

Energiatodistuksen laadintaesimerkki: kerrostalo vuodelta 1970

Energiatodistusoppaan 2018 liite
1.11.2018



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

2018

Sisällys

1 Johdanto	4
2 Esimerkkirakennus	6
2.1 Rakennuksen tiedot	6
2.2 Laskentasuureet	8
3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus	12
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus	12
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus	13
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus	14
3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä	14
4 Lämmitysenergian tarve	15
4.1 Lämmin käyttövesi	15
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	15
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviö	15
4.2 Ilmanvaihto	15
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve	16
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	16
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa	20
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa	21
4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä	21
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	23
4.4.1 Lämpökuormat	23
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia	31
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä	32
5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus	34
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus	34
5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus	35
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus	37
6 Yhteenveto laskennan tuloksista	38
6.1 Lämmitysenergian nettotarve	38
6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus	38
6.3 Ostoenergiankulutus	39
6.4 E-luku	40
6.5 Toteutunut energiankulutus	42
7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi	43
7.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat	43

7.2 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät	46
7.3 Valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät.....	47
Liite 1. Energiatodistus	48
Liite 2. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat.....	56

1 Johdanto

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

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

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

Pääasiallisesti esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joihin laskennan kulku poikkeaa tammikuusta¹. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat pyöristyksistä johtuen poiketa hieman taulukoissa esitetyistä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa onkin syytä käyttää ensisijaisesti taulukoissa esitettyjä lukuarvoja.

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

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

joita tarvitaan rakennuksen laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja E-luvun määrittämisessä sekä energiatehokkuutta parantavien suositusten antamisessa.

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

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

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

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 energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Näin voidaan menetellä, koska kyseessä on olemassa oleva rakennus.

2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Helsinki	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	1969	rakennuksen asiakirjat
Valmistumisvuosi	1970	rakennuksen asiakirjat
Laskennan säävyöhyke	Vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	2: asuinkerrostalot	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 2
Kerrosten lukumäärä	kolme	havainnointi paikan päällä
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	havainnointi paikan päällä
Rakennetyyppi	asuinkerrostalot, raskasrakenteinen (vastaa: energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6)	havainnointi paikan päällä

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Tilojen lämmitysjärjestelmä	Kaukolämpö, tilakohtaiset vesiradiaattorit 70/40 °C lämpötiloilla, käsisääätöpyörillä varustetut 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	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	Energiatodistusasetus (1010/2017), 10 §, luokka 2	T_s
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	Energiatodistuksen las- ken-taohje, kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50})	6,0	m ³ /(h m ²)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 4	q_{50}
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50})	12,2	m ³ /(h m ²)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 4 ja kohdan 2.2.5 q_{50} muuntokaava	
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	20	-	Energiatodistusasetus (1010/2017), 17 §, 3 kerros- ta	χ
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	220	Wh/ (m ² K)	Energiatodistuksen las- kentaohje, taulukko 5.6: asuinkerrostalot, raskasra- kenteinen	$C_{rak,omin}$

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	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1,, taulukko 9 ja kohta 2.2.7: vesiradiaattorilämmitys 70/40 °C, jakojohdot eristämättömät, käsikäyttöiset patteriventtiilit	$\eta_{\text{l\u00e4mmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutus	2,0	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesiradiaattoril\u00e4mmitys 70/40 °C	e_{tilat}
L\u00e4mmitysenergian tuoton hy\u00f6tysuhde tilojen l\u00e4mmityksess\u00e4	0,97	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 11: kaukol\u00e4mp\u00f6	$\eta_{\text{tuotto,tilat}}$
Tilojen l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutus	0,07	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 11: kaukol\u00e4mp\u00f6	$e_{\text{tuotto,tilat}}$
L\u00e4mmitysenergian tuoton hy\u00f6tysuhde k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmityksess\u00e4	0,97	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 11: kaukol\u00e4mp\u00f6, ei varaajaa	$\eta_{\text{tuotto,lkv}}$

Taulukko 8. K\u00e4ytt\u00f6vesij\u00e4rjestelmä

Suure	Arvo	Yksikk\u00f6	L\u00e4hde	Merkint\u00e4
L\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m ² a)	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 12 \u00a7, luokka 2	
L\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden jakelun (siirron) hy\u00f6tysuhde	0,97	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 5: asuinkerrostalo: kiertojohto	$\eta_{\text{lkv,siirto}}$
L\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden kierron l\u00e4mp\u00f6h\u00e4vi\u00f6	10	W/m	Energiatodistusaasetus (1048/2017) liite 1, taulukko 6, eristystaso 0,5 D	$Q_{\text{lkv,kierto}}$
L\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden kiertojohdon pituus	0,2	m/m ²	Energiatodistusaasetus (1048/2017) liite 1, taulukko 7, asuinkerrostalo	
K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mm\u00f6njakeluj\u00e4rjestelm\u00e4n apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutus	0,279	kWh/(m ² a)	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 6.3.4, kattaa kiertojohdon h\u00e4vi\u00f6t (dt=3oC 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	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 10 §	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	650	L/s	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 10 § (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihdon SFP-luku	1,5	kW/(m ³ /s)	havainnointi paikan päällä, valmistajan ilmoittama arvo; myös Energiatodistusasetuksen (1048/2017), liite 1, taulukko 3	-
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	-	°C	korvausilma ulkoa, koneellinen poisto	T_{sp}
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhde h/(24 h)	1,0	-	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 11 §	t_d
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde vrk/(7 vrk)	1,0	-	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 11 §	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 paikan päällä	A_{ikk}
Ikkunalasituksen kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,76	0,76	0,76	0,76	havainnointi paikan päällä. valmistajan ilmoittama arvo	$g_{kohtisuora}$
Ikkunalasituksen auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,68	0,68	0,68	0,68	Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 5.5	g
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	Energiatohokkuuden laskentaohje, kohta 5.3.2, oletusarvo	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikan päällä: ei kaihtimia tai verhoja ikkunan edessä päiväsaikaan	F_{verho}
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikan päällä: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikan päällä: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$
Ympäristökerroin	-	Energiatohokkuuden laskentaohje, taulukko 5.3, kullalla 15°				havainnointi paikan päällä	$F_{ympäristö}$

Taulukko 11. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Mer- kintä
Rakennuksen viikoittainen käyttöaikasuhte h/(24 h)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Rakennuksen kuukausittainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	1,0	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	4	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,6	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen ominaisteho	9	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen käyttöaste	0,1	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Lämpökuorma ihmisistä	3	W/m ²	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Ihmisten läsnäoloaste	0,6	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-

3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

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

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien laskennassa noudatetaan energiatehokkuusasetuksessa annettuja määräyksiä. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettuja lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi 11 §:ssä esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Näiden tulona saadaan edelleen kuukausittainen käyttöaika eli käyttöajan osuus kuukauden tuntien kokonaismäärästä. Asuinkerrostalon käyttöaika on 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan siis

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) & (1) \\ \text{koko vuosi} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \% \end{aligned}$$

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

3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 4 W/m². Rakennuksen lämmitetty nettoala on 1300,0 m², joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

**Energiatehokkuus-
asetus (1010/2017),
11 §**

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

teho

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

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

**Energiatehok-
kuusasetus
(1010/2017), 11 §
jaettuna kuukau-
sittain**

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

tammikuu

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

3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkökulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 9 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $1300,0 \text{ m}^2$, joten valaistuksen tehoksi saadaan

**Energiatehokkuus-
asetus (1010/2017),
11 §**

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 1300,0 \text{ m}^2 = 11700 \text{ W}$$

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

**Energiatehokkuuden
laskentaohje, taulu-
kon 3
arvo jaettuna kuu-
kausittain**

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

tammikuu

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{11700}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 870,48 \text{ kWh}$$

3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkökulutus lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 8.1. Kaavassa tarvittava ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP-luku) lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 8.2. Ominaissähköteho lasketaan rakennuksen käytönajan tehostamattomilla suunnitteluilmavirroilla, vaikka muuten E-luvun laskennassa käytetäänkin energiatehokkuusasetuksen 10 §:ssä määriteltyjä ilmavirtoja ja 11 §:ssä määriteltyä ilmanvaihdon käyttöaikaa. Tässä rakennuksessa on koneellinen poistojärjestelmä, jonka SFP-luku on 1,5 kW/(m³/s). Tämän rakennustyyppin ilmanvaihto on aina päällä. Sähkökulutukseksi saadaan näin

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 8.1

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

koko vuosi

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

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole muuta sähkökulutusta.

3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkökulutus 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 sähkökulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Yhteensä
	$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	$W_{\text{valaistus}}$	
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	2321,3	870,5	3191,8
Helmikuu	2096,6	786,2	2882,9
Maaliskuu	2321,3	870,5	3191,8
Huhtikuu	2246,4	842,4	3088,8
Toukokuu	2321,3	870,5	3191,8
Kesäkuu	2246,4	842,4	3088,8
Heinäkuu	2321,3	870,5	3191,8
Elokuu	2321,3	870,5	3191,8
Syyskuu	2246,4	842,4	3088,8
Lokakuu	2321,3	870,5	3191,8
Marraskuu	2246,4	842,4	3088,8
Joulukuu	2321,3	870,5	3191,8
Koko vuosi	27331,2	10249,2	37580,4

4 Lämmitysenergian tarve

4.1 Lämmin käyttövesi

4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuusasetuksen 12 §:n arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergian tarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan 35 kWh/(m² a). Rakennuksen lämmitetty nettoala on 1300,0 m², joten lämpimän käyttöveden nettoenergian tarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

**Energiatehokkuusasetus
(1010/2017), 12 §**

$$Q_{lqv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (7)$$

koko vuosi

$$Q_{lqv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 1300 \text{ m}^2 = 45500 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviö

a) Lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviöt

Rakennuksessa on lämpimän käyttöveden kiertojohto. Kiertojohtojen eristystaso on 0,5 kertaa putkihalkaisija. Kiertojohtojen lämpöhäviö lasketaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukoiden 6 ja 7 arvojen mukaan.

**Energiatodistusasetus
(1048/2017), liite 1, taulukko 6 ja 7**

$$Q_{lqv,kierto} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot 0,2 \cdot \frac{\Delta t}{1000} \cdot A_{netto} \quad (8)$$

koko vuosi

$$Q_{lqv,kierto} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot 0,2 \cdot \frac{8760}{1000} \cdot 1300 \text{ m}^2 = 22776 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

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

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

4.2 Ilmanvaihto

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmapirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan energiatehokkuusasetuksen §10:ssä esitettyjä ilmapirttoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat

laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaikoja. Rakennuksessa on koneellinen keskitetty 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3. Kaavassa tarvittavat ulkoilman keskimääräiset kuukausittaiset lämpötilat saadaan energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 taulukosta L1.2 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3 ennen ulkoseinien johtumislämpöhäviöiden yhteen laskemista.

Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3

$$Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (10)$$

tammikuu

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

b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

Energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3

$$Q_{\text{yläpohja}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (11)$$

tammikuu

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

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.6. Kaavassa tarvittava maan vuosittainen keskilämpötila lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.5.

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen 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

Energiatehokkuuden laskentaohje, 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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.4 käyttämällä ulkolämpötilana edellä laskettua maan kuukausittaista keskilämpötilaa. Johtumislämpöhäviöksi saadaan näin tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, 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	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus
	$T_{maa, kuukausi}$	$\Delta T_{maa, kuukausi}$
	°C	°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	-

d) Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (15)$$

tammikuu

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

e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (16)$$

tammikuu

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

f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kylmäsiltojen laskenta tehdään energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ulkovaipan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

$$Q_{ulkovaippa} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} \quad (17)$$

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

Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö on edellä esitetyn perusteella tammikuussa

$$Q_{kylmäsilat} = 0,1 \cdot Q_{ulkovaippa} \quad (18)$$

tammikuu $Q_{kylmäsilat} = 0,1 \cdot 12268,2 = 1226,8 \text{ kWh}$

g) Johtumislämpöhäviöiden summa

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.3

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} + Q_{kylmäsilat} + Q_{muu} \quad (19)$$

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

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat	Yhteensä
	$Q_{ulkoseinät}$	$Q_{yläpohja}$	$Q_{alapohja}$	$Q_{ikkunat}$	Q_{ovet}	$Q_{kylmäsiilat}$	Q_{joht}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan energiatehokkuusasetuksen § 17 mukaan (energiatehokkuuden laskentaohje, 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 liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 6 l/h. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voidaan laskea rakennuksen ilmanvuotoluvusta (n_{50}) energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.5 yhteydessä annetulla kaavalla.. Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 6. Rakennuksen ilmatilavuudeksi (V) on suunnitteluasiakirjojen perusteella arvioitu 3280 m³.

*Energiatodistusasetus,
liite 1, kohdan 2.2.5
kaava*

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

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

Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

*Energiatodistusasetus,
§ 17
(energiatehokkuuden
laskentaohje,
kaava 3.9)*

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

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, 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 eriteltyinä taulukossa 15.

4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.14. Koska rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, jonka korvausilma otetaan suoraan ulkoa, käytetään kaavassa sisäänpuhalluslämpötilana ulkoilman kuukausittaisesta keskilämpötilaa. 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 eriteltyinä taulukossa 15. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään energiatehokkuusasetuksen 10 §:ssä esitettyjä ilmavirtoja. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaikoja.

a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.14

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (23)$$

tammikuu

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

4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti energiatehokkuuden laskentaohjeen 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.

² Korvausilman lämmittäminen huonelämpötilaan on osa tilojen lämmitysjärjestelmän energiantarvetta.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

**Energiatohokkuuden
laskentaohje,
kaava 3.2**

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (24)$$

tammikuu

$$Q_{tila} = 13495,0 + 6102,5 + 0 + 14490,6 = 34088,1 \text{ kWh}$$

Taulukko 15. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	Q_{joht}	$Q_{vuotoilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	$Q_{iv,korvausilma}$	Q_{tila}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	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	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	Q_{joht}	$Q_{vuotoilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	$Q_{iv,korvausilma}$	Q_{tila}
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Tammikuu	10,38	4,69	0	11,15	26,22
Helmikuu	9,65	4,33	0	10,28	24,26
Maaliskuu	10,07	4,43	0	10,53	25,03
Huhtikuu	7,28	3,00	0	7,13	17,41
Toukokuu	5,19	1,93	0	4,57	11,69
Kesäkuu	3,67	1,23	0	2,92	7,83
Heinäkuu	2,44	0,70	0	1,65	4,79
Elokuu	2,81	0,93	0	2,21	5,95
Syyskuu	4,61	1,90	0	4,52	11,04
Lokakuu	6,28	2,78	0	6,61	15,67
Marraskuu	8,14	3,73	0	8,86	20,72
Joulukuu	9,51	4,36	0	10,35	24,22
Koko vuosi	80,03	34,02	0	80,78	194,83

4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

4.4.1 Lämpökuormat

a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttama lämpökuorma käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoksi saadaan 3 W/m². Rakennuksen lämmitetty nettoala on 1300,0 m², joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

Energiatehokkuus-
asetus, § 11

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

teho

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

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste taas kuvaa ihmisten läsnäoloa rakennuksessa käyttöajan aikana. Rakennuksen kuukausittaiseksi käyttöajaksi eli käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuusasetus, § 11} & \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) & (26) \\
 & \text{koko vuosi} & \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) &= \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \%
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuusasetus, § 11} & Q_{\text{henk}} &= \frac{\left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) & (27) \\
 & \text{tammikuu} & Q_{\text{henk}} &= \frac{3900}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 1741,0 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.3 tammikuussa

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.3} & Q_{\text{säh}} &= W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}} & (28) \\
 & \text{tammikuu} & Q_{\text{säh}} &= 2321,3 + 1063,9 = 3385,2 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä lasketaan lämpökuormaksi energiatodistusasetuksen energiatehokkuusasetuksen § 18:n mukaisesti. Tässä rakennuksessa käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpökuormista ei ole tehty erillistä selvitystä. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä oletetaan siten asetuksen mukaisesti tulevan tilojen lämpökuormiksi 50 %. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu luvussa 0. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 19.

Rakennuksen lämpimän käyttöveden kiertojohdon aiheuttama lämpökuorma

Energiatehokkuusasetus, § 18

$$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto} \quad (29)$$

koko vuosi

$$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot 22776,0 = 11388,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \frac{744}{8760} \cdot 11388,0 = 967,2 \text{ kWh}$$

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

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (31)$$

d) Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 taulukossa L1.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskerroin lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskerroin, ylävarjostuskerroin ja sivuvarjostuskerroin on esitetty energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukoissa 5.3–5.5. Pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia sekä varjostuskerroin riippuvat pinnan suunnasta. 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 kokonaiskorjauskertoimen on esitetty kuukausittain taulukoissa 17 ja 18.

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

**Energiätehokkuuden laskentaohje,
kaava 5.4**

$$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (32)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,735 \cdot 40,0 \cdot 0,68 = 124,0 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat itään

$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,645 \cdot 40,0 \cdot 0,68 = 66,7 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,563 \cdot 79,5 \cdot 0,68 = 392,3 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,645 \cdot 40,0 \cdot 0,68 = 66,7 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat yhteensä

$$\sum Q_{aur} = 649,6 \text{ kWh}$$

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä n. 650 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

**Energiatehokkuuden laskentaohje,
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 korjauskertoimen

Kuukausi	Pohjoiseen	Koilliseen	Itään	Kaakkoon	Etelään	Lounaaseen	Länteen	Luoteeseen
	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
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 energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdan 5.3.3 oletusarvoa 0,75. Rakennuksen ikkunoiden verho kertoimen arvioidaan olevan 1,0 (tässä esimerkissä ikkunoissa ei oleteta olevan verhoja eikä kaihtimia). Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje,
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	Koilliseen	Itään	Kaakkoon	Etelään	Lounaaseen	Länteen	Luoteeseen
	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$	$F_{\text{läpäisy}}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
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 energiatehokkuuden laskentaohjeen yhtälöllä 5.9. Lämpökuormat muodostuvat ihmisten, sähkölaitteiden (kuluttajalaitteet ja valaistus), auringon, lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä. Lämpökuormat vuoden kaikina kuukausina on esitetty taulukossa 19. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

**Energiat
hokkuuden
laskenta-
ohje,
kaava 5.9**

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

tammikuu

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = 1741,0 + 3191,8 + 649,6 + 967,2 + 0 = 6549,5 \text{ kWh}$$

Taulukko 19. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset	Sähkölaitteet	Aurinko	LKV kierto	LKV varastointi	Yhteensä
	Q_{henk}	$Q_{\text{säh}}$	Q_{aur}	$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	$Q_{\text{lämpökuormat}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	1741,0	3191,8	649,6	967,2	0,0	6549,5
Helmikuu	1572,5	2882,9	2142,8	873,6	0,0	7471,7
Maaliskuu	1741,0	3191,8	5253,4	967,2	0,0	11153,3
Huhtikuu	1684,8	3088,8	7161,4	936,0	0,0	12871,0
Toukokuu	1741,0	3191,8	9097,5	967,2	0,0	14997,4
Kesäkuu	1684,8	3088,8	8725,8	936,0	0,0	14435,4
Heinäkuu	1741,0	3191,8	9666,4	967,2	0,0	15566,3
Elokuu	1741,0	3191,8	6938,4	967,2	0,0	12838,3
Syyskuu	1684,8	3088,8	5898,9	936,0	0,0	11608,5
Lokakuu	1741,0	3191,8	2120,1	967,2	0,0	8020,0
Marraskuu	1684,8	3088,8	817,2	936,0	0,0	6526,8
Joulukuu	1741,0	3191,8	537,6	967,2	0,0	6437,5
Koko vuosi	20498,4	37580,4	59008,9	11388,0	0,0	128475,7

f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 5.5 esitetyllä tavalla. Hyödyntämisasteen laskeminen aloitetaan laskemalla rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.16 tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeesta. Sen arvoksi saadaan tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.16

$$H_{tila} = \frac{1000 \cdot Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (36)$$

tammikuu

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

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpökapasiteetin ominaisarvoksi on tässä rakennuksessa arvioitu 220 Wh/(m² K). Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

Energiatehokkuuden laskenta-ohje, taulukko 5.6

$$C_{rak} = A_{netto}C_{rak,omin} \quad (37)$$

koko vuosi

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

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.15

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (38)$$

tammikuu

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

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.14

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{tila}} \quad (39)$$

tammikuu

$$\gamma = \frac{6549,5}{34088,1} = 0,192$$

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.13

$$a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (40)$$

tammikuu

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

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.11

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

tammikuu

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,192^{11,39}}{1 - 0,192^{(11,39+1)}} = 1,00$$

Taulukko 20. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	H_{tila}	τ	γ	a	$\eta_{\text{lämpö}}$
	W/K	h	-	-	-
Tammikuu	1834,90	155,87	0,19	11,39	1,00
Helmikuu	1840,34	155,41	0,24	11,36	1,00
Maaliskuu	1854,40	154,23	0,34	11,28	1,00
Huhtikuu	1905,51	150,09	0,57	11,01	1,00
Toukokuu	1994,18	143,42	0,99	10,56	0,92
Kesäkuu	2087,66	137,00	1,42	10,13	0,70
Heinäkuu	2262,83	126,39	2,50	9,43	0,40
Elokuu	2099,97	136,19	1,66	10,08	0,60
Syyskuu	1903,95	150,21	0,81	11,01	0,98
Lokakuu	1849,93	154,60	0,39	11,31	1,00
Marraskuu	1825,05	156,71	0,24	11,45	1,00
Joulukuu	1825,24	156,69	0,20	11,45	1,00
Koko vuosi	1940,33	148,07	0,80	10,87	0,88

4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.10

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

tammikuu

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = 1,0 \cdot 6549,5 = 6549,5 \text{ kWh}$$

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 4.4.1 f).

Taulukko 21. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä	Hyödyntämisaste	Lämpökuormista hyödyksi
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{sis. Lämpö}}$
	kWh	-	kWh
Tammikuu	6549,5	1,000	6549,5
Helmikuu	7471,7	1,000	7471,7
Maaliskuu	11153,3	1,000	11153,3
Huhtikuu	12871,0	0,999	12859,8
Toukokuu	14997,4	0,919	13787,0
Kesäkuu	14435,4	0,699	10087,4
Heinäkuu	15566,3	0,400	6228,4
Elokuu	12838,3	0,601	7715,1
Syyskuu	11608,5	0,980	11375,9
Lokakuu	8020,0	1,000	8019,9
Marraskuu	6526,8	1,000	6526,8
Joulukuu	6437,5	1,000	6437,5
Koko vuosi	128475,7	0,883	108212,4

4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu alaluvussa 4.3.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö alaluvussa 4.4.2 Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 22 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.1

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (43)$$

tammikuu

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 34088,1 - 6549,5 = 27538,6 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 22. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	Q_{tila}	$Q_{sis. lämpö}$	$Q_{lämmitys, tilat, netto}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	34088,1	6549,5	27538,6
Helmikuu	31536,0	7471,7	24064,3
Maaliskuu	32532,7	11153,3	21379,4
Huhtikuu	22637,4	12859,8	9777,6
Toukokuu	15192,8	13787,0	1405,8
Kesäkuu	10176,1	10087,4	88,7
Heinäkuu	6229,1	6228,4	0,7
Elokuu	7733,8	7715,1	18,7
Syyskuu	14352,7	11375,9	2976,8
Lokakuu	20369,9	8019,9	12350,0
Marraskuu	26937,7	6526,8	20410,9
Joulukuu	31491,5	6437,5	25054,0
Koko vuosi	253277,8	108212,4	145065,4

Taulukko 23. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	Q_{tila}	$Q_{sis. lämpö}$	$Q_{lämmitys, tilat, netto}$
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Tammikuu	26,22	5,04	21,18
Helmikuu	24,26	5,75	18,51
Maaliskuu	25,03	8,58	16,45
Huhtikuu	17,41	9,89	7,52
Toukokuu	11,69	10,61	1,08
Kesäkuu	7,83	7,76	0,07
Heinäkuu	4,79	4,79	0,00
Elokuu	5,95	5,93	0,01
Syyskuu	11,04	8,75	2,29
Lokakuu	15,67	6,17	9,50
Marraskuu	20,72	5,02	15,70
Joulukuu	24,22	4,95	19,27
Koko vuosi	194,83	83,24	111,59

5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

Tässä luvussa lasketaan rakennuksen lämmitysjärjestelmien energiankulutuksen osuus rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta.

5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) Tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian tarve (kulutus)

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.1. Rakennuksessa on tilakohtainen vesiradiaattorilämmitys 70/40°C lämpötiloilla käsikäyttöisillä patteriventtiileillä. Rakennuksen lämmönjakojärjestelmän jakojohdoja ei ole eristetty. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,8. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti kerrotaan em. hyötysuhde 0,9:llä, koska rakennuksessa on käsikäyttöiset patteriventtiilit. Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmitettäviin tiloihin. Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.1

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

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{145065,4}{0,72} + 0 + 0 = 201479,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Vesiradiaattoreiden lämmönjakojärjestelmän hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa radiaattoriverkostoon kaukolämmönvaihtimelta syötetyn lämpöenergian suhdetta radiaattoreiden (lämmitettäviin) tiloihin luovuttamaan lämpöenergiaan. Vesiradiaattoriverkostoon pitää siis tässä tapauksessa syöttää n. 201480 kWh/a lämpöenergiaa, jotta lämmitettäviin tiloihin saadaan n. 145065 kWh/a lämpöenergiaa. Lämpöenergioiden erotus menee häviöinä ulkoilmaan.

b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesiradiaattorilämmitys. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 2,0 kWh/(m² a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkökulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.4

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.1

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (45)$$

koko vuosi

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

ostettua sähköenergiaa

Lämmönjakojärjestelmän sähkönenergian kulutus sisältää muun muassa lämmönjakojärjestelmän säätölaitteiden sähkönkulutuksen ja pumppujen energiankulutuksen.

c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 7 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpöön liitetty huonekohtainen vesiradiaattorilämmitys. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Tilojen lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.1	$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}}$	(46)
koko vuosi	$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{201479,7}{0,97} = 207711,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$	
	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 liitteen 1 taulukosta 11 lämmöntuottojärjestelmän sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 0,07 kWh/(m² a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 7.4

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.4	$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}}$	(47)
koko vuosi	$W_{\text{tilat}} = 0,07 \cdot 1300,0 = 91,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$	
	ostettua sähköenergiaa	

5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve (kulutus)

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.5. Käyttöveden siirron (jakelun) vuosihyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen 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 0. Järjestelmässä ei ole varaajaa, eikä siten

varastoinnin lämpöhäviötä. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan edellä esitetyn perusteella

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 6.5

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}} \quad (48)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}} = \frac{45500}{0,97} + 0 + 22776,0 = 69683,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4m\u00f6ntuottolaitteen pit\u00e4\u00e4 siis tuottaa yhteens\u00e4 noin 69683 kWh l\u00e4mmitysenergiaa k\u00e4ytt\u00f6veteen vuodessa.

b) K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4m\u00f6njakojarjestelm\u00e4n apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6energian kulutus

L\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden kiertopumpun s\u00e4hk\u00f6energian kulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kohdan 6.3.4 mukaan. Mik\u00e4li pumpun s\u00e4hk\u00f6moottorin tehoa ei ole suunnittelutiedoissa, voidaan s\u00e4 arvioida laskemalla virtaama kiertojohdon l\u00e4mp\u00f6h\u00e4vi\u00f6ist\u00e4 ja olettamalla kiertoveden l\u00e4mp\u00f6tilan aleneman olevan 3\u00b0C astetta (kaukol\u00e4mp\u00f6jarjestelm\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6vesikierron mitoitus l\u00e4mp\u00f6tiloille 58\u00b0C/55\u00b0C).

L\u00e4mpim\u00e4n kiertoveden pumpun energiankulutuksen voi laskea energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.7.

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 6.7

$$W_{\text{lkv,pumppu}} = P_{\text{lkv,pumppu}} t_{\text{lkv,pumppu}} \frac{365}{1000} \quad (49)$$

koko vuosi

$$W_{\text{tuotto,apu}} = 41,40 \cdot 24 \cdot \frac{365}{1000} = 362,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

c) K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4m\u00f6ntuottojarjestelm\u00e4n ostoenergiankulutus

K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n (l\u00e4m\u00f6ntuottojarjestelm\u00e4n) ostoenergiankulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyll\u00e4 tavalla. T\u00e4ss\u00e4 rakennuksessa k\u00e4ytt\u00f6vesi l\u00e4mmitet\u00e4\u00e4n kaukol\u00e4mm\u00f6ll\u00e4 ja varaajaa ei k\u00e4ytet\u00e4. Kiertojohdon l\u00e4mp\u00f6h\u00e4vi\u00f6t on edell\u00e4 laskettu erillisin\u00e4 osana k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mp\u00f6energian kokonaistarvetta. T\u00e4ss\u00e4 rakennuksessa k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4 on liitetty kaukol\u00e4mp\u00f6\u00f6n. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukol\u00e4mp\u00f6k\u00e4yt\u00f6n tuoton vuosihy\u00f6tysuhteeksi saadaan 0,97. K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.1

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv,kulutus}} = \frac{Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}}}{\eta_{\text{tuotto,lkv}}} \quad (50)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv,kulutus}} = \frac{69683,2}{0,97} = 71838,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua l\u00e4mp\u00f6energiaa

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa käyttövesiverkoston lämpöenergiatarpeen suhde kaukolämmönvaihtimeen syötettyyn lämpöenergiaan. Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kulutus on siten noin 71838 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	145065,4	111,6	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	-108212,4	-83,2	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	190565,4	146,6	

6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus tarkoittaa rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäädytykseen 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	2963	2,3	-	271163	208,6	-
Tilojen lämmitys	2600	2,0	-	201480	155,0	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	201480	155,0	5.1 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	2600	2,0	5.1 b)	-	-	-
Tuloilman lämmitys	-	-	-	0	0,0	5.3
Käyttöveden lämmitys	363	0,28	-	69683	53,6	
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	69683	53,6	5.2 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	363	0,28	5.2 b)	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet	8541	6,6	3.3	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	37580	28,9	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	27331	21,0	3.1	-	-	-
Valaistus	10249	7,9	3.2	-	-	-
Yhteensä	49084	37,8	-	271163	208,6	-

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 279549 kWh kaukolämpöverkosta ostettua lämpöenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna kaukolämmönkulutus on noin 215 kWh/m² vuodessa. Lisäksi rakennus tarvitsee noin 49175 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on noin 38 kWh/m² vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltyinä taulukossa 26.

Taulukko 26. Ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)
Lämpö	279549	215,04
Tilojen lämmitys	207711	159,78
Lämmin käyttövesi	71838	55,26
Tuloilman lämmitys	0	0,00
Sähkö	49175	37,83
Tilojen lämmitys	2691,0	2,07
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	91	0,07
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	2600	2,00
Lämmin käyttövesi	363	0,28
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	363	0,28
Tuloilman lämmitys	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	8541	6,57
Kuluttajalaitteet ja valaistus	37580	28,91
Kuluttajalaitteet	27331	21,02
Valaistus	10249	7,88

6.4 E-luku

Laskennallinen ostoenergiankulutus muunnetaan laskennalliseksi energiatehokkuuden vertailuluvuksi eli E-luvuksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kaukolämmityksen kerroin on 0,5 ja sähköenergian kerroin on 1,2. Kaukolämmityksen osuudeksi E-luvusta saadaan näin

$$\left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (51)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = 0,5 \cdot 279549 = 139774,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Sähköenergian aiheuttamaksi osuudeksi E-luvusta saadaan

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

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E - luvusta} \end{array} \right) = 1,2 \cdot 49175 = 59010,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Rakennuksen E-luku on tässä rakennuksessa siten kaukolämmönkulutuksen ja sähkönkulutuksen aiheuttamien komponenttensa summa

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

$$\text{E-luku} = 107,52 + 45,39 = 152,91 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 153 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

E-luku pyöristetään aina ylöspäin. Tämän rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku on siis **153 kWh_E/(m² a)**. Rakennus sijoittuu energiatehokkuusluokkaan **D**. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku on esitetty eriteltyinä taulukossa 27.

Taulukko 27. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	279549	215,04	0,5	139775	107,52
Tilojen lämmitys	207711	159,78	0,5	103856	79,89
Lämmin käyttövesi	71838	55,26	0,5	35919	27,63
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,5	0	0,00
Sähkö	49175	37,83	1,2	59010	45,39
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,2	3229	2,48
Lämmin käyttövesi	363	0,28	1,2	435	0,33
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,2	10249	7,88
Kuluttajalaitteet ja valaistus	37580	28,91	1,2	45096	34,69
Yhteensä				198785	152,91
				E-LUKU	153

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 $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Ikkunoiden vaihdon yhteydessä parantunut rakennuksen vaipan lämmöneristävyys johtaa kesäajan sisälämpötilojen hallinnan kautta aiempaa alhaisemman ikkunalasituksen g-arvon tarpeeseen. Tehdyn selvityksen mukaan uusien ikkunoiden lämmönläpäisykerroimen olessa $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ lasituksen $g_{\text{kohtisuora}}$ -arvon tulee olla luokkaa 0,50, jotteivät kesäajan sisälämpötilaolosuhteet heikkenisi nykytilanteeseen verrattaessa. Mikäli kaikki ulko-ovet uusitaan, uusien ovien lämmönläpäisykerroimeksi saadaan keskimäärin $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Jos rakennuksen ikkunat vaihdetaan, rakennuksen laskennallinen lämmönkulutus pienenee noin **15202 kWh/a** ja E-luku pienenee noin **5 kWh_E/(m² a)**. Rakennus säilyy edelleen energiatehokkuusluokassa **D**.

Taulukko 28. Lämmitysenergian nettotarve ikkunoiden vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	134448,2	103,4	4.4.3
Johtuminen	86317,4	66,4	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	-101103,1	-77,8	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	179948,2	138,4	-

Taulukko 29. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku ikkunoiden vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	264347	203,34	0,5	132174	101,67
Tilojen lämmitys	192509	148,08	0,5	96254	74,04
Lämmin käyttövesi	71838	55,26	0,5	35919	27,63
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,5	0	0,00
Sähkö	49175	37,83	1,2	59010	45,39
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,2	3229	2,48
Lämmin käyttövesi	363	0,28	1,2	435	0,33
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,2	10249	7,88
Kuluttajalaitteet ja valaistus	37580	28,91	1,2	45096	34,69
Yhteensä				191184	147,06

Jos rakennuksen kaikki ulko-ovet vaihdetaan rakennuksen laskennallinen lämmönkulutus pienenee noin 5230 kWh/a ja E-luku pienenee noin **2 kWh_E/(m² a)**. Rakennus säilyy edelleen energiatehokkuusluokassa **D**.

Taulukko 30. Lämmitysenergian nettotarve ulko-ovien vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	141412,4	108,8	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	-107778,1	-82,9	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	186912,4	143,8	–

Taulukko 31. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku ulko-ovien vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	274319	211,01	0,5	137159	105,51
Tilojen lämmitys	202481	155,75	0,5	101240	77,88
Lämmin käyttövesi	71838	55,26	0,5	35919	27,63
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,5	0	0,00
Sähkö	49175	37,83	1,2	59010	45,39
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,2	3229	2,48
Lämmin käyttövesi	363	0,28	1,2	435	0,33
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,2	10249	7,88
Kuluttajalaitteet ja valaistus	37580	28,91	1,2	45096	34,69
Yhteensä				196170	150,90

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. Energiatodistusasetuksen 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 20771 kWh/a ja E-luku pienenee noin **8 kWh_E/(m² a)**. Rakennus säilyy edelleen energiatehokkuusluokassa **D**.

Taulukko 32. Lämmitysenergian nettotarve patteriventtiilien vaihdon jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	145065,4	111,6	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	-108212,4	-83,2	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	190565,4	146,6	

Taulukko 33. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku patteriventtiilien vaihdon jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	258778	199,06	0,5	129389	99,53
Tilojen lämmitys	186940	143,80	0,5	93470	71,90
Lämmin käyttövesi	71838	55,26	0,5	35919	27,63
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,5	0	0,00
Sähkö	49175	37,83	1,2	59010	45,39
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,2	3229	2,48
Lämmin käyttövesi	363	0,28	1,2	435	0,33
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,2	10249	7,88
Kuluttajalaitteet ja valaistus	37580	28,91	1,2	45096	34,69
Yhteensä				188399	144,92

7.3 Valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Rakennuksen yleisten tilojen hehkulamppuvalaisimet ja märkätilojen kiinteäasenteiset valaisimet (T8 loisteputkivalaisimet) ovat huonossa kunnossa. Toimenpiteinä ehdotetaan ko. valaisimien vaihtoa led-valaisimiin. Tämänhetkiset valaisintehot eivät ole tiedossa. Vaihdon jälkeen valaisimien (25 % lämmitetystä nettoalasta) keskimääräisenä valaistusvoimakkuutena voitaisiin 9 W/m² sijaan käyttää n. 2 W/m²K, kun lisättävät yleisten tilojen valaistuksen läsnäolo-ohjaukset huomioidaan. Mikäli valaisimien vaihto suoritetaan, saadaan tarkennetut valaistustehot ja valaistusohjaukset tehtävistä valaistussuunnitelmista. Tämän muutoksen seurauksena rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus pienenee noin 1993 kWh/a, laskennallinen kaukolämmönkulutus kasvaa noin 1986 kWh/a ja E-luku pienenee noin **1 kWh_E/(m² a)**. Rakennus säilyy edelleen energiatehokkuusluokassa **D**.

Taulukko 34. Lämmitysenergian nettotarve valaisinmuutoksen jälkeen

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	146451,8	112,7	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	-106826,0	-82,2	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,0	4.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	45500,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	191951,8	147,7	-

Taulukko 35. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku valaisinmuutoksen jälkeen

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		kWh _E /a	kWh _E /(m ² a)
Kaukolämpö	281535	216,57	0,5	140767	108,28
Tilojen lämmitys	209696	161,30	0,5	104848	80,65
Lämmin käyttövesi	71838	55,26	0,5	35919	27,63
Tuloilman lämmitys	0	0,00	0,5	0	0,00
Sähkö	47182	36,29	1,2	56619	43,55
Tilojen lämmitys	2691	2,07	1,2	3229	2,48
Lämmin käyttövesi	363	0,28	1,2	435	0,33
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	8541	6,57	1,2	10249	7,88
Kuluttajalaitteet ja valaistus	35588	27,38	1,2	42705	32,85
Yhteensä				197386	151,84

Liite 1. Energiatodistus

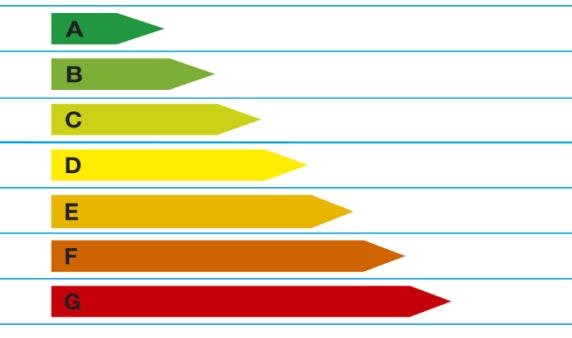
ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: 1970 rakennettu asuinkerrostalo
YM:n energiatodistusoppaan 2018 esimerkki
00100, HELSINKI

Pysyvä rakennustunnus:
Rakennuksen valmistusvuosi: 1970
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa

Todistustunnus: 108095

Energiatodistus on laadittu
 Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: 10.09.2018

	Energiatodistusluokka
	
A	
B	
C	
D	D 2018
E	
F	
G	

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

kWh_E/(m²vuosi)
153
≤ 90

Todistuksen laatija:
Eero Energiatodistuksenlaatija

Yritys:
Yritys oy
Katuposoite 3
00100, HELSINKI

Sähköinen allekirjoitus:
Energiatodistuksenlaatija, Eero
1.10.2018 13:03:04

Todistuksen laatimispäivä:
1.10.2018

Viimeinen voimassaolopäivä:
1.10.2028

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUESTA

Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala	1300 m ²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesiradiaattorit 70/40 oC, käsikäyttöiset patteriventtiilit
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen poistoilmanvaihto, ei lämmöntalteenottoa

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
sähkö kaukolämpö	49 175	37,8	-	kWh _e /(m ² vuosi)
	279 549	215,0	1,2 0,5	45,4 107,5
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				153

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko
Luokkien rajat asteikolla

Asuinkerrostalot

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

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

D

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

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

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

-

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

Todistustunnus: 108095, 2/8

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Asuinkeuhkotatolot, joissa on asuinkeuhkoja vähintään kolmessa keuhkossa			
Rakennuksen valmistusvuosi	2018	Lämmitetty nettoala	1 300	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	12,2	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² 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 m ²	U W/(m ² K)	g_{kohtisuora}-arvo -	
Pohjoinen	40,0	1,40	0,76	
Koillinen				
Itä	40,0	1,40	0,76	
Kaakko				
Etelä	79,5	1,40	0,76	
Lounas				
Länsi	40,0	1,40	0,76	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen poistoilmanvaihto, ei lämmöntalteenottoa			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0,00 / 0,00	0,0	0 %	0,0
Erillispoistot	0,00 / 0,65	1,50	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,00 / 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/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	97 %	72 %		2,00
Lämpimän käyttöveden valmistus	97 %	97 %		0,28
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumpputilastoissa voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin				
-				
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	602	35,0		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	3,0	4,0	
Valaistus	10 %			9,0

Todistustunnus: 108095, 3/8

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoituksiluokka	Asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa
Rakennuksen valmistumisvuosi	2018
Lämmitetty nettoala, m ²	1300
E-luku, kWh _E / (m ² vuosi)	153

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh _E /vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
sähkö	49 175	1,2	59010	45,4
kaukolämpö	279 549	0,5	139775	107,5
YHTEENSÄ	328 724		198 785	153

Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)

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	155,0	-
Tuloilman lämmitys	0,0	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,3	53,6	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	6,6	-	-
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	28,9	-	-
YHTEENSÄ	37,8	208,6	0,0

¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen lämmitys ²	145 065	112
Ilmanvaihdon lämmitys ³	0	0
Lämpimän käyttöveden valmistus	45 500	35
Jäähdytys	0	0

² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Aurinko	59 009	45
Henkilöt	20 498	16
Kuluttajalaitteet	27 331	21
Valaistus	10 249	8
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	11 388	9

Laskentatyökalun nimi ja versio numero

Laskentatyökalun nimi ja versio numero	Laskentaohjelma X Versio 1.0
--	------------------------------

Todistustunnus: 108095, 4/8

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

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

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 1300 m²

Energiaverkoista 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	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Pilkkeet (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. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen säätiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.

Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen 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 E-LUVUN PARANTAMISEKSI

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

Huomioit - 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 energitehokkaisiin ikkunoihin. Tällöin ikkunoiden U-arvo paranisi nykyisestä arvosta 1,4 W/m²K arvoon 0,8 W/m²K. Lisäksi ehdotetaan kaikkien ulko-ovien vaihtoa, jolla ovien U-arvo paranisi nykyisestä 1,4 W/m²K arvoon 0,8 W/m²K. Ikkunoiden vaihdon yhteydessä parantunut rakennuksen vaipan lämmöneristävyyttä johtaa kesä-ajan sisälämpötilojen hallinnan kautta aiempaa alhaisemman ikkunalasituksen g-arvon tarpeeseen. Tehdyn selvityksen mukaan uusien ikkunoiden lämmönläpäisykertoimen olessa 0,8 W/m²K lasituksen $g_{\text{kohtisuora}}$ -arvon tulee olla luokkaa 0,50, jotteivat kesäajan sisälämpötilaolosuhteet heikkenisi nykytilanteeseen verrattaessa.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1	Ikkunoiden vaihto			
2	Ulko-ovien vaihto			
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1	-15 202			-5
2	-5 230			-2
3				

Huomioit ylä- ja alapohja

Yläpohjan ja alapohjan lämmöneristysten 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.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset välisten liitosten tiiviydessä saattaa olla puutteita. Mitt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomioit - 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 ostoenergian muutokset

1	Käsikäyttöisten patteriventtiilien vaihto termostaattisiin patteriventtiileihin			
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1	-20 771			-8
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Järjestelmä ehdotetaan perushuollettavaksi, ilmanavat puhdistettavaksi ja ilmapirrat 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. Yllä mainittujen huolto- ja ylläpitoteknisten toimenpiteiden lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän osalta ei tällä hetkellä ehdoteta säästötoimenpiteitä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _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. Rakennuksen yleisten tilojen hehkulamppuvalaisimet ja märkätilojen kiinteäasenteiset valaisimet (T8 loisteputkivalaisimet) ovat huonossa kunnossa. Toimenpiteinä ehdotetaan ko. valaisimien vaihtoa led-valaisimiin. Tämänhetkiset valaisintehot eivät ole tiedossa. Vaihdon jälkeen valaisimien (25 % lämmitetystä nettoalasta) keskimääräisenä valaistusvoimakkuutena voitaisiin 9 W/m² sijaan käyttää n. 2 W/m²K, kun lisättävät yleisten tilojen valaistuksen läsnäolo-ohjaukset huomioidaan. Mikäli valaisimien vaihto suoritetaan, saadaan tarkennetut valaistustehot ja valaistusohjaukset tehtävistä valaistussuunnitelmista.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1	Kiinteäasenteisten valaisinten vaihto			
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1	1 986	-1 993		-1
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon (eivät vaikuta E-lukuun)

Ilmanvaihdon tehostuksen käyntiaikaa olisi hyvä tarkistaa ja muuttaa nykytarpeita vastaavaksi. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, jonka korvausilma tuodaan ikkunoiden karmeihin asennetuista rakoveenttiileistä. 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

Todistustunnus: 108095, 8/8

Liite 2. 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 energiatehokkuusasetuksen liitteestä 1, taulukosta L1.2.