

Energiatodistuksen laadintaesimerkki: uusi kerrostalo

Energiatodistusoppaan 2018 liite
1.11.2018



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

2018

Sisällys

1 Johdanto	4
2 Esimerkkirakennus	6
2.1 Rakennuksen tiedot	7
2.2 Laskentasuureet	9
3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus	13
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus	13
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus	14
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus	15
3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä	15
4 Lämmitysenergian tarve	16
4.1 Lämmin käyttövesi	16
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	16
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt	16
4.2 Ilmanvaihto	17
4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila	17
4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve	19
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve	21
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	21
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa	26
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa	27
4.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä	28
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	30
4.4.1 Lämpökuormat	30
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia	37
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä	38
5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus	40
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus	40
5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus	42
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus	43
6 Yhteenveto laskennan tuloksista	45
6.1 Lämmitysenergian nettotarve	45
6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus	45
6.3 Laskennallinen ostoenergiankulutus	46
6.4 E-luku	47

Liite 1. Energiatodistus	49
Liite 2. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat.....	57
Liite 3. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen	58
Liite 4. Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta	60

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 merkitsemättä kaavaan: käytäntö helpottaa lukemista, eikä sen tulisi vaikeuttaa ymmärtämistä, sillä yksiköt ovat tällöin asiayhteydestä ilmeisiä.

Pääasialliseksi esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joihin laskennan kulku poikkeaa 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 pätevyitynyt 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.

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

2 Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on kuusikerroksinen uudiskerrostalo, jossa on keskitetty koneellinen ilmanvaihto. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3168 m². Asuntojen märkätiloissa on sähköinen lattialämmitys. Muissa rakennuksen tiloissa on vesikiertoiset 45/30°C lämpötiloille mitoitettut radiaattorit. Vesi-radiaattoreiden, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on kaukolämpö. Rakennuksessa on kaksi tulopoistoilmanvaihtokonetta: porrashuoneen ilmanvaihtokone, jonka lämmöntalteenoton lämpötilasuhde on 58 % ja asuintilojen ilmanvaihtokone, jonka lämmöntalteenoton lämpötilasuhde on 70 %. Rakennukselle on tehty yllämpenemistarkastelu energiaselvityksen osana ja huonelämpötilojen hallinta ei edellytä jäähdytystä. Laskenta voidaan siis tehdä kuukausitason menetelmällä.

Rakennuksen asuintilojen märkätiloissa on sähköinen lattialämmitys, jonka osuus tilojen lämmitysenergian laskennan jakautumisessa eri lämmitysjärjestelmien kesken on otettu huomioon erillisselvityksen avulla. Rakennuksessa on sähkölämmityksellä varustettuja märkätiloja (358 m²) asuinhuoneistoissa (2756 m²). Erillisselvitys on esitetty tämän energiatodistuslaadintaesimerkin liitteessä 4. Sähköisen lattialämmityksen osuus on erillisselvityksessä tarkasteltu keskikokoiselle tyyppihuoneistolle ja osuutta käytetään asuintiloille eli porrashuoneen ja kellaritilojen lämmitysenergian nettotarve katetaan kokonaan vesikiertoisella patteriverkostolla.

Uuden rakennuksen kohdalla kylmäsiltojen aiheuttamaa lämpöhäviötä ei voida arvioida 10% menetelmän mukaan, eli ei voida yksinkertaistetusti olettaa sen olevan 10% ulkovaipan johtumislämpöhäviöstä (Energia-todistusasetus, liite 1, kohta 2.2.3). Ulkoseinän ja alapohjan liitoksen kylmäsilta sekä ulkoseinien välisen liitoksen kylmäsilta (ulkonurkka) on tämän esimerkin rakennuksessa tehty erillistarkastelu. Tarkastelun perusteella ulkoseinän ja alapohjan liitoksen viivamaisen kylmäsilta lisäkonduktanssiksi on saatu 0,12 W/m°C ja ulkoseinien väliselle liitokselle (ulkonurkka) vastaavasti 0,04 W/m°C. Muilta osin rakennusvaipan rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lisäkonduktanssien arvoina on käytetty energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukoissa 3.1–3.3 esitetyjä oletusarvoja. Rakennusvaipan ilmanvuotolu-
vun (q_{50}) suunnittelu-arvo on 2,0 m³/(h m²), joka varmennetaan mittamalla (vrt. energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 3.5).

2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Oulu	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	2018	
Valmistumisvuosi	2018	
Laskennan säävyöhyke	Vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitukseluokka	2: asuinkerrostalot	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 2
Kerrosten lukumäärä	kuusi	suunnitteluratkaisu
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	suunnitteluratkaisu
Rakennetyyppi	asuinkerrostalot, keskiraskas (vastaa: energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6)	suunnitteluratkaisu

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämmöntuottojärjestelmä	kaukolämpö	suunnitteluratkaisu
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen patterilämmitys	suunnitteluratkaisu
Patterilämmityksen meno- ja paluuveden mitoitustilapöytä	menovesi 45 °C paluuvesi 30 °C	suunnitteluratkaisu

Taulukko 3. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	kaukolämpö	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden varaaja	ei varaajaa	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden kierto	kyllä, eristystaso 1,5 D	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	suunnitteluratkaisu

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	koneellinen tulo- poistoilmanvaihto	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	kaksi	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä, kyllä	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä	kyllä, kyllä	suunnitteluratkaisu
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä, kyllä	suunnitteluratkaisu
Tuloilman jälkilämmityksen lämmönlähde	vesipatteri	suunnitteluratkaisu
Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suurina)	58 % (porrashuone) 70 % (asuintilat)	laitevalinta, valmistajan ilmoittama arvo
Porrashuoneen ilmavaihtokone	140L/s (poisto) 130 L/s (tulo)	suunnitteluratkaisu
Asuintilojen ilmavaihtokone	1200 L/s (poisto) 1140 L/s (tulo)	suunnitteluratkaisu
Jäteilman alin mahdollinen lämpötila	3 °C (porrashuone) 5 °C (asuintilat)	laitevalinta, valmistajan ilmoittama arvo

Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila = sisänpuhalluslämpötilan asetusarvo – lämpötilan nousu puhaltimessa

Taulukko 5. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja jälkilämmityksen kuukausiaikataulu

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

2.2 Laskentasuureet

Taulukko 6. Perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	3168,0	m ²	suunnitteluratkaisu	A _{netto}
Sisälämpötila	21,0	°C	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §, luokka 2	T _s
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 3.2.4	ΔT _{maa,vuosi}
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	2,0	m ³ /(h m ²)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 2.2.5, osoitetaan mittamallalla	q ₅₀
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	15	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 17 §, 6 kerrosta	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	160	Wh/(m ² K)	Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6: asuinkerrostalot, keskirasakas	C _{rak,omin}

Taulukko 7. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	U W/(m ² °C)	A m ²	T _u °C	UA W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	0,17	1387,0	ulkolämpötila	
Yläpohja	0,09	601,0	ulkolämpötila	
Alapohja	0,17	601,0	maaperä	
Ikkunat	1,00	343,9	ulkolämpötila	
Ovet	1,00	117,0	ulkolämpötila	
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)		3049,9		

Taulukko 8. Kylmäsillat

KYLMÄSILLAT	L m	Ψ W/(m °C)	T_u °C	$L\Psi$ W/°C
Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	100,3	0,08	ulkolämpötila	8,02
Ulkoseinän ja alapohjan liitos *)	100,3	0,12	ulkolämpötila	12,04
Ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka *)	59,0	0,04	ulkolämpötila	2,36
Ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	0	-0,06	ulkolämpötila	0
Ikkunaliitos	952,5	0,04	ulkolämpötila	38,10
Oviliitos	343,0	0,04	ulkolämpötila	13,72
Yhteensä				74,24

*) Tehdyn erillistarkastelun mukaan.

Taulukko 9. Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,9	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen patterilämmitys, 45/30 °C(45/35°C), jakojohdot eristetyt	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,0	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen patterilämmitys 45/30 °C(45/35°C)	e_{tilat}
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde (kylpyhuoneet)	0,85	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: sähköinen lattialämmitys lämpimään tilaan rajoituvassa rakenteessa	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,5	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 9: sähköinen lattialämmitys	e_{tilat}
Kaukolämmön lämmöntuoton vuosihyötysuhde	0,97	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	η_{tuotto}
Kaukolämmön lämmöntuoton apulaitteiden sähkön ominaiskulutus	0,07	kWh/(m ² a)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	e_{tuotto}

Taulukko 10. Käyttövesijärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m ² a)	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 12 §, luokka 2	
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,97	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 5: asuinkerrostalo, kiertojohto	$\eta_{\text{lkv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	6	W/m	Energiatodistusaasetus (1048/2017) liite 1, taulukko 6, eristystaso 1,5 D	
Lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus	0,2	m/m ²	Energiatodistusaasetus (1048/2017) liite 1, taulukko 7, asuinkerrostalo	
Käyttöveden lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,167	kWh/(m ² a)	Energiatohokkuuden laskentaohje, kohta 6.3.4 (kiertovesipumppu), kattaa kiertojohdon häviöt (dt=3°C kiertojohdossa)	

Taulukko 11. Ilmanvaihtojärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,62	-	Valmistajan ilmoittama arvo (laskenta YM Tasauslaskentaoppaan 2018, Liitteen 4 mukaan), ks. lisäksi tämän laadintaesimerkin Liite 3)	$\eta_{a,iv}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	1584	L/s	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 10 §	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	1584	L/s	Energiatohokkuusasetus (1010/2017), 10 § (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku	1,8	kW/(m ³ /s)	suunnitteluratkaisu	SFP
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	suunnitteluratkaisu	T_{sp}
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	Energiatohokkuuden laskentaohje, kohta 8.1.4	$\Delta T_{puhallin}$
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 12. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

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

Taulukko 13. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Pohj.	Itä	Etelä	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m ²	16,8	139,5	13,9	3,2	suunnitteluratkaisu	A _{ikk}
Ikkunalasituksen kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,56	0,56	0,56	0,56	suunnitteluratkaisu (valmistajan ilmoittama arvo)	g _{kohtisuora}
Ikkunalasituksen auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,50	0,50	0,50	0,50	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	-	0,60	0,60	0,60	0,60	suunnitteluratkaisu: Energiatohokkuuden laskentaohje, taulukko 5.2, valkoiset kaihtimet lasien sisäpuolella	F _{verho}
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei yläpuolista varjostusta	F _{ylävarjostus}
Sivubarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei sivubarjostusta	F _{sivubarjostus}
Ympäristökerroin	-	Energiatohokkuuden laskentaohje, taulukko 5.3, kulmalla 15°			suunnitteluratkaisu		F _{ympäristö}

3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien aiheuttamaa lämpökuormaa tarvitaan tilojen lämmitysenergiantarpeen laskennassa, siksi niiden sähkönkulutuksen laskenta esitetään tässä luvussa ennen lämmitysenergiantarpeen ja -järjestelmien laskentaa. Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien laskennassa noudatetaan energiatehokkuusasetuksessa annettuja määräyksiä. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettuja, lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi 11 §:ssä esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Näiden tulona saadaan edelleen kuukausittainen käyttöaika eli käyttöajan osuus kuukauden tuntien kokonaismäärästä. 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 3168 m², joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} & (2) \\ \text{teho} & \quad \left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 12672 \text{ W} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} \\
 & \text{jaettuna kuukausittain} \\
 & W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{käyttöaste} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{smallmatrix}\right) \quad (3) \\
 & \text{tammikuu} \\
 & W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{12672}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 5656,8 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 9 W/m². Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3168 m², joten valaistuksen tehoksi saadaan

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} \\
 & \left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right) = 9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4) \\
 & \left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right) = 9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 28512 \text{ W}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuuden laskentaohje,} \\
 & \text{taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain} \\
 & W_{\text{valaistus}} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{käyttöaste} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{smallmatrix}\right) \quad (5) \\
 & \text{tammikuu} \\
 & W_{\text{valaistus}} = \frac{28512}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 2121,3 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

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 koko ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvuksi on saatu 1,8 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

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 1,8 \cdot 1,584 \cdot 8760 = 24976,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole muuta sähkökulutusta.

3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkökulutus yhteensä

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

Taulukko 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkökulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Yhteensä
	$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	$W_{\text{valaistus}}$	
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	5656,8	2121,3	7778,1
Helmikuu	5109,4	1916,0	7025,4
Maaliskuu	5656,8	2121,3	7778,1
Huhtikuu	5474,3	2052,9	7527,2
Toukokuu	5656,8	2121,3	7778,1
Kesäkuu	5474,3	2052,9	7527,2
Heinäkuu	5656,8	2121,3	7778,1
Elokuu	5656,8	2121,3	7778,1
Syyskuu	5474,3	2052,9	7527,2
Lokakuu	5656,8	2121,3	7778,1
Marraskuu	5474,3	2052,9	7527,2
Joulukuu	5656,8	2121,3	7778,1
Koko vuosi	66604,0	24976,5	91580,5

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 3168 m², joten lämpimän käyttöveden nettoenergiatarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

$$\text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 12 §} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (7)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 110880 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt

a) Lämpimän käyttöveden kiertojohton lämpöhäviöt

Rakennuksessa on lämpimän käyttöveden kiertojohto, jonka eritystaso on 1,5 D. Näin sen ominaislämpöhäviö on 6 W/m. Rakennuksen käyttövesiverkostoa ei ole suunniteltu, joten kiertojohton ominaispituutena käytetään energiatodistusasetuksen (1048/2017) liitteen 1 taulukon 7 arvoa 0,2 m/m² ja sen avulla saatavaa kiertojohton pituutta 633,6 m (0,2 m/m² · 3168 m²). Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ei ole kytketty lämmityslaitteita.

$$\text{Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.6} \quad Q_{lkv,kierto} = 6 \cdot 633,6 \cdot \frac{8760}{1000} = 33302,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Käyttövesijärjestelmässä ei varaajaa.

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

4.2 Ilmanvaihto

4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään energiatehokkuusasetuksen §10:ssä esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaikoja. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi on tässä rakennuksessa määritetty ympäristöministeriön monistetta 122² käyttäen 0,622. Laskenta on tarkemmin esitetty tämän laadintaesimerkin liitteessä 3. Laskenta on tehty ympäristöministeriön internetsivuilta (www.ymparisto.fi) löytyvällä ”LTO-laskin 2018” excel taulukolla. Laskimessa suunnitelmien mukainen tulo- ja poistoilmamäärä, lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde ja jäteilman minimilämpötila syötetään yksi ilmanvaihtokone kerrallaan taulukkoon ”LTO-laskin”. Tämän jälkeen tuloksena saatu ilmanvaihtokoneen E-lukulaskennan ja säävyöhykkeen I (ja II) mukainen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde syötetään taulukkoon ”Ilmanvaihto” kukin ilmanvaihtokone omalle rivilleen. Taulukkoon ”Ilmanvaihto” tulee täyttää ilmanvaihtokoneiden suunnitelmien mukaiset ilmamäärät ja ilmanvaihtokoneiden käyttöajat. Lopputuloksena saadaan koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka tämän laadintaesimerkin liitteen 3 mukaisesti tässä rakennuksessa on 62,2 %.

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

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

**Energiatehokkuuden
laskentaohje, kaava
3.12, sijoitettuna
kaava 3.13**

$$T_{lto} = T_u + \frac{\eta_{a,iv} q_{v,poisto} (T_s - T_u)}{q_{v,tulo}} \quad (10)$$

Tulo- ja poistoilmavirrat ovat nyt tässä laskelmassa yhtä suuret, jolloin kaavalle (10) saadaan seuraava muoto

² YM:n moniste 122 löytyy ympäristöministeriön verkkosivuilta osana ”Tasauslaskenta 2018”-opasta.

**Energiatohokkuuden
laskentaohje, kaava
3.12 muokattuna**

$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv}(T_s - T_u) \quad (11)$$

a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

kaava (11)
$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv}(T_s - T_u) \quad (12)$$

tammikuu
$$T_{lto} = -3,97 + 0,622 \cdot (21 - (-3,97)) = 11,56 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila on siis noin 11,6 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, jossa tuloilman lämpötila nousee vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila on siten noin 12,1 °C. Laskennassa käytetyt kuukausien keskilämpötilat annetaan energiatohokkuusasetuksen liitteessä 1, taulukossa L1.2, ja ne toistetaan tämän ohjeen liitteessä 2 taulukossa L2.1.

b) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila toukokuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan toukokuussa

kaava (11)
$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (13)$$

toukokuu
$$T_{lto} = 10,76 + 0,622 \cdot (21 - 10,76) = 17,13 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila olisi noin 17,1 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, joka lämmittää tuloilmaa vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila olisi siten noin 17,6 °C. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää nyt sisäpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C

LTO poiskytkentäraja
$$T_{lto} = T_{sp} - \Delta T_{puhallin} \quad (14)$$

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

c) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila heinäkuussa

Heinäkuussa lämmöntalteenotto on kytketty pois päältä (taulukko 5). Huonetilaan tuodaan nyt suoraan ulkoilmaa, joka lämpenee hieman tuloilmapuhaltimessa. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko L2.1). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C.

Taulukko 15. Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila.

Kuukausi	T_{ito}	$T_{\text{ito}} + \Delta T_{\text{puhallin}}$	T_{ito}	T_{ito}	$T_{\text{ito}} + \Delta T_{\text{puhallin}}$
	aina päällä	aina päällä	aina päällä (poiskytkennällä)	aikataululla* ja poiskytkennällä	aikataululla* ja poiskytkennällä
	°C	°C	°C	°C	°C
Tammikuu	11,56	12,06	11,56	11,56	12,06
Helmikuu	11,36	11,86	11,36	11,36	11,86
Maaliskuu	12,09	12,59	12,09	12,09	12,59
Huhtikuu	14,76	15,26	14,76	14,76	15,26
Toukokuu	17,13	17,63	16,50	16,50	17,00
Kesäkuu	18,44	18,94	16,50	16,50	17,00
Heinäkuu	19,60	20,10	16,50	17,30	17,80
Elokuu	19,13	19,63	16,50	16,05	16,55
Syyskuu	17,04	17,54	16,50	16,50	17,00
Lokakuu	15,41	15,91	15,41	15,41	15,91
Marraskuu	13,25	13,75	13,25	13,25	13,75
Joulukuu	12,23	12,73	12,23	12,23	12,73
Koko vuosi	15,17	15,67	14,43	14,46	14,96

*) Aikataulu tarkoittaa lämmöntalteenoton mahdollista poiskytkentää kalenterikuukauden mukaan.

4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

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

a) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tammikuussa

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.11 tammikuussa

Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 3.11

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (15)$$

tammikuu

$$Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (17 - 0,5 - 11,56) \cdot 744}{1000} = 6984,2 \text{ kWh}$$

b) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve toukokuussa

Toukokuussa lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan nyt energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.11 toukokuussa

Energiätehokkuuden laskentaohje, kaava 3.11

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (16)$$

toukokuu

$$Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (17 - 0,5 - 16,5) \cdot 744}{1000} = 0 \text{ kWh}$$

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

c) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve heinä- ja elokuussa

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

Taulukko 16. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja tuloilman lämpötila

Kuukausi	Tuloilma Ito:n jälkeen	Sisäänpuhalluslämpötila	Lämmitysenergian nettotarve
	T_{ito}	T_{sp}	Q_{iv}
	°C	°C	kWh
Tammikuu	11,56	17,00	6984,2
Helmikuu	11,36	17,00	6564,2
Maaliskuu	12,09	17,00	6241,2
Huhtikuu	14,76	17,00	2377,2
Toukokuu	16,50	17,00	0,0
Kesäkuu	16,50	17,00	0,0
Heinäkuu	17,30	17,80	0,0
Elokuu	16,05	16,55	0,0
Syyskuu	16,50	17,00	0,0
Lokakuu	15,41	17,00	1547,7
Marraskuu	13,25	17,00	4446,5
Joulukuu	12,23	17,00	6032,7
Koko vuosi	14,46	17,03	34193,8

4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt muodostuvat ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöistä sekä viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamista lämpöhäviöistä. Näiden lisäksi lämpöhäviöitä voi olla rakennusta ympäröiviin puolilämpimiin tiloihin. Ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.4 ja viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.5. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 19.

a) Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi

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

Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (17)$$

tammikuu

$$Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,17 \cdot 1387 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 4380,4 \text{ kWh}$$

b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{\text{yläpohja}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (18)$$

tammikuu

$$Q_{\text{yläpohja}} = \frac{0,09 \cdot 601 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1004,9 \text{ kWh}$$

c) Johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

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

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.6

$$Q_{\text{maa, vuosi}} = T_{\text{u, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, vuosi}} \quad (19)$$

koko vuosi

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

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.7

$$Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (20)$$

tammikuu

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

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

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

tammikuu

$$Q_{alapohja} = \frac{0,17 \cdot 601,0 \cdot (21 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 1026,1 \text{ kWh}$$

Taulukko 17. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

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

$$Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (22)$$

tammikuu

$$Q_{ikkunat} = \frac{1,0 \cdot 343,9 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 6388,9 \text{ kWh}$$

e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.4

$$Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (23)$$

tammikuu

$$Q_{ovet} = \frac{1,0 \cdot 117 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 2173,6 \text{ kWh}$$

f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Johtumislämpöhäviö viivamaisista kylmäsilloista lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.5. Kaikki rakennuksen kylmäsillat ovat yhteydessä ulkoilmaan, joten kylmäsillojen konduktanssien ja pituuksien tulot voidaan laskea yhteen ja käyttää tätä summaa energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavassa 3.5. Tämä summa on esitetty taulukossa 8. Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista ovat edellä esitetyn perusteella tammikuussa yhteensä

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.5

$$Q_{kylmäsillat} = \frac{(\sum l_k \Psi_k) \cdot (T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (24)$$

tammikuu

$$Q_{kylmäsillat} = \frac{75,42 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1401,2 \text{ kWh}$$

Viivamaisten kylmäsillojen aiheuttamat johtumislämpöhäviöt on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kuukausi	US-YP	US-AP	US-US (ulkonurkka)	US-US (sisänurkka)	Ikkuna-	Ovi-	Yhteensä
					liitos	liitos	$Q_{\text{kylmäsillat}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	151,4	227,2	44,5	0,0	719,1	258,9	1401,2
Helmikuu	139,7	209,6	41,1	0,0	663,3	238,8	1292,5
Maaliskuu	143,0	214,6	42,1	0,0	679,0	244,5	1323,2
Huhtikuu	96,8	145,3	28,5	0,0	459,8	165,6	896,0
Toukokuu	62,1	93,2	18,3	0,0	294,9	106,2	574,6
Kesäkuu	39,7	59,6	11,7	0,0	188,7	67,9	367,6
Heinäkuu	22,4	33,7	6,6	0,0	106,5	38,4	207,6
Elokuu	30,0	45,0	8,8	0,0	142,5	51,3	277,8
Syyskuu	61,4	92,2	18,1	0,0	291,8	105,1	568,6
Lokakuu	89,8	134,7	26,4	0,0	426,2	153,5	830,5
Marraskuu	120,3	180,5	35,4	0,0	571,3	205,7	1113,2
Joulukuu	140,6	211,0	41,4	0,0	667,8	240,5	1301,3
Koko vuosi	1097,4	1646,6	322,8	0,0	5210,9	1876,5	10154,1

Taulukossa US tarkoittaa ulkoseiniä, YP yläpohjaa ja AP alapohjaa.

g) Johtumislämpöhäviöiden summa

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

**Energia-
tehok-
kuuden
lasken-
taohje,
kaava
3.3**

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} + Q_{\text{kylmäsillat}} + Q_{\text{muu}} \quad (25)$$

**tammi-
kuu**

$$Q_{\text{joht}} = 4380,4 + 1004,9 + 746,3 + 6388,9 + 2173,6 + 1401, + 0 = 16095,2 \text{ kWh}$$

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Kylmäsillat	Yhteensä
	Q _{ulkoseinät}	Q _{yläpohja}	Q _{alapohja}	Q _{ikkunat}	Q _{ovet}	Q _{kylmäsiilat}	Q _{joht}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	4380,4	1004,9	746,3	6388,9	2173,6	1401,2	16095,2
Helmikuu	4040,5	926,9	738,7	5893,1	2004,9	1292,4	14896,5
Maaliskuu	4136,6	948,9	889,3	6033,2	2052,6	1323,2	15383,8
Huhtikuu	2801,2	642,6	929,9	4085,5	1390,0	896,0	10745,2
Toukokuu	1796,4	412,1	960,9	2620,0	891,4	574,6	7255,4
Kesäkuu	1149,3	263,7	860,7	1676,3	570,3	367,6	4887,9
Heinäkuu	649,1	148,9	746,3	946,7	322,1	207,6	3020,6
Elokuu	868,4	199,2	674,7	1266,5	430,9	277,8	3717,5
Syyskuu	1777,5	407,8	583,7	2592,5	882,0	568,6	6812,0
Lokakuu	2596,3	595,6	531,6	3786,8	1288,3	830,5	9629,1
Marraskuu	3480,3	798,4	514,5	5076,0	1726,9	1113,2	12709,2
Joulukuu	4068,2	933,2	603,2	5933,4	2018,6	1301,3	14857,9
Koko vuosi	31744,1	7282,1	8779,6	46298,8	15751,6	10154,1	120010,3

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 kuusi kerrosta, joten kaavassa tarvittavan kertoimen x arvo on 15. Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna on käytetty arvoa 2 m³/(h m²), joka tullaan varmentamaan mittaamalla. Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 7. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

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

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50} A_{vaippa}}{3600x} \quad (26)$$

kaikki kuukaudet

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{2 \cdot 3049,9}{3600 \cdot 15} = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.8

$$Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (27)$$

tammikuu

$$Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,113 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 2518,2 \text{ kWh}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 20.

4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

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

a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.14	$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000}$	(28)
tammikuu	$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (21 - 17) \cdot 744}{1000} = 5656,8 \text{ kWh}$	

b) Tuloilman lämpeneminen tilassa heinäkuussa

Heinäkuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko L2.1). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten heinäkuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.14	$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000}$	(29)
heinäkuu	$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (21 - 17,8) \cdot 744}{1000} = 4525,4 \text{ kWh}$	

c) Tuloilman lämpeneminen tilassa elokuussa

Elokuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto on pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on elokuussa 16,05 °C (taulukko L2.1). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 16,55 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten elokuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.14

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (30)$$

elokuu

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 (21 - 16,55) \cdot 744}{1000} = 6293,2 \text{ kWh}$$

4.3.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa³. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 20. Kokonaisenergia-tarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret, joten korvausilmavirtaa ei ole.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.2

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (31)$$

tammikuu

$$Q_{tila} = 16095,2 + 2518,2 + 5656,8 + 0 = 24270,2 \text{ kWh}$$

³ Tuloilman lämmittäminen sisänpuhalluslämpötilaan lasketaan kohdassa 5.3 osana lämmitysjärjestelmän energiantarvetta kohdassa 4.2.2 lasketun ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeen avulla.

Taulukko 20. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	Q_{joht}	$Q_{\text{vuotoilma}}$	$Q_{\text{iv,tuloilma}}$	$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	Q_{tila}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	16095,2	2518,2	5656,8	0,0	24270,2
Helmikuu	14896,5	2322,8	5109,4	0,0	22328,6
Maaliskuu	15383,8	2378,0	5656,8	0,0	23418,7
Huhtikuu	10745,2	1610,3	5474,3	0,0	17829,8
Toukokuu	7255,4	1032,7	5656,8	0,0	13944,8
Kesäkuu	4887,9	660,7	5474,3	0,0	11022,9
Heinäkuu	3020,6	373,1	4525,4	0,0	7919,2
Elokuu	3717,5	499,2	6293,2	0,0	10509,8
Syyskuu	6812,0	1021,8	5474,3	0,0	13308,1
Lokakuu	9629,1	1492,6	5656,8	0,0	16778,5
Marraskuu	12709,2	2000,7	5474,3	0,0	20184,3
Joulukuu	14857,9	2338,7	5656,8	0,0	22853,4
Koko vuosi	120010,3	18249,1	66109,1	0,0	204368,4

Taulukko 21. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	Q_{joht}	$Q_{\text{vuotoilma}}$	$Q_{\text{iv,tuloilma}}$	$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	Q_{tila}
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Tammikuu	5,08	0,79	1,79	0,00	7,66
Helmikuu	4,70	0,73	1,61	0,00	7,05
Maaliskuu	4,86	0,75	1,79	0,00	7,39
Huhtikuu	3,39	0,51	1,73	0,00	5,63
Toukokuu	2,29	0,33	1,79	0,00	4,40
Kesäkuu	1,54	0,21	1,73	0,00	3,48
Heinäkuu	0,95	0,12	1,43	0,00	2,50
Elokuu	1,17	0,16	1,99	0,00	3,32
Syyskuu	2,15	0,32	1,73	0,00	4,20
Lokakuu	3,04	0,47	1,79	0,00	5,30
Marraskuu	4,01	0,63	1,73	0,00	6,37
Joulukuu	4,69	0,74	1,79	0,00	7,21
Koko vuosi	37,88	5,76	20,87	0,00	64,51

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/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3168 m^2 , joten ihmisten lämpötehoksi saadaan = 0,

$$\text{Energiatehokkuus-} \quad \left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (32)$$

asetus, § 11

$$\text{koko vuosi} \quad \left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 9504 \text{ W}$$

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

$$\text{Energiatehok-} \quad \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (33)$$

kuusasetus, § 11

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

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

$$\text{Energiatehokkuus-} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttöaste} \\ \text{(käyttöajasta)} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (34)$$

asetus, § 11

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{9504}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 4242,6 \text{ kWh}$$

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 24.

b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.3	$Q_{säh} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus}$	(35)
tammikuu	$Q_{säh} = 5656,8 + 2592,7 = 8249,5 \text{ kWh}$	

c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä lasketaan lämpökuormiksi energiatodistusasetuksen energiatehokkuusasetuksen § 18:n mukaisesti. Tässä rakennuksessa kiertojohto sijaitsee rakennuksen vaipan sisäpuolella. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä oletetaan siten asetuksen mukaisesti tulevan tilojen lämpökuormiksi 50 %. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu luvussa 4.1.2. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 24.

Energiatehokkuusasetus, § 18	$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto}$	(36)
koko vuosi	$Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot 33302 = 16651 \frac{\text{kWh}}{a}$	

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

	$Q_{lkv,kierto,kuorma} = \left(\frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot Q_{lkv,kierto}$	(37)
tammikuu	$Q_{lkv,kierto,kuorma} = \frac{744}{8760} \cdot 16651 = 1414,2 \text{ kWh}$	

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan

**Energiatehokkuus-
asetus, § 18**

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (38)$$

koko vuosi

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

d) Lämpökuorma auringon säteilystä

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

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

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

**Energiatehokkuuden laskentaohje,
kaava 5.4**

$$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (39)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,441 \cdot 16,8 \cdot 0,50 = 23,0 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat itään

$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 139,5 \cdot 0,50 = 102,58 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,3375 \cdot 13,9 \cdot 0,50 = 30,26 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 173,7 \cdot 0,50 = 127,72 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat yhteensä

$$\sum Q_{aur} = 283,5 \text{ kWh}$$

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 283,5 kWh. Kaavassa **Error! Reference source not found.** esitetty säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin tammikuussa perustuu tässä luvussa esitettyyn laskelmaan. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 24.

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

*Energiatehokkuuden laskentaohje,
kaava 5.8*

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (40)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

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

tammikuu, ikkunat itään

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

tammikuu, ikkunat etelään

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

tammikuu, ikkunat länteen

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

Taulukko 22. 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 ikkunoissa käytetään ikkunoiden sisäpuolella olevia valkoisia sälekaihtimia. Verhokertoimen arvona käytetään energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdassa 5.3.4 esitettyä tyypillistä arvoa 0,60. Kokonaiskorjauskertoimen arvoksi saadaan näin tammikuussa

Energiätehokkuuden laskentaohje,
kaava 5.6

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (41)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

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

tammikuu, ikkunat itään

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

tammikuu, ikkunat etelään

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

tammikuu, ikkunat länteen

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

Taulukko 23. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

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

e) Lämpökuormien kokonaismäärä

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan 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 24. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.9

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (42)$$

tammikuu $Q_{\text{lämpökuorma}} = 4242,6 + 7778,1 + 283,5 + 1414,2 + 0 = 13718,4 \text{ kWh}$

Taulukko 24. 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	4242,6	7778,1	283,5	1414,2	0,0	13718,4
Helmikuu	3832,0	7025,4	1073,6	1277,3	0,0	13208,3
Maaliskuu	4242,6	7778,1	3051,2	1414,2	0,0	16486,1
Huhtikuu	4105,7	7527,2	5128,9	1368,6	0,0	18130,4
Toukokuu	4242,6	7778,1	7010,6	1414,2	0,0	20445,5
Kesäkuu	4105,7	7527,2	6981,1	1368,6	0,0	19982,6
Heinäkuu	4242,6	7778,1	7799,9	1414,2	0,0	21234,7
Elokuu	4242,6	7778,1	5186,4	1414,2	0,0	18621,2
Syyskuu	4105,7	7527,2	3768,3	1368,6	0,0	16769,7
Lokakuu	4242,6	7778,1	1244,3	1414,2	0,0	14679,2
Marraskuu	4105,7	7527,2	373,6	1368,6	0,0	13375,0
Joulukuu	4242,6	7778,1	223,8	1414,2	0,0	13658,7
Koko vuosi	49953,0	91580,5	42125,2	16651,0	0,0	200309,8

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

$$H_{tila} = \frac{1000 \cdot Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (43)$$

tammikuu

$$H_{tila} = \frac{1000 \cdot 24270,2}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 1306,42 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpökapasiteetin ominaisarvoksi arvoksi on tässä rakennuksessa arvioitu 160 Wh/(m² K). Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \quad (44)$$

koko vuosi

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 3168 \cdot 160 = 506880 \frac{\text{Wh}}{\text{K}}$$

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.15

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (45)$$

tammikuu

$$\tau = \frac{506880}{1306,42} = 387,99 \text{ h} = 16,2 \text{ d}$$

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.14

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{tila}} \quad (46)$$

tammikuu

$$\gamma = \frac{13718,4}{24270,2} = 0,56$$

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 5.14

$$a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (47)$$

tammikuu

$$a = 1 + \frac{387,99 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 26,87$$

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

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.11

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (48)$$

tammikuu

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,57^{26,87}}{1 - 0,57^{(26,87+1)}} = 1,00$$

Taulukko 25. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	H _{tila}	τ	Υ	a	η _{lämpö}
	W/K	h	-	-	-
Tammikuu	1306,42	387,99	0,57	26,87	1,00
Helmikuu	1303,02	389,00	0,59	26,93	1,00
Maaliskuu	1334,89	379,72	0,70	26,31	1,00
Huhtikuu	1500,83	337,73	1,02	23,52	0,95
Toukokuu	1830,38	276,93	1,47	19,46	0,68
Kesäkuu	2261,39	224,15	1,81	15,94	0,55
Heinäkuu	2876,78	176,20	2,68	12,75	0,37
Elokuu	2853,76	177,62	1,77	12,84	0,56
Syyskuu	1765,38	287,12	1,26	20,14	0,79
Lokakuu	1523,76	332,65	0,87	23,18	0,99
Marraskuu	1367,50	370,66	0,66	25,71	1,00
Joulukuu	1324,58	382,67	0,60	26,51	1,00
Koko vuosi	1770,72	310,20	1,17	21,68	0,83

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

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (49)$$

tammikuu

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = 1,0 \cdot 13718,4 = 13718,4 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 26 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.4.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 0.

Taulukko 26. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä	Hyödyntämisaste	Lämpökuormista hyödyksi
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{sis. Lämpö}}$
	kWh	-	kWh
Tammikuu	13718,4	1,000	13718,4
Helmikuu	13208,3	1,000	13208,3
Maaliskuu	16486,1	1,000	16485,6
Huhtikuu	18130,4	0,951	17236,5
Toukokuu	20445,5	0,682	13942,3
Kesäkuu	19982,6	0,552	11022,6
Heinäkuu	21234,7	0,373	7919,2
Elokuu	18621,2	0,564	10506,9
Syyskuu	16769,7	0,792	13281,8
Lokakuu	14679,2	0,994	14592,9
Marraskuu	13375,0	1,000	13374,9
Joulukuu	13658,7	1,000	13658,6
Koko vuosi	200309,8	0,826	158947,9

4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 0 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohta 0. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 27 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.1

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (50)$$

tammikuu

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 24270,2 - 13718,4 = 10551,8 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 27. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	Q_{tila}	$Q_{\text{sis. lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	24270,2	13718,4	10551,8
Helmikuu	22328,6	13208,3	9120,3
Maaliskuu	23418,7	16485,6	6933,1
Huhtikuu	17829,8	17236,5	593,4
Toukokuu	13944,8	13942,3	2,6
Kesäkuu	11022,9	11022,6	0,4
Heinäkuu	7919,2	7919,2	0,0
Elokuu	10509,8	10506,9	3,0
Syyskuu	13308,1	13281,8	26,3
Lokakuu	16778,5	14592,9	2185,6
Marraskuu	20184,3	13374,9	6809,4
Joulukuu	22853,4	13658,6	9194,8
Koko vuosi	204368,4	158947,9	45420,5

Taulukko 28. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	Q_{tila}	$Q_{\text{sis. lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Tammikuu	7,66	4,33	3,33
Helmikuu	7,05	4,17	2,88
Maaliskuu	7,39	5,20	2,19
Huhtikuu	5,63	5,44	0,19
Toukokuu	4,40	4,40	0,00
Kesäkuu	3,48	3,48	0,00
Heinäkuu	2,50	2,50	0,00
Elokuu	3,32	3,32	0,00
Syyskuu	4,20	4,19	0,01
Lokakuu	5,30	4,61	0,69
Marraskuu	6,37	4,22	2,15
Joulukuu	7,21	4,31	2,90
Koko vuosi	64,51	50,17	14,34

5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Rakennuksen asuintilojen osuus kaikista tiloista on 87 %. Rakennuksen asuintilojen osuus tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta (taulukko 27) on näin ollen 39515,8 kWh, josta liitteen 4 erillisselvityksen mukaan 31 % kohdistuu pesutilojen sähköiselle lattialämmitykselle vastaten osuutta 12249,9 kWh. Näin ollen vesikiertoisen patteriverkostolle kohdistuvan energiasuudeksi jää taulukon 27 mukaisesta tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta 33170,6 kWh (45420,5-12249,9 kWh).

a) Tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian tarve (kulutus)

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen radiaattorilämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 45/30 °C ja märkätiloissa sähköinen lattialämmitys. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan patterilämmitykselle 0,9, kun jakojohdot on eristetty ja sähköiselle lattialämmitykselle vastaavasti 0,85, kun sähköinen lattialämmitys rajoittuu lämmitettyihin tiloihin. Järjestelmässä ei ole jakeluhäviöitä lämmitättömiin tiloihin.

Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavan 6.1 ja taulukossa 27 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.1	$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (51)$
koko vuosi, radiaattorit	$Q_{\text{lämmitys,tilat,osa1}} = \frac{33170,6}{0,9} + 0 + 0 = 36856,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$
koko vuosi, lattialämmitys	$Q_{\text{lämmitys,tilat,osa2}} = \frac{12249,9}{0,85} + 0 + 0 = 14411,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$

b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 45/30 °C sekä sähköinen lattialämmitys pesutiloissa. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan patterilämmitykselle 2,0 kWh/(m²a) ja sähköiselle lattialämmitykselle 0,5 kWh/(m²a). Lämmitetty nettoala on yhteensä 3168 m², josta sähkölämmitteisten märkätilojen osuus on 358 m². Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkökulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.4

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 6.4

$$W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto} \quad (52)$$

koko vuosi

$$W_{tilat} = 2,0 \cdot 2810 + 0,5 \cdot 358 = 5799 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus saadaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 7 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpöön liitetty huonekohtainen vesiradiaattorilämmitys ja märkätilojen osalta sähköinen lattialämmitys. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Samasta taulukosta saadaan märkätilojen sähköisen lattialämmityksen (huonekohtainen sähkölämmitys) tuoton hyötysuhteeksi 1.0. Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan alla eritellyt kaukolämmön ja sähkön ostoenergiankulutukset.

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän lämpöenergiankulutus

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.1

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,osa1}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}} \quad (53)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{36856,2}{0,97} = 37996,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

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

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (sähköisen lattialämmitysjärjestelmän) sähköenergiankulutus

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.3

$$W_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (54)$$

koko vuosi

$$W_{\text{lämmitys}} = \frac{14411,6}{1,0} = 14411,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

d) Tilojen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergiankulutus

Kaukolämpöön liitetyn huonekohtaisen vesiradiaattorilämmityksen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergiankulutukseksi saadaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 0,07 kWh/(m² a). Samasta taulukosta saadaan märkätilojen sähköisen lattialämmityksen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergiankulutukseksi 0 kWh/(m² a). Lämmitetty nettoala on yhteensä 3168 m², josta

sähkölämmitteisten markätilojen osuus on 358 m². Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.4

$$W_{tuotto,apu} = e_{tuotto} A_{netto} \quad (55)$$

koko vuosi

$$W_{tuotto,apu} = 0,07 \cdot 2810 + 0 \cdot 358 = 196,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve (kulutus)

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.5. Järjestelmässä on kiertojohto. Käyttöveden siirron (jakelun) hyötysuhteeksi saadaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 5 0,97. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 6.5

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} \quad (56)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{110880}{0,97} + 0 + 33302 = 147611,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 147611 kWh lämmitysenergiaa käyttöveteen vuodessa.

b) Käyttöveden lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kohdan 6.3.4 mukaan. Mikäli pumpun sähkömoottorin tehoa ei ole suunnittelutiedoissa, voidaan sitä arvioida laskemalla virtaama kiertojohdon lämpöhäviöistä ja olettamalla kiertoveden lämpötilan aleneman olevan 3°C astetta (kaukolämpöjärjestelmän käyttövesikierron mitoitus lämpötiloille 58°C/55°C).

Lämpimän kiertoveden pumpun energiankulutuksen voi laskea energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.7.

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 6.7

$$W_{lkv,pumppu} = P_{lkv,pumppu} t_{lkv,pumppu} \frac{365}{1000} \quad (57)$$

koko vuosi

$$W_{tuotto,apu} = 60,53 \cdot 24 \frac{365}{1000} = 530,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

c) Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä ja varaajaa ei käytetä. Kierto johdon lämpöhäviöt on edellä laskettu erillisinä osana käyttöveden lämpöenergian kokonaistarvetta. Tässä rakennuksessa käyttöveden lämmitysjärjestelmä on liitetty kaukolämpöön. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.1

$$Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, lkv}}}{\eta_{\text{tuotto, lkv}}} \quad (58)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{147611,3}{0,97} = 152176,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa käyttövesiverkoston lämpöenergiatarpeen suhde kaukolämmönvaihtimeen syötettyyn lämpöenergiaan. Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kulutus on siten noin 152177 kWh/a.

5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

a) Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämmitysenergian kokonaistarve (kulutus)

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

Energiatohokkuuden laskentaohje, kohta 6.2.2

$$Q_{\text{lämmitys, iv}} = \frac{Q_{iv}}{1,00} \quad (59)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys, iv}} = \frac{34193,8}{1,00} = 34193,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

b) Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa tuloilma lämmitetään kaukolämmöllä. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan näin

Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.1

$$Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,iv}}}{\eta_{\text{tuotto,iv}}} \quad (60)$$

koko vuosi

$$Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{34193,8}{0,97} = 35251,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

6 Yhteenveto laskennan tuloksista

6.1 Lämmitysenergian nettotarve

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

Taulukko 29. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

		Lämpö	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	45420,5	14,3	4.4.3
Johtuminen	120010,3	37,9	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	18249,1	5,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	66109,1	20,9	4.3.3
Korvausilman lämpeneminen tilassa	-	-	-
Lämpökuormista hyödyksi	- 158947,9	-50,2	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	34193,8	10,8	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	110880,0	35,0	4.1.1
Yhteensä	190494,3	60,1	-

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 30. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö			Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Lämmitysjärjestelmä	6329	2,0	-	233073	73,6	-
Tilojen lämmitys	5799	1,8	-	51268	16,2	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	51268	16,2	5.1 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	5799	1,8	5.1 b)	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	34194	10,8	5.3 a)
Käyttöveden lämmitys	530	0,17	-	147611	46,6	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	147611	46,6	5.2 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	530	0,17	5.2 b)	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet	24977	7,9	3.3	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	91581	28,9	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	66604	21,0	3.1	-	-	-
Valaistus	24977	7,9	3.2	-	-	-
Yhteensä	122886	38,8	-	233073	73,6	-

6.3 Laskennallinen ostoenergiankulutus

Taulukon 30 rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta päästään laskennalliseen ostoenergiankulutukseen, kun huomioidaan tuottojärjestelmän hyötysuhteet ja tuoton apulaitteiden sähkönkulutus kohdan 5 mukaisesti. Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin 225424 kWh kaukolämpöverkosta ostettua lämpöenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna kaukolämmönkulutus on noin 71,2 kWh/m² vuodessa. Lisäksi rakennus tarvitsee noin 137495 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on noin 43,4 kWh/m² vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 31.

Taulukko 31. Laskennallinen ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)
Kaukolämpö	225424	71,16
Tilojen lämmitys	37996	11,99
Lämmin käyttövesi	152177	48,04
Tuloilman lämmitys	35251	27,12
Sähkö	137494,6	43,40
Tilojen lämmitys	20407,3	6,44
Lämmöntuottojärjestelmä	14412	4,55
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	197	0,06
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	5799	1,83
Lämmin käyttövesi	530	0,17
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	530	0,17
Tuloilman lämmitys	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	24977	7,88
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	24977	7,88
Kuluttajalaitteet ja valaistus	91581	28,91
Kuluttajalaitteet	66604	21,02
Valaistus	24977	7,88

6.4 E-luku

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

$$\left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (61)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = 0,5 \cdot 225424,0 = 112712,0 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Sähköenergian aiheuttamaksi osuudeksi rakennuksen E-luvusta saadaan

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{sähköenergian laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (62)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = 1,2 \cdot 137494,6 = 164993,5 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodot-
tain lämmitettyä nettoalaa kohden

$$E\text{-luku} = \left(\begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) \quad (63)$$

$$E\text{-luku} = 35,58 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} + 52,08 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 87,66 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 88 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

E-luku pyöristetään aina ylöspäin. Tämän rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku on **88 kWh_E/(m² a)**. Rakennus sijoittuu energiatehokkuusluokkaan **B**. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku on esitetty eriteltynä taulukossa 32.

Taulukko 32. Ostoenergiankulutus ja E-luku

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiankulutus		Kerroin	kWh _E /a	E-luku kWh _E /(m ² a)
	kWh/a	kWh/(m ² a)			
Kaukolämpö	225424	71,16	0,5	112712	35,58
Tilojen lämmitys	37996	11,99	0,5	18998	6,00
Lämmin käyttövesi	152177	48,04	0,5	76088	24,02
Tuloilman lämmitys	35251	27,12	0,5	17626	5,56
Sähkö	137495	43,40	1,2	164994	52,08
Tilojen lämmitys	20407	6,44	1,2	24489	7,73
Lämmin käyttövesi	530	0,17	1,2	636	0,20
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	24977	7,88	1,2	29972	9,46
Kuluttajalaitteet ja valaistus	91581	28,91	1,2	109897	34,69
Yhteensä				277706	87,66
				E-LUKU	88

Liitteessä 1 esitellään energiatodistuslomake täytettynä esimerkkirakennuksen tiedoilla.

Liite 1. Energiatodistus

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: Uudiskerrostalo
YM:n energiätodistusoppaan 2018 esimerkki
90100, OULU

Pysyvä rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2018
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa

Todistustunnus: 108104

Energiatodistus on laadittu
 Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottovaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä

	Energiatodistusluokka
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	

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

kWh_E/(m²vuosi)
88
≤ 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 ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala	3168 m ²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen radiaattorilämmitys, märkätiloissa sähköinen lattialämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, kaksi ilmanvaihtokonetta

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
sähkö	137 495	43,4	1,2	52,1
kaukolämpö	225 424	71,2	0,5	35,6
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				88

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

B

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 autolämpöpistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovailat 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: 108104, 2/8

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2018	Lämmitetty nettoala	3 168	m ²
Rakennusvaijpa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	2,0	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	U × A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	1 387,0	0,17	235,8	26 %
Yläpohja	601,0	0,09	54,1	6 %
Alapohja	601,0	0,16	96,2	10 %
Ikkunat	343,9	1,00	343,9	37 %
Ulko-ovet	117,0	1,00	117,0	13 %
Kylmäsiillat	-	-	75,4	8 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g_{kohtisuora}-arvo -	
Pohjoinen	16,8	1,00	0,56	
Koillinen				
Itä	139,5	1,00	0,56	
Kaakko				
Etelä	13,9	1,00	0,56	
Lounas				
Länsi	173,7	1,00	0,56	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, kaksi ilmanvaihtokonetta			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	1,584/1,584	1,8	66 %	5,0
Erillispoistot	0,00/0,00	0,00	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	1,584 / 1,584	1,8	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		62 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen radiaattorilämmitys, märkätiloissa sähköinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin¹ -	Apulaitteiden sähkönkäyttö² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	97 %	90 %		1,83
Lämpimän käyttöveden valmistus	97 %	97 %		530,2
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tullisija				
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: 108104, 3/8

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2018			
Lämmitetty nettoala, m ²	3168			
E-luku, kWh _E / (m ² vuosi)	88			
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	137 495	1,2	164994	52,1
kaukolämpö	225 424	0,5	112712	35,6
YHTEENSÄ	362 919		277 706	88
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		1,8	16,2	-
Tuloilman lämmitys		0,0	10,8	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,2	46,6	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		7,9	-	-
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		28,9	-	-
YHTEENSÄ		38,8	73,6	0,0
¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ²		45 421	14	
Ilmanvaihdon lämmitys ³		34 194	11	
Lämpimän käyttöveden valmistus		110 880	35	
Jäähdytys		0	0	
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		42 125	13	
Henkilöt		49 953	16	
Kuluttajalaitteet		66 604	21	
Valaistus		24 977	8	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		16 651	5	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	Laskentaohjelma X Versio 1.0			

Todistustunnus: 108104, 4/8

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

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

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 3168 m²

Energiaverkoista ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kaukolämpö					
Kokonaissähkö					
Kiinteistösähkö					
Käyttäjäsähkö					
Kaukojäähdytys					
Ostetut polttoaineet ¹	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Piikkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Piikkeet (koivu)		pino-m ³	1700		
Puupelletit		kg	4,7		

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

Toteutunut ostoenergia yhteensä			kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Sähkö yhteensä				
Kaukolämpö yhteensä				
Polttoaineet yhteensä				
Kaukojäähdytys				
YHTEENSÄ				

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

Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen 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.

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoennergian muutokset

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

Huomiot ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoennergian muutokset

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

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoennergian muutokset

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

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät**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**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				

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

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksessa markkatiilojen sähköisen lattialämmityksen osuus teknisten järjestelmien lämmönkulutuksesta on n. 14412 kWh eli n. 4,55 kWh/(m²vuosi) ja rakennuksen muun lämmityksen(kaukolämpö) osuus n. 36856 kWh eli n. 11,63 kWh/(m²vuosi). Edelliset yhteenlaskettuna saadaan rakennuksen teknisten järjestelmien lämmitysenergiankulutus n. 16,2 kWh/(m²vuosi).

Liite 2. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Taulukko L2 1. 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.

Liite 3. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen

Laskenta on tehty ympäristöministeriön internetsivuilta (www.ymparisto.fi) löytyvällä ”LTO-laskin 2018” Excel-taulukolla. Laskenta suoritettiin suunnitelmista saaduilla ilmavirroilla, lämmöntalteenottolaitteiden lämpötilasuhteilla ja lämmöntalteenoton jäätymissuojauksen asetuksilla.

Asuintilojen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saatiin alla olevan mukaisesti 63 %.

Aputaulukko, jolla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskentaa varten ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde (η_a , ivkone) eri säävyöhykkeillä.

Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m ³ /s	Mitoitus-poistoilmavirta m ³ /s	Käyttö-ilmavirta-kerroin
Pientalokone	Koko rakennus	Jatkuva	1,14	1,2	1

Tuloilman lämpötilasuhde yhtäsuurilla ilmavirroilla	0,70	SFS-EN 308:n mukaan
Tuloilman lämpötilasuhde	0,72	
Poistoilman lämpötilasuhde	0,68	
Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan LTO:ssa	0,95	

Huonelämpötila	21,0 °C
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa	5,0 °C

Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde (η_a , ivkone)

Säävyöhyke		
I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi	63,4 %	100 %
III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi	61,6 %	97 %
IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi	56,2 %	89 %

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2018 (versio maaliskuu 2017)

Kuva L3 1. Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, asuntotilat

Porrashuoneen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saatiin alla olevan mukaisesti 55 %.

Aputaulukko, jolla voidaan laskea lämpöhäviöiden taseaslaskentaa varten ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde (η_a , ivkone) eri säävyöhykkeillä.

Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m ³ /s	Mitoitus-poistoilmavirta m ³ /s	Käyttö-ilmavirta- kerroin
Pientalokone	Koko rakennus	Jatkuva	0,13	0,14	1

Tuloilman lämpötilasuhde yhtäsuurilla ilmajänteillä	0,58	SFS-EN 308:n mukaan
Tuloilman lämpötilasuhde	0,60	
Poistoilman lämpötilasuhde	0,56	
Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan LTO:ssa	0,93	
Huonelämpötila	21,0 °C	
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa	3,0 °C	

Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde (η_a , ivkone)

Säävyöhyke		
I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi	55,2 %	100 %
III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi	54,6 %	99 %
IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi	52,3 %	95 %

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2018 (versio maaliskuu 2017)

Kuva L3 2. Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, porrashuone

Koko rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi (E-lukulaskentaan) saatiin alla olevan mukaisesti 62 %.

Aputaulukot, joilla voidaan laskea lämpöhäviöiden taseaslaskennassa tarvittavat keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteet, kun rakennuksessa on useita ilmanvaihtokoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja.

Rakennuskohde	YM energiatodistusoppaan 2018 esimerkki, uudiskerrostalo
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Uudiskerrostalo
Pääsuunnittelija	
Laskelman tekijä	Eero Energiatodistuksenlaajaja
Päiväys	1.10.2018

Taulukko 1. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
Taulukko 2. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
Taulukko 3. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat puoliämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet
Taulukko 4. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat puoliämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet

Taulukko 1. Lämpimät tilat

Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihtokoneet		Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m ³ /s	Mitoitus-poistoilmavirta m ³ /s	Käyttö-ilmavirta- kerroin	Käyttötajan keskimääräinen poistoilmavirta, m ³ /s	Käyntiaikatekijät		Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m ³ /s	TASAUSLASKENTA- LOMAKKEESEEN Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η_a]
Kone	Palvelualue						τ_d	τ_w		
Porrashuone	Porrashuone	Jatkuva	0,13	0,14	1	0,140	24	7	0,140	55 %
Asuintilat	Asuintilat	Jatkuva	1,14	1,2	1	1,200	24	7	1,200	63 %
									1,340	62,2 %

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2018 (versio maaliskuu 2017)

Kuva L3 3. Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, koko rakennus

Liite 4. Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta

Asuntojen märkätiloissa on sähköinen lattialämmitys. Muissa rakennuksen tiloissa on vesikiertoiset 45/30 °C lämpötiloille mitoitettut radiaattorit. Vesiradiaattoreiden, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on kaukolämpö.

Energiatehokkuusasetuksen 18 § mukaisesti asuinhuoneiden tilojen lämmitysenergiannettotarpeesta 35% kohdistuu märkätilojen sähköiselle lattialämmitykselle, ellei laskelmin toisin osoiteta. Tässä tarkastelussa rakennuksen asuntojen märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus on selvitetty IDA ICE 4.8 dynaamisella rakennussimulointiohjelmalla.

Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3168 m². Rakennuksessa on yhteensä 358 m² sähköisellä lattialämmityksellä varustettuja märkätiloja asuinhuoneistoissa, joiden kokonaispinta-ala on 2756 m². Rakennuksessa on näin ollen 412 m² yleisiä (asuinhuoneistojen pinta-alaan kuulumattomia) tiloja, joiden lämmitys tapahtuu vesiradiaattoreilla. Nämä tilat lasketaan ilman sähköisen lattialämmityksen osuutta tilojen lämmitysenergiannettotarpeessa.

Tässä erillistarkastelussa asuinkerrostalosta mallinnettiin tyypillinen keskikoinen asuinhuoneisto IDA ICE 4.8 dynaamisella rakennussimulointiohjelmalla. Tilat mallinnettiin suunnitelmien mukaisilla ilmamäärillä, jotka oli asetettu hyvän suunnittelukäytännön ja YM asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) mukaisesti. Simuloinnissa märkätilojen asetusarvona käytettiin suunnitelmien mukaista huonelämpötilaa 22°C energiatehokkuusasetuksen 18 § mukaisesti. Muiden tilojen lämpötilana käytettiin energiatehokkuusasetuksen 10 § mukaista lämpötilaa 21°C. Muilta osin rakennus simuloitiin energiatehokkuusasetuksen ja energiatehokkuuden laskentaohjeen mukaisilla arvoilla, kuten tässä oppaassa on esitetty.

IDA ICE -simuloinnilla selvitettiin tyypillisen asuinhuoneiston tilojen lämmitysenergian nettotarve ja märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tästä nettotarpeesta. Märkätilaan mallinnettiin suunnitelmien mukainen sähköinen lattialämmitys ja muihin tiloihin radiaattorilämmitys. Simulointi suoritettiin koko vuoden simulointina energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 mukaisilla säävyöhykkeen I säätiedoilla. Seuraavalla sivulla on esitetty simuloinnin tulokset mukaanlukien lämmitysenergian nettotarve tyypillisessä asuinhuoneistossa.

		<h2>EnergiaRaportti</h2>	
Projekti		Rakennus	
YM energiatodistusopas 2018, uudiskerrostalo		Mallin lattia-ala	80.7 m ²
Asiakas		Mallin tilavuus	209.7 m ³
Vastuuhenkilö		Mallin maaperän pinta-ala	0.0 m ²
Sijainti	Helsinki	Mallin vaipan ala	81.2 m ²
Säätiedosto	Helsinki-Vantaa testivuosi 2012	Ikkuna/Vaippa	12.8 %
Tapaus	Märkätilatarkastelu	Keskimääräinen U-arvo	0.3114 W/(m ² K)
Simuloitu	1.10.2018 11.09.32	Vaipan alan suhde tilavuuteen	0.3871 m ² /m ³

	Ostoenergia		Tarve	Kokonaisenergia	
	kWh	kWh/m ²	kW	kWh	kWh/m ²
Valaistus	636	7.9	0.07	763	9.5
Jäähdytys sähkö	0	0.0	0.0	0	0.0
LVI sähkö	732	9.1	0.08	878	10.9
Pesutilat lattialäm.(sähkö)	507	6.3	0.24	609	7.5
Yhteensä, Kiinteistösähkö	1875	23.2		2250	27.9
Tilojen lämmitys	1131	14.0	0.66	565	7.0
LKV	4071	50.5	0.46	2035	25.2
IV lämmitys	1116	13.8	0.66	558	6.9
Yhteensä, Kiinteistökaukolämpö	6318	78.3		3158	39.1
Yhteensä	8193	101.6		5408	67.0
Laitteet	1696	21.0	0.19	2035	25.2
Yhteensä, Asukkaan sähkö	1696	21.0		2035	25.2
Yhteensä	9889	122.6		7443	92.3

Kuva L4 1. IDA ICE -ohjelmalla simuloitu mallirakennuksen ostoenergiankulutus ja E-luku.

Muiden kuin märkätilojen lämmitysenergian nettotarve tyyppillisessä asunnossa (80,7 m²) on edellä olevan tulosten mukaisesti 1131 kWh. Sähköisellä lattialämmityksellä lämmitettyjen märkätilojen lämmitysenergiannettotarve on tulosten mukaan 507 kWh. Tyyppillisen huoneiston tilojen lämmitysenergiannettotarve on näin ollen 1638 kWh. Tyyppillisen huoneiston tilojen lämmitysenergiannettotarpeesta 31 % kohdistuu märkätilojen sähköiselle lattialämmitykselle. Tätä tyyppistä osuutta käytettiin tämän oppaan luvussa 5 kaikille asuntojen märkätiloille. Osuutta käytettiin määritettäessä tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta edelleen tilojen lämmitysjärjestelmien energiantarve ja siitä tilojen lämmöntuottojärjestelmien energiankulutus.