 0,645$$

Taulukko 18. 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 19. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

$$\text{D5/2012 kaava 5.9} \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (35)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = 1741,0 + 3385,2 + 726,0 + 207,9 + 0 = 6060,1 \text{ kWh}$$

Taulukko 19. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset Q_{henk} kWh	Sähkölaitteet $Q_{\text{säh}}$ kWh	Aurinko Q_{aur} kWh	LKV kierto $Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$ kWh	LKV varastointi $Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$ kWh	Yhteensä $Q_{\text{lämpökuormat}}$ kWh
Tammikuu	1741,0	3385,2	726,0	207,9	0,0	6060,1
Helmikuu	1572,5	3057,6	2394,9	187,8	0,0	7212,8
Maaliskuu	1741,0	3385,2	5871,4	207,9	0,0	11205,5
Huhtikuu	1684,8	3276,0	8003,9	201,2	0,0	13165,9
Toukokuu	1741,0	3385,2	10167,8	207,9	0,0	15501,9
Kesäkuu	1684,8	3276,0	9752,4	201,2	0,0	14914,4
Heinäkuu	1741,0	3385,2	10803,6	207,9	0,0	16137,7
Elokuu	1741,0	3385,2	7754,6	207,9	0,0	13088,8
Syyskuu	1684,8	3276,0	6592,9	201,2	0,0	11754,9
Lokakuu	1741,0	3385,2	2369,5	207,9	0,0	7703,7
Marraskuu	1684,8	3276,0	913,3	201,2	0,0	6075,4
Joulukuu	1741,0	3385,2	600,8	207,9	0,0	5934,9
Koko vuosi	20498,4	39858,0	65951,1	2448,4	0,0	128755,9

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

$$\text{D5/2012 kaava 5.16} \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u) \Delta t} \quad (36)$$

$$\text{tammikuu} \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot 34088,1}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 1834,90 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

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 $220 \text{ Wh/(m}^2 \text{ K)}$. Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

$$D5/2012 \text{ taulukko 5.6} \qquad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \qquad (37)$$

$$koko \text{ vuosi} \qquad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 1300,0 \cdot 220 = 286000 \text{ Wh/K}$$

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

$$D5/2012 \text{ kaava 5.15} \qquad \tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \qquad (38)$$

$$tammikuu \qquad \tau = \frac{286000}{1834,90} = 155,87 \text{ h} = 6,5 \text{ d}$$

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

$$D5/2012 \text{ kaava 5.14} \qquad \gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \qquad (39)$$

$$tammikuu \qquad \gamma = \frac{6060,1}{34088,1} = 0,178$$

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

$$D5/2012 \text{ kaava 5.13} \qquad a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \qquad (40)$$

$$tammikuu \qquad a = 1 + \frac{155,87 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 11,39$$

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

D5/2012 kaava 5.16

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (41)$$

tammikuu

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,178^{11,39}}{1 - 0,178^{(11,39+1)}} = 1,00$$

Taulukko 20. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöehäviö H_{tila} W/K	Aikavakio τ h	Suhde γ -	Apusuure a -	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -
Tammikuu	1834,90	155,87	0,18	11,39	1,00
Helmikuu	1840,34	155,41	0,23	11,36	1,00
Maaliskuu	1854,40	154,23	0,34	11,28	1,00
Huhtikuu	1905,51	150,09	0,58	11,01	1,00
Toukokuu	1994,18	143,42	1,02	10,56	0,90
Kesäkuu	2087,66	137,00	1,47	10,13	0,68
Heinäkuu	2262,83	126,39	2,59	9,43	0,39
Elokuu	2099,97	136,19	1,69	10,08	0,59
Syyskuu	1903,95	150,21	0,82	11,01	0,98
Lokakuu	1849,93	154,60	0,38	11,31	1,00
Marraskuu	1825,05	156,71	0,23	11,45	1,00
Joulukuu	1825,24	156,69	0,19	11,45	1,00
Koko vuosi	1940,33	148,07	0,81	10,87	0,88

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 kaava 5.10

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (42)$$

tammikuu

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = 1,0 \cdot 6060,1 = 6060,1 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 21 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.4.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 4.4.1f).

Taulukko 21. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{\text{sis. Lämpö}}$ kWh
Tammikuu	6060,1	1,000	6060,1
Helmikuu	7212,8	1,000	7212,8
Maaliskuu	11205,5	1,000	11205,5
Huhtikuu	13165,9	0,999	13151,7
Toukokuu	15501,9	0,904	14013,9
Kesäkuu	14914,4	0,678	10107,9
Heinäkuu	16137,7	0,386	6228,6
Elokuu	13088,8	0,590	7718,0
Syyskuu	11754,9	0,978	11495,4
Lokakuu	7703,7	1,000	7703,6
Marraskuu	6075,4	1,000	6075,4
Joulukuu	5934,9	1,000	5934,9
Koko vuosi	128755,9	0,878	106907,8

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 22 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (43)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 34088,1 - 6060,1 = 28028,0 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 22. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve Q_{tila} kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	34088,1	6060,1	28028,0
Helmikuu	31536,0	7212,8	24323,2
Maaliskuu	32532,7	11205,5	21327,2
Huhtikuu	22637,4	13151,7	9485,7
Toukokuu	15192,8	14013,9	1178,9
Kesäkuu	10176,1	10107,9	68,1
Heinäkuu	6229,1	6228,6	0,5
Elokuu	7733,8	7718,0	15,8
Syyskuu	14352,7	11495,4	2857,3
Lokakuu	20369,9	7703,6	12666,3
Marraskuu	26937,7	6075,4	20862,3
Joulukuu	31491,5	5934,9	25556,6
Koko vuosi	253277,8	106907,8	146370,0

Taulukko 23. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve Q_{tila} kWh/m ²	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh/m ²	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh/m ²
Tammikuu	26,22	4,66	21,56
Helmikuu	24,26	5,55	18,71
Maaliskuu	25,03	8,62	16,41
Huhtikuu	17,41	10,12	7,30
Toukokuu	11,69	10,78	0,91
Kesäkuu	7,83	7,78	0,05
Heinäkuu	4,79	4,79	0,00
Elokuu	5,95	5,94	0,01
Syyskuu	11,04	8,84	2,20
Lokakuu	15,67	5,93	9,74
Marraskuu	20,72	4,67	16,05
Joulukuu	24,22	4,57	19,66
Koko vuosi	194,83	82,24	112,59

5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) Tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian tarve (kulutus)

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.1. Rakennuksessa on tilakohtainen vesiradiaattorilämmitys 70/40°C lämpötiloilla käsikäyttöisillä patteriventtiileillä. Rakennuksen lämmönjakojärjestelmän jakojohdot ei ole eristetty. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,8. YM asetuksen 176/2013 kohdan 2.2.7 mukaisesti kerrotaan em. hyötysuhde 0,9:llä, koska rakennuksessa on käsikäyttöiset patteriventtiilit. Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin. Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla

$$\text{D5/2012 kaava 6.1} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (44)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{146370,0}{0,72} + 0 + 0 = 203291,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Vesiradiaattoreiden lämmönjakojärjestelmän hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa radiaattoriverkostoon kaukolämmönvaihtimelta syötetyn lämpöenergian suhdetta radiaattoreiden (lämmitettäviin) tiloihin luovuttamaan lämpöenergiaan. Vesiradiaattoriverkostoon pitää siis tässä tapauksessa syöttää n. 203292 kWh/a lämpöenergiaa, jotta lämmitettäviin tiloihin saadaan 146370 kWh/a lämpöenergiaa. Lämpöenergioiden erotus menee häviöinä ulkoilmaan.

b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesiradiaattorilämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 2,0 kWh/(m² a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.2

$$\text{D5/2012 kaava 6.2} \quad W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (45)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{\text{tilat}} = 2,0 \cdot 1300,0 = 2600,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

Lämmönjakojärjestelmän sähköenergian kulutus sisältää muun muassa lämmönjakojärjestelmän säätölaitteiden sähkönkulutuksen.

c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpöön liitetty huonekohtainen vesiradiaattorilämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Tilojen lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}} \quad (46)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{203291,7}{0,97} = 209579,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa vesiradiaattoriverkoston luovuttaman lämpöenergian suhde kaukolämmönvaihtimeen syötettyyn lämpöenergiaan.

d) Tilojen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on kaukolämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 lämmöntuottojärjestelmän sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 0,07 kWh/(m² a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.9

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.9 \quad W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (47)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad W_{\text{tilat}} = 0,07 \cdot 1300,0 = 91,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

5.2 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 on lämpimän käyttöveden kiertojohto ja käyttöveden siirron hyötysuhde on 0,97. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Järjestelmässä ei ole varajaa, eikä siten varastoinnin lämpöhäviötä. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan edellä esitetyn perusteella

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.4 \quad Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} \quad (48)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{45500}{0,97} + 0 + 4896,8 = 51804,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 51804 kWh lämmitysenergiaa käyttöveteen vuodessa.

b) Käyttöveden lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus lasketaan D5/2012 kohdan 6.3.4 mukaan. Mikäli pumpun sähkömoottorin tehoa ei ole suunnittelutiedoissa, voidaan sitä arvioida laskemalla virtaama kiertojohdon lämpöhäviöistä ja olettamalla kiertoveden lämpötilan aleneman olevan 5°C astetta.

Lämpimän kiertoveden pumpun energiankulutuksen voi laskea D5/2012 kaavalla 6.6.

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.6 \quad W_{\text{lkv, pumppu}} = P_{\text{lkv, pumppu}} t_{\text{lkv, pumppu}} \frac{365}{1000} \quad (49)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{\text{tuotto, apu}} = 5,34 \cdot 24 \frac{365}{1000} = 46,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

c) Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä ja varaajaa ei käytetä. Kiertojohdon lämpöhäviöt on edellä laskettu erillisinä osana käyttöveden lämpöenergian kokonaistarvetta. Tässä rakennuksessa käyttöveden lämmitysjärjestelmä on liitetty kaukolämpöön. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, lkv}}}{\eta_{\text{tuotto, lkv}}} \quad (50)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{51804,0}{0,97} = 53406,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa käyttövesiverkoston lämpöenergian tarpeen suhde kaukolämmönvaihtimeen syötettyyn lämpöenergiaan. Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kulutus on siten noin 53406 kWh/a.

5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmajärjestelmä, joka ottaa korvausilmansa suoraan ulkoa. Lämmöntalteenottoa ei ole. Korvausilman lämpeneminen tilassa huomioidaan tilojen lämmitysenergiankulutuksen laskennassa.

6 Yhteenveto laskennan tuloksista

6.1 Lämmitysenergian nettotarve

Tämän esimerkkirakennuksen lämmitysenergian nettotarve on esitetty kokonaisuutena taulukossa 24. 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 24. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	146370,0	112,6	4.4.3
Johtuminen	104043,9	80,0	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	44223,5	34,0	4.3.2
Korvausilman lämpeneminen tilassa	105010,4	80,8	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-106907,8	-82,2	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	191870,0	147,6	

6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

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

Taulukko 25. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö			Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Lämmitysjärjestelmä	2647	2,0	-	255096	196,2	-
Tilojen lämmitys	2600	2,0	-	203292	156,4	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	203292	156,4	5.1 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	2600	2,0	5.1 b)	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	0	0,0	5.3
Käyttöveden lämmitys	47	0,04	-	51804	39,8	
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	51804	39,8	5.2 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	47	0,04	5.2 b)	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet	8541	6,6	3.3	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39858	30,7	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	27331	21,0	3.1	-	-	-
Valaistus	12527	9,6	3.2	-	-	-
Yhteensä	51046	39,3	-	255096	196,2	-

6.3 Ostoenergiankulutus

Taulukon 25 rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta päästään ostoenergiankulutukseen, kun huomioidaan tuottojärjestelmän hyötysuhteet ja tuoton apulaitteiden sähkönkulutus kohdan 5 mukaisesti. Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin 262985 kWh kaukolämpöverkosta ostettua lämpöenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna kaukolämmönkulutus on noin 202,3 kWh/m² vuodessa. Lisäksi rakennus tarvitsee noin 51137 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on 39,3 kWh/m² vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 26.

Taulukko 26. Ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)
Lämpö	262985	202,30
Tilojen lämmitys	209579	161,21
Lämmin käyttövesi	53406	41,08
Tuloilman lämmitys	0	0,00
Sähkö	51137	39,34
Tilojen lämmitys	2691	2,07
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	91	0,07
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	2600	2,00
Lämmin käyttövesi	47	0,04
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	47	0,04
Tuloilman lämmitys	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmä	-	-
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	8541	6,57
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39858	30,66
Kuluttajalaitteet	27331	21,02
Valaistus	12527	9,64

6.4 Kokonaisenergiankulutus

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kaukolämmityksen kerroin on 0,7 ja sähköenergian kerroin on 1,7. Kaukolämmityksen energiamuodon kertoimella painotetuksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

$$\left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (51)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 0,7 \cdot 262985 = 184089,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Sähköenergian aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{sähköenergian} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (52)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 51137 = 86932,9 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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

$$\text{E-luku} = \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (53)$$

$$\text{E-luku} = 141,61 + 66,87 = 208,48 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 209 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Tämän rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on siis $209 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$. Kokonaisenergiankulutus ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 27.

Taulukko 27. Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	262985	202,30	0,7	184090	141,61
Tilojen lämmitys	209579	161,21	0,7	146705	112,85
Lämmin käyttövesi	53406	41,08	0,7	37384	28,76
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,7	0	0,00
Sähkö	51137	39,34	1,7	86933	66,87
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,7	4575	3,52
Lämmin käyttövesi	47	0,04	1,7	80	0,06
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,7	14520	11,17
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39858	30,66	1,7	67759	52,12
Yhteensä				271022	208,48

6.5 Toteutunut energiankulutus

Energiatodistuksessa tulee esittää lisätietona rakennuksen toteutunut energiankulutus niiltä osin, joista tiedot on saatavilla. Rakennuksen kaukolämmön ostoenergiankulutus on ollut vuonna 2012 kaukolämmön toimittajan mittauksen perusteella 233 400 kWh. Samana vuonna rakennuksen kiinteistösähkön ostoenergiankulutus on kiinteistön sähkömittarin mittauksen perustella ollut 19 200 kWh. Asukkaiden kuluttamasta sähköstä ei ollut tietoja käytettävissä.

7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi

7.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Ulkoseinien korjaussuunnittelun yhteydessä kannattaa tutkia ulkoseinien eristeiden kunto ja eristeiden uusimisen kannattavuus.

Etenkin rakennuksen ylimmän kerroksen ikkunat ja parvekkeen ovet ovat huonossa kunnossa. Ikkunoiden ja ulko-ovien uusimisella voidaan pienentää rakennuksen energiankulutusta. Rakennuksen nykyisten ikkunoiden ja ulko-ovien lämmönläpäisykerroin on $1,4 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Uusien ikkunoiden lämmönläpäisykertoimeksi saadaan $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, ja mikäli kaikki ulko-ovet uusitaan, uusien ovien lämmönläpäisykertoimeksi saadaan keskimäärin $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jos rakennuksen ikkunat vaihdetaan rakennuksen laskennallinen lämmönkulutus pienenee noin 18706 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin $10 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$.

Taulukko 28. Lämmitysenergian nettotarve ikkunoiden vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	133305,8	102,5	4.4.3
Johtuminen	89271,8	68,7	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	44223,5	34,0	4.3.2
Korvausilman lämpeneminen tilassa	105010,4	80,8	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-105199,9	-80,9	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	178805,8	137,5	–

Taulukko 29. Osto- ja kokonaisenergiankulutus ikkunoiden vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	244279	187,91	0,7	170996	131,54
Tilojen lämmitys	190873	146,83	0,7	133611	102,78
Lämmin käyttövesi	53406	41,08	0,7	37384	28,76
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,7	0	0,00
Sähkö	51137	39,34	1,7	86933	66,87
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,7	4575	3,52
Lämmin käyttövesi	47	0,04	1,7	80	0,06
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,7	14520	11,17
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39858	30,66	1,7	67759	52,12
Yhteensä				257928	198,41

Jos rakennuksen kaikki ulko-ovet vaihdetaan rakennuksen laskennallinen lämmönkulutus pienenee noin 5200 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin 3 kWh_E/(m² a).

Taulukko 30. Lämmitysenergian nettotarve ulko-ovien vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	142738,0	109,8	4.4.3
Johtuminen	99956,6	76,9	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	44223,5	34,0	4.3.2
Korvausilman lämpeneminen tilassa	105010,4	80,8	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-106452,6	-81,9	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	188238,0	144,8	–

Taulukko 31. Osto- ja kokonaisenergiankulutus ulko-ovien vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	257785	198,30	0,7	180449	138,81
Tilojen lämmitys	204379	157,21	0,7	143065	110,05
Lämmin käyttövesi	53406	41,08	0,7	37384	28,76
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,7	0	0,00
Sähkö	51137	39,34	1,7	86933	66,87
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,7	4575	3,52
Lämmin käyttövesi	47	0,04	1,7	80	0,06
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,7	14520	11,17
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39858	30,66	1,7	67759	52,12
Yhteensä				267382	205,68

7.2 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Rakennuksen kaikissa tiloissa on käsikäyttöiset patteriventtiilit. Toimenpiteinä ehdotetaan, että lämmitysverkostoon asennetaan uudet linjasäätöventtiilit ja kaikkiin tiloihin vaihdetaan käsikäyttöisten patteriventtiilien tilalle termostaattiset patteriventtiilit. Venttiilirungot uusitaan tarvittaessa. Ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti käsikäyttöisten patteriventtiilien vaihdolla termostaattiohjattuihin patteriventtiileihin voidaan huomioida n. 11 % parannus lämmönjakelujärjestelmän hyötysuhteeseen. Tämän muutoksen seurauksena rakennuksen laskennallinen lämmönkulutus pienenee noin 20958 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin 11 kWh_E/(m² a).

Taulukko 32. Lämmitysenergian nettotarve patteriventtiilien vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	146370,0	112,6	4.4.3
Johtuminen	104043,9	80,0	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	44223,5	34,0	4.3.2
Korvausilman lämpeneminen tilassa	105010,4	80,8	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-106907,8	-82,2	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	191870,0	147,6	

Taulukko 33. Osto- ja kokonaisenergiankulutus patteriventtiilien vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	242027	186,17	0,7	169419	130,32
Tilojen lämmitys	188621	145,09	0,7	132035	101,57
Lämmin käyttövesi	53406	41,08	0,7	37384	28,76
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,7	0	0,00
Sähkö	51137	39,34	1,7	86933	66,87
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,7	4575	3,52
Lämmin käyttövesi	47	0,04	1,7	80	0,06
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,7	14520	11,17
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39858	30,66	1,7	67759	52,12
Yhteensä				256352	197,19

7.3 Valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Rakennuksen yleisten tilojen hehkulamppuvalaisimet ovat huonossa kunnossa. Toimenpiteinä ehdotetaan yleisten tilojen hehkulamppuvalaisinten vaihtoa pienloistelamppuvalaisimiin. Tämänhetkiset valaisintehot eivät ole tiedossa.. Vaihdon jälkeen yleisten tilojen (14,9 % lämmitetystä nettoalasta) keskimääräisenä

valaistusvoimakkuutena voitaisiin 11 W/m² sijaan käyttää n. 2,1 W/m²K. Mikäli valaisimien vaihto suoritetaan, saadaan tarkennetut valaistustehot tehtävistä valaistussuunnitelmista. Tämän muutoksen seurauksena rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus pienenee noin 1480 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus pienenee noin 1 kWh_E/(m² a).

Taulukko 34. Lämmitysenergian nettotarve yleisten tilojen valaisinmuutoksen jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	147387,4	113,4	147387,4
Johtuminen	104043,9	80,0	104043,9
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	44223,5	34,0	44223,5
Korvausilman lämpeneminen tilassa	105010,4	80,8	105010,4
Lämpökuormista hyödyksi	-105890,5	-81,5	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	192887,4	148,4	–

Taulukko 35. Osto- ja kokonaisenergiankulutus yleisten tilojen valaisinmuutoksen jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	264442	203,42	0,7	185109	142,39
Tilojen lämmitys	211036	162,34	0,7	147725	113,63
Lämmin käyttövesi	53406	41,08	0,7	37384	28,76
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,7	0	0,00
Sähkö	49656	38,20	1,7	84416	64,94
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,7	4575	3,52
Lämmin käyttövesi	47	0,04	1,7	80	0,06
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,7	14520	11,17
Kuluttajalaitteet ja valaistus	38378	29,52	1,7	65242	50,19
Yhteensä				269525	207,33

8 Energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Ympäristöministeriön energiatodistusoppaan 2013 esimerkki 1970 rakennettu asuinkerrostalo																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1970																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Muut asuinkerrostalot																
Todistustunnus:																	
<table><thead><tr><th></th><th>Energiatehokkuusluokka</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></td></tr><tr><td>F</td><td></td></tr><tr><td>G</td><td></td></tr></tbody></table>			Energiatehokkuusluokka	A		B		C		D		E		F		G	
	Energiatehokkuusluokka																
A																	
B																	
C																	
D																	
E																	
F																	
G																	
<table><tbody><tr><td>Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)</td><td>209 kWh_E / (m² vuosi)</td></tr></tbody></table>		Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	209 kWh _E / (m ² vuosi)														
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	209 kWh _E / (m ² vuosi)																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Eero Energiatodistuksenlaatija	Yritys oy																
Allekirjoitus: <i>Eero Energiatodistuksenlaatija</i>																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
1.6.13	1.6.23																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoennergiankulutus

Lämmitetty nettoala	1300 m ²			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesiradiaattorit 70/40 °C, käsikäyttöiset patteriventtiilit			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen poistoilmanvaihto, ei lämmöntalteenottoa, yksi ilmanvaihtokone			
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoennergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		kWh _E /(m ² vuosi)
sähkö	51 137	39,3	1,7	66,9
kaukolämpö	262 985	202,3	0,7	141,6
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	39 858	30,7		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				209

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelustaasteikko

Luokkien rajat asteikolla

Asuinkerrostalot

A: ... 75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130
D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240
G: 241 ...		
F		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

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.

ENERGIAATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Rakennuksessa sattaa tulevaisuudessa olla odotettavissa huomattavia järjestelmien saneerauksia kuten IV-kanavien saneeraus, linjasaneeraus, ulkoseinien saneeraus, vesikaton saneeraus ja ulkovalaistuksen saneeraus. Saneerauksien yhteydessä tulisi aina harkita mahdollisuudet energiansäästötoimenpiteisiin, joilla rakennuksen energiatehokkuutta on mahdollista huomattavastikin parantaa.

Tällä hetkellä energiatehokkuutta voidaan parantaa vaihtamalla ikkunat ja ulko-ovet paremmin eristettyihin, vaihtamalla kaikki käsikäyttöiset patteriventtiilit termostaattisiin patteriventtiileihin ja vaihtamalla kaikki yleisten tilojen valaisimet uusiin energiatehokkaampiin.

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Muut asuinkerrostalot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1970	Lämmitetty nettoala	1 300	m²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	12,2	m³/(h m²)		
	A m²	U W/(m² K)	U × A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	560,0	0,30	168,0	20%
Yläpohja	405,0	0,20	81,0	10%
Alapohja	405,0	0,40	162,0	20%
Ikkunat	199,5	1,40	279,3	34%
Ulko-ovet	46,0	1,40	64,4	8%
Kylmäsiilat	-	-	75,5	9%
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m²	U W/(m² K)	g kohtisuora-arvo -	
Pohjoinen	40,0	1,40	0,84	
Koillinen	-	-	-	
Itä	40,0	1,40	0,84	
Kaakko	-	-	-	
Etelä	79,5	1,40	0,84	
Lounas	-	-	-	
Länsi	40,0	1,40	0,84	
Luode	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen poistoilmanvaihto, ei lämmöntalteenottoa, yksi ilmanvaihtokone			
	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s) / (m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.65 / 0.65	1,5	0%	3,0
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.65 / 0.65	1,5	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		0%		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesiradiaattorit 70/40 °C, käsikäyttöiset patteriventtiilit			
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin¹ -	Apulaitteiden sähkönkäyttö² kWh/(m² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	97 %	72%		2,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	97%	97%		0,0
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle ² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	0	0		
Ilmalämpöpumppu	0	0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin -			
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm³/(m² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	602,9	35,0		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m²	Kuluttajalaitteet W/m²	Valaistus W/m²
Ihmiset	60%	3,0		
Kuluttajalaitteet	60%		4,0	
Valaistus	10%			11,0

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Muut asuinkerrostalot
Rakennuksen valmistumisvuosi	1970
Lämmitetty nettoala, m ²	1300
E-luku, kWh _E / (m ² vuosi)	209

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /(m ² vuosi)
sähkö	51 137	1,7	86933	66,9
kaukolämpö	262 985	0,7	184090	141,6
YHTEENSÄ	314 122		271 022	209

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0,0
aurinkolämpö	0	0,0
aurinkosähkö	0	0,0
tuulisähkö	0	0,0

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys ¹	2,0	156,4	-
Tuloilman lämmitys	0,0	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	39,8	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	6,6	-	-
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	30,7	-	-
YHTEENSÄ	39,3	196,2	0,0

¹ Ilmanvaihtoon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen lämmitys ²	146 370	112,6
Ilmanvaihtoon lämmitys ³	0	0,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	45 500	35,0
Jäähdytys	0	0,0

² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Aurinko	65 951	50,7
Henkilöt	20 498	15,8
Kuluttajalaitteet	27 331	21,0
Valaistus	12 527	9,6
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	2 448	1,9

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

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

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 1300 m²

Ostettu energia	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kaukolämpö	233 400	179,5
Kokonaissähkö		
Kiinteistösähkö	19 200	14,8
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

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

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

Toteutunut ostoenergia yhteensä

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Sähkö yhteensä	19 200	14,8
Kaukolämpö yhteensä	233 400	179,5
Polttoaineet yhteensä		
Kaukojäähdytys		
YHTEENSÄ	252 600	194

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 ENERGIAEHDOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Ikkunat ja parvekkeen ovet ovat varsinkin ylimmissä kerroksissa huonossa kunnossa ja ne suositellaan vaihdettaviksi. Ulkoseinien korjaussuunnittelun yhteydessä kannattaa tutkia ulkoseinien eristeiden kunto ja eristeiden uusimisen kannattavuus.

Toimenpiteinä ehdotetaan ikkunoiden vaihtoa nykyisestä kaksilasisesta nykyaikaisiin energiatehokkaisiin ikkunoihin. Tällöin ikkunoiden U-arvo paranisi nykyisestä arvosta 1,4 W/m²K arvoon 0,9 W/m²K. Lisäksi ehdotetaan kaikkien ulko-ovien vaihtoa, jolla ovien U-arvo paranisi nykyisestä 1,4 W/m²K keskimäärin 0,8 W/m²K.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	Ikkunoiden vaihto			
2	Ulko-ovien vaihto			
3				
	Lämpö, ostoeenergian säästö	Sähkö, ostoeenergian säästö	Jäähdytys, ostoeenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1	18 706			-10
2	5 200			-3
3				

Huomiot ylä- ja alapohja

Yläpohjan ja alapohjan lämmöneristyksen parantaminen ei ole tässä kohteessa kustannustehokasta, koska ne edellyttäisivät merkittäviä rakenteellisia muutoksia. Yläpohjan lisäeristämisen kannattavuus on syytä arvioida, jos vesikatkon uusiminen tulee ajankohtaiseksi.

Rakennukselle suositellaan tehtäväksi vaipan ilmanpitävyyssmittaus erityisesti siksi, koska rakennuksen ulkoseinän ja alapohjan välisten liitosten tiiviydessä saattaa olla puutteita. Mittauksessa tehtyjen havaintojen perusteella tehdään tarvittaessa korjaussuunnitelma.

Ylä- ja alapohjan osalta ei tällä hetkellä ehdoteta muita energiansäästötoimenpiteitä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoeenergian säästö	Sähkö, ostoeenergian säästö	Jäähdytys, ostoeenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Kun putkistojen linjasaneeraus tulee ajankohtaiseksi kannattaa samassa yhteydessä parantaa lämmitysputkistojen eristystä, jolla on mahdollista saavuttaa energiansäästöä.

Toimenpiteenä ehdotetaan, että ikkunoiden ja ulko-ovien uusimisen jälkeen lämmitysverkostoon asennetaan uudet linjasäätöventtiilit, kaikkiin tiloihin vaihdetaan käsikäyttöisten patteriventtiilien tilalle termostaattiset patteriventtiilit ja lämmitysjärjestelmä perussäädetään. Venttiilirungot uusitaan tarvittaessa.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	Käsikäyttöisten patteriventtiilien vaihto termostaattisiin patteriventtiileihin			
2				
3				
	Lämpö, ostoeenergian säästö	Sähkö, ostoeenergian säästö	Jäähdytys, ostoeenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1	20 958			-11
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Järjestelmä ehdotetaan perushuollettavaksi, ilmanavat puhdistettavaksi ja ilmavirrat tasapainoitettavaksi. Myöhemmin, jos ilmanvaihtojärjestelmän kanavistosaneeraus ja putkistojen linjasaneeraus tulee ajankohtaiseksi kannattaa samalla tutkia lämmityksen paluuputkistoon kytketyn poistoilmalämpöpumpun kannattavuus. Samassa yhteydessä lisäsäästöä on saatavissa putkiston paremmalla eristyksellä. Yliä mainittujen huolto- ja ylläpitoteknisten toimenpiteiden lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän osalta ei tällä hetkellä ehdoteta säästötoimenpiteitä.				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät				
Ulkovalaisimet ovat pian tulossa uusimisikään. Uusimisen yhteydessä kannattaa tarkastella valaisinten elinkaarikustannukset. Porraskäytävien ja muiden yleisten tilojen huonokuntoiset valaisimet tulee vaihtaa. Valaisimissa suositellaan käytettäväksi hehkulamppujen sijaan energiasäästäviä pienloistelamppuja. Toimenpiteinä ehdotetaan yleisten tilojen hehkulamppuvalaisinten vaihtoa. Tämänhetkiset valaisintehot eivät ole tiedossa. Vaihdon jälkeen yleisten tilojen (14,9 % lämmitetystä nettoalasta) keskimääräisenä valaistusvoimakkutena voitaisiin 11 W/m² sijaan käyttää n. 2,1 W/m²K. Mikäli valaisimien vaihto suoritetaan, saadaan tarkennetut valaistustehot tehtävistä valaistussuunnitelmista				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1	Yleisten tilojen valaisinten vaihto			
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
1		1 480		-1
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Ilmanvaihdon tehostuksen käyntiaikaa olisi hyvä tarkistaa ja muuttaa nykytarpeita vastaavaksi. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, jonka korvausilma tuodaan ikkunoiden karmeihin asennetuista rakoveintiileistä. Asukkaita tulisi ohjeistaa karmiventtiilien säädössä vuodenajan/ulkolämpötilan mukaan. Menettelyllä voidaan pienentää rakennuksen lämmitysenergiankulutusta.				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi				

LISÄMERKINTÖJÄ

Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Taulukko 36. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Kuukausi	Tuntien lukumäärä Δt	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.