

Tomi Perkiö

Päiväkotirakennuksen energialuvun laskenta

Opinnäytetyö

Syksy 2013

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Tomi Perkiö

Työn nimi: Päiväkotirakennuksen energialuvun laskenta

Ohjaaja: Eero Kulmala

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 2

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Ilmajoen kunnan teknisen osaston kanssa. Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea päiväkotirakennuksen energialuku sekä vertailla sitä toteutuneeseen kulutukseen ja pohtia miten parantaa kyseisen kohteen energiatehokkuutta.

Laskennan kohde on noin 120-paikkainen päiväkotit. Päiväkotirakennus on valmistunut vuonna 2010 ja se sijaitsee Ilmajoen kunnassa.

Energialaskenta suoritettiin käyttäen soveltuvien osien avulla CADS Planner House -ohjelmiston energialaskentatyökalua. Energialuvun laskennassa käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 ja D5 osien ohjeita vuodelta 2012.

Avainsanat: Energiankulutus, Energiatehokkuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Tomi Perkiö

Title of thesis: Calculating the E-number of a kindergarten

Supervisor: Eero Kulmala

Year: 2013

Number of pages: 40

Number of appendices: 2

The thesis was made in co-operation with the technical department of the municipality of Ilmajoki. The meaning of the thesis was to calculate the E-number of a kindergarten and to compare it with the actual consumption, and to consider how to improve the energy efficiency of the object.

The object is a kindergarten for about 120 children. The kindergarten building was constructed in 2010 and is located in Ilmajoki.

The energy calculation was performed using the CADS Planner House Pro software tool where applicable. When calculating the E-number the Finnish Building Codes D3 and D5 from 2012 were used.

Keywords: Energy consumption, Energy efficiency

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
2 LASKENNAN KOHDE JA LÄHTÖTIETOJA	9
3 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE	12
3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt.....	12
3.2 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve	13
3.3 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve	14
3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve	15
3.5 Tuloilman lämmitysenergian tarve.....	16
3.6 Ilmanvaihdosta talteen otettava energia.....	17
3.7 Lämmitysenergian nettotarve	19
4 LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS.....	21
5 RAKENNUKSEN LÄMPÖKUORMAT.....	22
5.1 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpökuorma	22
5.2 Lämpökuorma henkilöistä	23
5.3 Rakennukseen ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia	23
5.4 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia.....	25
6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS	27
6.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys.....	27
6.2 Lämpimän käyttöveden lämmitys	28
6.3 Rakennuksen kuluttama lämpöenergia	28
7 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS	31
8 RAKENNUKSEN OSTOENERGIAN KULUTUS JA ENERGIALUKU (E-LUKU)	32

9 RAKENNUKSEN NYKYISEEN KÄYTTÖÖN PERUSTUVAN ENERGIALUVUN VERTAILU TODELLISEEN KULUTUKSEEN ...	34
10 POHDINTA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI	36
11 POHDINTA	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	40

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Kämpälämäen päiväkot.....	9
Kuvio 2. Lämpökaivon putket.....	10
Kuvio 3. Lämmöntalteenottolaite.....	18
Kuvio 4. Lämmitysenergian nettotarve kuukausittain.....	20
Kuvio 5. Rakennuksen vesivaraajat.....	22
Kuvio 6. Maalämpöpumppu.....	29
Kuvio 7. Sähkökattila.....	29
Kuvio 8. Ilmanvaihtokone.....	31
Kuvio 9. Energialaskennan vaiheet.....	32
Kuvio 10. Toteutunut energiankulutus (tammikuu 2011 – elokuu 2013).....	34
Kuvio 11. Normitettu energiankulutus (tammikuu 2011 – elokuu 2013).....	35
Kuvio 12. Lasiseinä.....	36
Kuvio 13. Lasiseinän alaosa lämpökameralla kuvattuna.....	36
Kuvio 14. Lämpöeristeiden korjaukset.....	37
Taulukko 1. Suunnitteluasiakirjoista ja talonmieheltä kerätyt lähtöarvot.....	11
Taulukko 2. Laskentaohjeiden D3 ja D5 standardiarvot.....	11
Taulukko 3. Ulkoilman keskimääräiset lämpötilat säävyöhykkeellä 2.....	11
Taulukko 4. Ilmajoen kunnan kuukausittaiset lämmitystarveluvut.....	35

Käytetyt termit ja lyhenteet

U-arvo	U-arvo eli lämmönläpäisykerroin tarkoittaa lämmön siirtymistä (watteina) rakennusosan läpi jaettuna rakennusosan sisä- ja ulkopuolen lämpötilaeroilla.
Energialuku	Rakennuksen energialuku eli E-luku tarkoittaa energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen laskennallista vuotuista ostoenergian kulutusta lämmitettyä nettoalaa kohden.
LTO	Ilmastoinnin lämmöntalteenottolaite, joka säästää ilmanvaihdon tarvitsemaa lämmitystä hyödyntämällä poistoilman lämpöä.

1 JOHDANTO

Insinööriyön tehtävänä on suorittaa standardikäytön kokonaisenergiälaskenta kohteelle ja selvittää kohteen energialuku eli E-luku. Laskenta suoritetaan käyttäen uusimpia Suomen rakentamismääräyskokoelman vuoden 2012 osioita D3 ja D5. Laskennan apuna käytetään soveltuvin osin CADS Planner House Pro-ohjelmiston energialaskentatyökalua, joka täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 asettamat vaatimukset laskentatyökaluille sekä noudattaa osan D5 laskentaohjeita.

Työn tavoitteena on käydä uusi laskentamalli läpi alusta loppuun. Samalla saadaan selville rakennuksen energialuku. Vuoden 2012 rakentamismääräyksissä energialuvun vaatimukseksi on esitetty uusille päiväkotirakennuksille 170 kWh/(m²a).

Työssä lasketaan myös kohteen kokonaisenergiakulutus nykyisellä käytöllä ja tehdään sen pohjalta vertailu rakennuksen toteutuneeseen kulutukseen. Lisäksi työssä pohditaan keinoja, joilla kohteen energiankulutusta voitaisiin pienentää.

Työ toteutettiin yhteistyössä Ilmajoen kunnan teknisen osaston kanssa.

2 LASKENNAN KOHDE JA LÄHTÖTIETOJA

Työn kohteena on Ilmajoen kunnan Ahonkylän Kämpälämäen asuntoalueella sijaitseva Kämpälämäen päiväkoti (Kuvio 1). Rakennus on yksikerroksinen sekä puurunkoinen, rakennuksen valmistumisvuosi on 2010. Julkisivut rakennuksessa ovat konesaumattua peltiä, lasia sekä puuverhoiltuja. Rakennuksen kerrosala on 2 097 m² ja rakennustilavuus on 7 700 m³. Rakennuksen pääasiallinen käyttötarkoitus on päiväkotirakennus.



Kuvio 1. Kämpälämäen päiväkoti.

Kohderakennuksen lämmitys ja lämpimän käyttöveden valmistus tapahtuvat pääasiassa 80 kW:n maalämpöpumpulla, joka on mitoitettu osatehoiseksi. Kohteen maalämpöpumpun lämpökerroin on 2,4. Loppuosa lämmitysenergiasta saadaan 84 kW:n sähkökattilan avulla. Lämmityksen jakelujärjestelmänä on vesikiertoinen lattialämmitys huonekohtaisilla termostaateilla lämpötilan säätöä varten. Rakennuskohteeseen on porattu 200 metriä syviä lämpökaivoja 6 kappaletta (Kuvio 2). Lämpökaivot ovat mitoitettu siten, että kaivoista otettava vuotuinen energiamäärä on arviolta noin 126 MWh.



Kuvio 2. Lämpökaivon putket.

Ilmanvaihtokoneina on 2 kappaletta Energent Oy:n EGX-LTO:lla varustettua konetta. Käytetyt puhaltimet ovat kammiopuhaltimia, jotka on varustettu erillisillä taajuusmuuttajilla. Keittiössä on oma glykoli-kiertoisella LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone. Lisäksi WC-tiloihin on oma ilmanvaihtokone. Kohteessa ei ole jäähdytysjärjestelmää.

Lähtötietoina on suunnitteluasiakirjoista ja huoltomieheltä kerättyjen arvojen (Taulukko 1) lisäksi käytetty D3:sta ja D5:sta standardiarvoja (Taulukko 2). Ilmanvuotoluvun arvona käytettiin ohjeen D5 mukaista $4 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$, koska mitattua ilmanvuotolukua ei ollut saatavilla (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 19).

Taulukko 1. Suunnitteluasiakirjoista ja talonmieheltä kerätyt lähtöarvot.

Rakenteiden U-arvot		Rakennuksen alat	
ulkoseinä (W/(m ² K))	0,24	Rakennuksen bruttoala (m ²)	2265
ulkoseinä lasi (W/(m ² K))	1,3	Rakennuksen kerrosala (m ²)	2097
yläpohja (W/(m ² K))	0,15	Rakennuksen nettoala (m ²)	1930
alapohja (W/(m ² K))	0,24	Rakennusvaipan pinta-ala (m ²)	5444,5
ikkuna (W/(m ² K))	1,3	Rakennuksen tilavuus (m ³)	7700
ovi (W/(m ² K))	0,66	Rakennuksen Ilmatilavuus (m ³)	7370
Ilmavirrat (tulo / poisto)		Poistoilman LTO:n vuosihyötysuhde	0,6
kone TK 301 (m ³ /s)	2,15 / 1,90	Sisälämpötila (°C)	21
kone TK 302 (m ³ /s)	1,30 / 1,30	Lämp. Käyttöveden mitoitusvirtaama (l/s)	1,5
kone TK 303 (m ³ /s)	1,00 / 1,05	Kiertojohdon ominaistehontarve (W/brm ²)	1
kone WC tilat (m ³ /s)	0,72 / 0,80		

Taulukko 2. Laskentaohjeiden D3 ja D5 standardiarvot.

Rakennuksen käyttöajat		Lämpimän käyttöveden hyötysuhde	0,83
h/24 h	8	Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde	0,8
d/7 d	5	Ilman tiheys (kg/m ³)	1,2
Sisäisten lämpökuormien ominaisarvot		Ilman ominaislämpökapasiteetti (Ws/(kgK))	1000
valaistus (W/m ²)	18	Rakennuksen käyttöaste	0,6
laitteet (W/m ²)	8	Veden tiheys (kg/m ³)	1000
ihmiset (W/m ²)	14	Veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/(kgK))	4,2
Kylmän käyttöveden lämpötila (°C)	5	Mitoittava ulkolämpötila (°C), Säävyöhyke 2	-29
Lämpimän käyttöveden lämpötila (°C)	55		

Taulukko 3. Ulkoilman keskimääräiset lämpötilat säävyöhykkeellä 2.

Kuukausi	°C
Tammikuu	-3,97
Helmikuu	-4,50
Maaliskuu	-2,58
Huhtikuu	4,50
Toukokuu	10,76
Kesäkuu	14,23
Heinäkuu	17,30
Elokuu	16,05
Syyskuu	10,53
Lokakuu	6,20
Marraskuu	0,50
Joulukuu	-2,19

3 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennuksen lämmitysenergian laskenta aloitetaan määrittelemällä rakenteiden lämmönläpäisykertoimet. Lämmönläpäisykertoimien avulla lasketaan rakenteiden läpi johtuvan lämmitysenergian määrät kuukausitasolla. (Lämmöneristys 2002, 4–6)

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt laskettiin käyttäen apuna CADS Planner House Prosta löytyvää energialaskentatyökalua. Johtumislämpöhäviöiden määrät voidaan myös laskea rakennusosittain kaavoilla 1-3 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 15–16).

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkuna}} + Q_{\text{ovi}} + Q_{\text{muu}} + Q_{\text{kylmäsilta}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{rakosa}} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1\,000 \quad (2)$$

$$Q_{\text{kylmäsilat}} = \sum I_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1\,000 \quad (3)$$

jossa Q_{joht} on johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh

$Q_{\text{ulkoseinä}}$ on johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh

$Q_{\text{yläpohja}}$ on johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh

Q_{alapohja} on johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh

Q_{ikkuna} on johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh

Q_{ovi} on johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh

Q_{muu} on johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, kWh

$Q_{\text{kylmäsilat}}$ on kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö, kWh

Q_{rakosa} on johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh

U_i on rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2K)$

A_i on rakennusosan i pinta-ala, m^2

T_s on sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$

T_u on ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$

Δt on ajanjakson pituus, h

l_k on viivamaisen kylmäsillan pituus, m

Ψ_k on viivamaisen kylmäsillan aiheuttama lisäkonduktanssi, $W/(mK)$

$$Q_{\text{joht}} = 205\,737 \text{ kWh}$$

3.2 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Rakenteiden epätiiviyksien kautta virtaavan vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energiamäärä ja tuulen sekä lämpötilaerojen synnyttämien paine-erojen vuotoilmavirran suuruus rakennusvaipan läpi lasketaan kaavoilla 4 ja 5 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 19). Vuotoilman lämpöpöväviö lasketaan kuukausitasolla käyttäen ulkoilman keskimääräisiä kuukausilämpötiloja.

Esimerkki on laskettu tammikuun ajalta. D5 ohjeen mukaan rakennuksen vuotoilmavirtana laskelmassa käytettiin arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ ja kertoimen X arvona 35, jonka arvo riippuu kerroksien lukumäärästä (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 19).

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1\,000 \quad (4)$$

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = q_{50} / (3\,600 X) A \quad (5)$$

jossa $Q_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia, kWh

ρ_i on ilman tiheys, kg/m^3

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, Ws / (kgK)

q_v , vuotoilma on vuotoilmavirta, m^3/s

Δt on ajanjakson pituus, h

T_s on sisäilman lämpötila, °C

T_u on ulkoilman kuukausittainen keskilämpötila, °C

q_{50} on rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $m^3/(hm^2)$

X on kerrosluvun mukaan määräytyvä kerroin

A on rakennusvaipan pinta-ala, m^2

$$q_v, \text{ vuotoilma} = 4 \text{ m}^3/(\text{hm}^2) / (3\,600 \times 35) * 5\,444,5 \text{ m}^2 = 0,172\,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{vuotoilma, tammikuu}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1\,000 \text{ Ws}/(\text{kgK}) * 0,172\,84 \text{ m}^3/\text{s} * (21^\circ\text{C} - (-3,97^\circ\text{C})) * 730 \text{ h} / 1\,000 = 3\,780,70 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 27\,924 \text{ kWh}$$

3.3 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve

Lämpimän käyttöveden laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaista ominaiskulutusta ja sitä vastaavan lämmitysenergian nettotarvetta. Päiväkotirakennusten standardi lämpimän käyttöveden ominaiskulutus on $188 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{a})$ ja lämmitysenergian nettotarve $11 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (Rakennusten energiatehokkuus 2011, 21, taulukko5). Kaavat eivät ota huomioon putkiston, lämmönvaraajan ja lämmityslaitteiden aiheuttamia lämpöhäviöitä.

Lämpimän käyttöveden kulutus lasketaan kaavalla 6 ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla 7 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 24–25).

$$V_{lkv} = V_{lkv, omin} A_{netto} / 1\,000 \tag{7}$$

$$Q_{Ikv, netto} = \rho_v c_{pv} V_{Ikv} (T_{Ikv} - T_{kv}) / 3\,600 \quad (6)$$

jossa $Q_{Ikv, netto}$ on käyttöveden lämmityksen nettotarve, kWh

ρ_v on veden tiheys, kg/m³

c_{pv} on veden ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK

V_{Ikv} on lämpimän käyttöveden kulutus m³

$(T_{Ikv} - T_{kv})$ on lämpimän ja kylmän käyttöveden lämpötilojen erotus, °C

$V_{Ikv, omin}$ on lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm³/(m²a)

A_{netto} on rakennuksen lämmitetty nettoala, m²

$$V_{Ikv} = 188 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{a}) * 1\,930 \text{ m}^2 / 1\,000 = 362,8 \text{ m}^3$$

$$Q_{Ikv, netto} = 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 362,8 \text{ m}^3 * (55 \text{ °C} - 5 \text{ °C}) / 3\,600 = 21\,163 \text{ kWh}$$

3.4 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarvetta laskiessa voidaan tätä laskentamenetelmää käyttää vain, jos kyseessä on vakioilmamääräsäätöinen järjestelmä ja ilman käsittelyprosessiin sisältyy ainoastaan ilman lämmitys. Jos ilman käsittelyprosessiin sisältyy jäähdytystä, kostutusta tai ilmanvaihtojärjestelmä on muuttuvailmamääräsäätöinen, ei tätä laskentamenetelmää voida käyttää lainkaan.

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla 8 ja lämmön talteenottolaitteen jälkeinen lämpötila kaavalla 9 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, 20–21).

$$Q_{iv} = \rho_i c_{pi} t_d t_v q_{v, tulo} (T_{sp} - T_{lto}) \Delta t / 1\,000 \quad (8)$$

$$T_{lto} = T_u + \eta_{t, a} (T_s - T_u) \quad (9)$$

jossa Q_{iv} on ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh

ρ_i on ilman tiheys, kg/m³

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, Ws/(kgK)

t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h

t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

$q_{v, tulo}$ on tuloilmavirta, m³/s

T_{sp} on sisäänpuhallus lämpötila, °C

T_{lto} on lämmön talteenotto laitteen jälkeinen lämpötila, °C

Δt on ajanjakson pituus, h

$\eta_{t, a}$ on lämmön talteenoton tuloilman vuotuinen lämpötilasuhde

T_s on sisäilman lämpötila, °C

T_u on ulkoilman lämpötila, °C

T_j on jäteilman lämpötila, °C

$$T_{lto, \text{Tammikuu}} = -3,97 \text{ °C} + 0,6 * (21 \text{ °C} - (-3,97 \text{ °C})) = 11,01 \text{ °C}$$

$$Q_{iv, \text{Tammikuu}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1\ 000 \text{ Ws/(kgK)} * (10 \text{ h} / 24) * (5 \text{ d} / 7) * 5,17 \text{ m}^3/\text{s} * (18 \text{ °C} - 11,01 \text{ °C}) * 730 \text{ h} / 1\ 000 = 13\ 187 \text{ kWh}$$

$$Q_{iv} = 77\ 180 \text{ kWh}$$

3.5 Tuloilman lämmitysenergian tarve

Tuloilman lämmitysenergian nettotarpeella tarkoitetaan tuloilman lämpenemiseen käytettävää energiamäärää. Ilmanvaihtokone puhalttaa 18-asteista tuloilmaa huonetilaan, jonka lämpötila on noin 21 astetta. Seuraavassa laskentaesimerkissä selvitetään tuloilman lämpenemiseen tarvittavan energian määrää. Tuloilman

lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla 10 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 23).

$$Q_{iv, \text{ tuloilma}} = \rho_i c_{pi} t_d t_v q_{v, \text{ tulo}} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1\,000 \quad (10)$$

jossa $Q_{iv, \text{ tuloilma}}$ on tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

ρ_i on ilman tiheys, kg/m³

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, Ws/(kgK)

t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h / 24 h

t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk / 7 vrk

$q_{v, \text{ tulo}}$ on tuloilmavirta, m³/s

T_s on sisäilman lämpötila, °C

T_{sp} on sisäänpuhallus lämpötila, °C

Δt on ajanjakson pituus, h

$$Q_{iv, \text{ tuloilma}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1\,000 \text{ Ws/(kgK)} * (10 \text{ h/24}) * (5 \text{ d/7}) * 5,17 \text{ m}^3/\text{s} * (21 \text{ °C} - 18 \text{ °C}) * 8\,760 \text{ h} / 1\,000 = 48\,521 \text{ kWh}$$

3.6 Ilmanvaihdosta talteen otettava energia

Ilmanvaihdosta otetaan talteen lämpöenergiaa lämmöntalteenottolaitteella (Kuvio 3), jotta energiaa ei kuluisi niin paljon ilman lämmittämiseen. Näin saadaan suurin mahdollinen hyöty käyttöön ilmanvaihdosta. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on valmistajan toimittamien asiakirjojen mukaan 0,6. Ilmanvaihdosta talteen otettava energia lasketaan kaavalla 11 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 24).



Kuvio 3. Lämmöntalteenottolaite.

$$Q_{lto} = \sum \rho_i c_{pi} t_d t_v q_{v,tulo} (T_{lto} - T_u) \Delta t / 1\,000 \quad (11)$$

jossa Q_{lto} on ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh

ρ_i on ilman tiheys, kg/m^3

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, $\text{Ws}/(\text{kgK})$

t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, $\text{h}/24\text{h}$

t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, $\text{vrk}/7\text{vrk}$

$q_{v,tulo}$ on tuloilmavirta, m^3/s

T_{lto} on lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

T_u on ulkoilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

Δt on ajanjakson pituus, vrk

$$Q_{lto, \text{Tammikuu}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1\,000 \text{ Ws}/(\text{kgK}) * (10 \text{ h}/24) * (5 \text{ d}/7) * 5,17 \text{ m}^3/\text{s} * (11,01^{\circ}\text{C} - (-3,97^{\circ}\text{C})) * 730 \text{ h} / 1\,000 = 20\,194 \text{ kWh}$$

$$Q_{lto} = 149\,754 \text{ kWh}$$

3.7 Lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve kuukausitasolla (Kuvio 4) saadaan laskemalla tilojen tarvitsema energiamäärä ja vähentämällä siitä hyödyksi käytettävät lämpökuormat. Hyödynnettävät lämpökuormat on laskettu luvussa 5. Rakennuksen tilojen tarvitsema nettoenergian tarve lasketaan kaavalla 12 ja tilojen tarvitsema lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla 13 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 15).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (12)$$

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv, tuloilma}} \quad (13)$$

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ on tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

Q_{tila} on tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ on lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

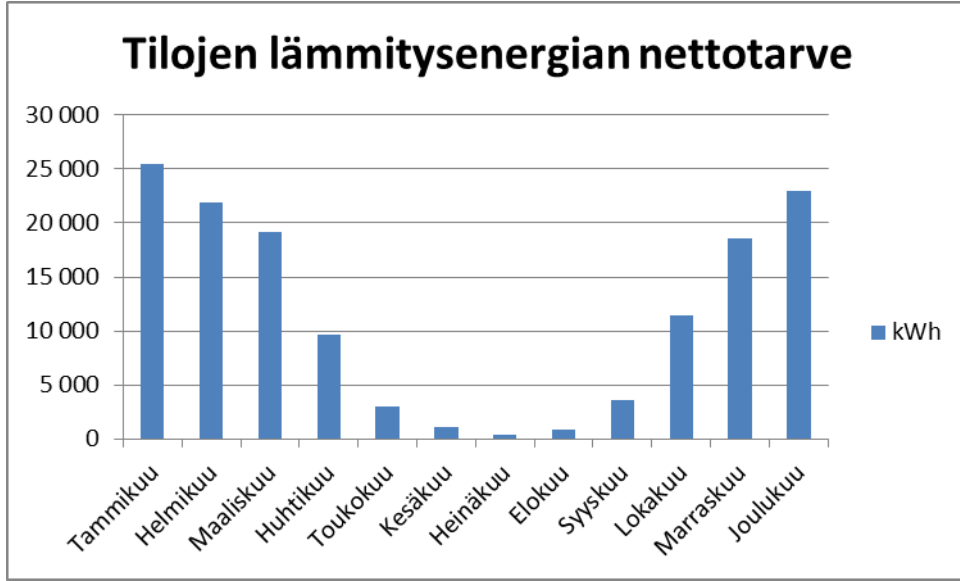
Q_{joht} on johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh

$Q_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman lämpöhäviöt, kWh

$Q_{\text{iv, tuloilma}}$ on tuloilman lämpeneminen tilassa, kWh

$$Q_{\text{tila}} = 205\,737 \text{ kWh} + 27\,924 \text{ kWh} + 48\,521 \text{ kWh} = 282\,182 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = 282\,182 \text{ kWh} - 144\,084 \text{ kWh} = 138\,098 \text{ kWh}$$



Kuvio 4. Lämmitysenergian nettotarve kuukausittain.

4 LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS

Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen ominaisarvot saadaan Suomen rakentamismääräyskokoelmasta. Laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 standardikäyttöä vastaavia arvoja. Laitteiden ja valaistuksen käyttämä sähköenergia otetaan huomioon lämpökuormana.

Laitteiden sekä valaistuksen sähkönkulutus lasketaan kaavoilla 14–16 (Rakennusten energiatehokkuus 2011, 19, taulukko3).

$$Q = k P (\tau_d / 24) (\tau_w / 7) (8\,760 / 1\,000) \quad (14)$$

$$W_{\text{laitteet}} = Q A_{\text{netto}} \quad (15)$$

$$W_{\text{valaistus}} = Q A_{\text{netto}} \quad (16)$$

jossa W_{laitteet} on kuluttajalaitteiden vuotuinen energiankäyttö, kWh

$W_{\text{valaistus}}$ on valaistuksen vuotuinen energiankäyttö, kWh

k on käyttöaste

P on lämpökuorma, W/m^2

τ_d on rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa, h

τ_w on rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, d

A_{netto} on rakennuksen nettopinta-ala, m^2

$$Q = 0,60 \cdot 8 \text{ W/m}^2 \cdot (8 \text{ h} / 24) \cdot (5 \text{ d} / 7) \cdot (8\,760 / 1\,000) = 10,011 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$W_{\text{laitteet}} = 10,011 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 1\,930 \text{ m}^2 = 19\,322 \text{ kWh}$$

$$Q = 0,60 \cdot 18 \text{ W/m}^2 \cdot (8 \text{ h} / 24) \cdot (5 \text{ d} / 7) \cdot (8\,760 / 1\,000) = 22,526 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$W_{\text{valaistus}} = 22,526 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 1\,930 \text{ m}^2 = 43\,475 \text{ kWh}$$

5 RAKENNUKSEN LÄMPÖKUORMAT

5.1 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpökuorma

Lämpimän käyttöveden varastointiin rakennuksessa käytetään kahta 1500 litran varaaja, joissa on 100 millimetrin eristys (Kuvio 5). Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttamana lämpökuormana rakennukselle käytetään 50 % laskennallisesta lämpöhäviöstä (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 33).



Kuvio 5. Rakennuksen vesivaraajat.

$$Q_{\text{lkv, varastointi}} * 0,5 = 2\,000 \text{ kWh} * 0,5 = 1\,000 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lkv, kierto}} * 0,5 = 788 \text{ kWh} * 0,5 = 394 \text{ kWh}$$

jossa $Q_{\text{lkv, varastointi}}$ on lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh

$Q_{\text{lkv, kierto}}$ on lämpimän käyttöveden kiertojohdon häviö, kWh

5.2 Lämpökuorma henkilöistä

Rakennuksessa oleskelevista henkilöistä vapautuu lämpöä rakennukseen. Henkilöistä rakennukselle aiheutuva lämpöenergian määrä otetaan laskelmissa huomioon lämpökuormana. Henkilöiden oleskeluaika rakennuksessa on D3 standardikäytön mukainen, joka on 8 tuntia arkipäivisin. Henkilöistä rakennukselle aiheutuva lämpökuorma lasketaan kaavojen 17 ja 18 avulla (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 29).

$$Q = k P (\tau_d / 24) (\tau_w / 7) (8\,760 / 1\,000) \quad (17)$$

$$Q_{\text{henk}} = Q A_{\text{netto}} \quad (18)$$

jossa Q_{henk} on henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh/(m²a)

k on käyttöaste

P on henkilöiden aiheuttama lämpökuorma, W/m²

τ_d on rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa, h

τ_w on rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, d

A_{netto} on rakennuksen nettopinta-ala, m²

$$Q = 0,6 \cdot 14 \text{ W/m}^2 \cdot (8 \text{ h} / 24) \cdot (5 \text{ d} / 7) \cdot (8\,760 / 1\,000) = 17,52 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

$$Q_{\text{henk}} = 17,52 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} \cdot 1\,930 \text{ m}^2 = 33\,814 \text{ kWh}$$

5.3 Rakennukseen ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia

Rakennuksen sisäisiin lämpökuormiin hyödynnetään ikkunoista sisään tuleva auringon säteilyenergia. Säteilyenergian määrä lasketaan ilmansuunnittain sekä

kuukausitasolla. Mahdolliset ikkunoiden varjostukset, sälekaihtimet ja verhot otetaan huomioon auringon säteilyenergian laskennassa.

Laskennan säätietoina käytetään rakentamismääräyskokoelman mukaisia keskimääräisiä säätietoja. Rakennukseen ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia laskettiin käyttäen apuna CADS Planner House Prosta löytyvää energialaskentatyökalua. Laskenta voidaan suorittaa myös käyttäen kaavoja 19 ja 20 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 30–31).

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} g = \sum G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (19)$$

$$g = 0,9 g_{kohtisuor} \quad (20)$$

jossa Q_{aur} on ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk

$G_{säteily,vaakapinta}$ on vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia, kWh/(m²kk)

F_{suunta} on muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi

$F_{läpäisy}$ on säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

A_{ikk} on ikkuna-aukon pinta-ala kehys- ja karmirakenteet huomioituna, m²

g on valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

$G_{säteily,pystypinta}$ on pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia, kWh/(m²kk)

$g_{kohtisuora}$ on ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin.

$$Q_{aur} = 66\,733 \text{ kWh}$$

5.4 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

Rakennuksen energiakulutuksen laskennassa otetaan huomioon sisältä ja ulkoa tulevat tilojen lämpökuormat. Laskennassa huomioidaan valaistuksen, sähkölaitteiden, ihmisten ja lämpimän käyttöveden kierron sekä varastoinnin aiheuttamat lämpökuormat rakennukselle. Ikkunoiden kautta tuleva auringonsäteily lasketaan myös mukaan. Valaistuksen sekä laitteiden aiheuttamana lämpökuormana käytetään niiden sähkönkulutusta kokonaisuudessaan.

Lämpökuormista voidaan hyödyntää energiamäärää osittain rakennuksen lämmityksessä. Lämpökuormien hyödyntäminen edellyttää että rakennuksessa on samanaikaisesti lämmitystarvetta sekä lämmitysjärjestelmien on oltava varustettuja tarvittavilla säätölaitteilla. Rakennuksen eristeellä on vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen sekä sisälämpötiloihin, koska lämpö varastoituu rakennuksen rakenteisiin.

Hyödynnettävät lämpökuormat laskettiin käyttäen apuna CADS Planner House Prosta löytyvää energialaskentatyökalua. Hyödynnettävä lämpöenergiämäärä lämpökuormista voidaan myös laskea kuukausitasolla kaavoilla 21–27 (Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 34–35).

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + 0,5 \times Q_{\text{lkv, kierto}} + 0,5 \times Q_{\text{lkv, varastointi}} \quad (21)$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (22)$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \quad (23)$$

$$a = 1 + (\tau / 15) \quad (24)$$

$$\gamma = Q_{\text{lämpökuorma}} / Q_{\text{tila}} \quad (25)$$

$$\tau = C_{\text{rak}} / H_{\text{tila}} \quad (26)$$

$$H_{\text{tila}} = Q_{\text{tila}} / ((T_s - T_u) \Delta t) 1000 \quad (27)$$

jossa $Q_{\text{lämpökuorma}}$ on rakennuksen lämpökuorma, kWh

Q_{henk} on henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{säh}}$ on valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisäpuolelle vapautuva lämpöenergia, kWh

Q_{aur} on ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh

$Q_{\text{lkv, kierto}}$ on lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh

$Q_{\text{lkv, varastointi}}$ on lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ on lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

$\eta_{\text{lämpö}}$ on lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste

γ on lämpökuorman suhde lämpöhäviöön

a on aikavakiosta riippuvainen numeerinen parametri

τ on rakennuksen aikavakio, h

C_{rak} on rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K

H on rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K

Δt on ajanjakson pituus, h

T_s on sisäilman lämpötila, °C

T_u on ulkoilman lämpötila, °C

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = 33\,814 \text{ kWh} + 62\,797 \text{ kWh} + 66\,733 \text{ kWh} + 0,5 \cdot 788 \text{ kWh} + 0,5 \cdot 2000 \text{ kWh} = 164\,738 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = 144\,084 \text{ kWh}$$

6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa huomioidaan lämmitysjärjestelmästä aiheutuvat häviöt lämmöntuotannosta lämmönluovutukseen asti. Lasketut lämpöhäviöt lisätään tilojen, ilmanvaihdon sekä lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeisiin.

6.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys

Lasketaan tilojen ja ilmanvaihdon lämmittämiseen kuluvan energian määrä. Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden energiankulutus on ohjeen D5 mukaisesti 2,5 kWh/(m²a). Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla 28 ja lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus kaavalla 29. (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 38–40.)

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} / \eta_{\text{lämmitys tilat}} \quad (28)$$

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (29)$$

jossa $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ on tilojen lämmityksen energiankulutus, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ on tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$ on lämmitysjärjestelmän hyötysuhde tilojen lämmityksessä

W_{tilat} on lämmitysjärjestelmän apulaitteiden energiankulutus, kWh

e_{tilat} on apulaitteiden ominaisenergiankulutus, kWh/(m²a)

A_{netto} on lämmitetty netto-ala, m²

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = 138\,098 \text{ kWh} / 0,8 = 172\,623 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{tilat}} = 2,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) * 1\,930 \text{ m}^2 = 4\,825 \text{ kWh/a}$$

6.2 Lämpimän käyttöveden lämmitys

Lasketaan lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluvan energian määrä. Lämpimän käyttöveden lämmityksen energian tarve lasketaan kaavalla 30 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 41).

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = Q_{\text{lkv, netto}} / \eta_{\text{lkv, siirto}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} \quad (30)$$

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ on lämpimän käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh

$Q_{\text{lkv, netto}}$ on lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarve, kWh

$\eta_{\text{lkv, siirto}}$ on lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde

$Q_{\text{lkv, varastointi}}$ on lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh

$Q_{\text{lkv, kierto}}$ on lämpimän käyttöveden kiertojohtoon häviö, kWh

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = 21\,163 \text{ kWh} / 0,83 + 788 \text{ kWh} + 2\,000 \text{ kWh} = 28\,286 \text{ kWh}$$

6.3 Rakennuksen kuluttama lämpöenergia

Rakennuksen kuluttamasta lämpöenergiasta tuotetaan noin 90 % maalämpöpumpulla (Kuvio 6) ja loput noin 10 % lämpöenergiasta tuotetaan sähkökattilalla (Kuvio 7). Sähkökattilan kuluttama energiamäärä lasketaan kaavalla 31, maalämpöpumpun kuluttama energiamäärä kaavalla 32 ja rakennuksen lämpöenergian kulutus kaavalla 33 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 44–47).



Kuvio 6. Maalämpöpumppu.



Kuvio 7. Sähkökattila.

$$Q_{\text{lämmitys}} = (Q_{\text{lämmitys, tilat}} + Q_{\text{lämmitys, iv}} + Q_{\text{lämmitys, lkv}}) / \eta_{\text{tuotto}} \quad (31)$$

$$W_{LP, \text{ lämmitys}} = Q_{LP, \text{ lämmitys, tilat}} / SPF_{\text{tilat}} + Q_{LP, \text{ lämmitys, lkv}} / SPF_{\text{lkv}} + W_{\text{lisälämmitys}} \quad (32)$$

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto, apu}} + W_{\text{lkv, pumppu}} + W_{LP, \text{ lämmitys}} \quad (33)$$

jossa $Q_{\text{lämmitys}}$ on lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ on tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, iv}}$ on ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ on lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve (kohta 6.3), kWh/a

η_{tuotto} on lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä

$W_{\text{lämmitys}}$ on lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a

W_{tilat} on lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

$W_{\text{tuotto, apu}}$ on lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

$W_{\text{lkv, pumppu}}$ on lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a

$W_{\text{LP, lämmitys}}$ on lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a

$Q_{\text{LP, lämmitys, tilat}}$ on lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh

$\text{SPF}_{\text{tilat}}$ on lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä

$Q_{\text{LP, lämmitys, lkv}}$ on lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh

SPF_{lkv} on lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä

$W_{\text{lisälämmitys}}$ on tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve, kWh

$$Q_{\text{lämmitys, sähkökattila}} = 0,1 \cdot (172\,623 \text{ kWh} + 51\,927 \text{ kWh} + 28\,286 \text{ kWh}) / 0,9 = 28\,093 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{LP, lämmitys}} = 91\,906 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{lämmitys}} = 4\,825 \text{ kWh} + 4 \text{ kWh} + 2\,628 \text{ kWh} + 91\,906 \text{ kWh} = 99\,363 \text{ kWh}$$

7 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

Tässä luvussa selvitetään, paljonko neljä eri ilmanvaihtokonetta (Kuvio 8) kuluttavat sähköä yhteensä. Ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus on laskettu kaavalla 34 ja ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho kaavalla 35 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 52).



Kuvio 8. Ilmanvaihtokone.

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \Sigma SFP q_v \Delta t \quad (34)$$

$$SFP = P_{\text{puh}} / q_v \quad (35)$$

jossa $W_{\text{ilmanvaihto}}$ on puhaltimen tai iv-koneen sähköenergiankulutus, kWh

SFP on puhaltimen tai iv-koneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

q_v on puhaltimen tai iv-koneen ilmavirta, m³/s

Δt on puhaltimen tai iv-koneen käyttöaika laskentajaksolla, h

P_{puh} on puhaltimen tai iv-koneen sähköteho, kW

$$SFP = (6 \text{ kW} + 3,7 \text{ kW} + 2,5 \text{ kW} + 2 \text{ kW}) / (2,15 \text{ m}^3/\text{s} + 1,3 \text{ m}^3/\text{s} + 1,05 \text{ m}^3/\text{s} + 0,8 \text{ m}^3/\text{s}) = 14,2 \text{ kW} / 5,3 \text{ m}^3/\text{s} = 2,679 \text{ kW/m}^3/\text{s}$$

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = 2,679 \text{ kW/m}^3/\text{s} * 5,3 \text{ m}^3/\text{s} * (10/24) * (5/7) * 8\,760 \text{ h} = 37\,021 \text{ kWh}$$

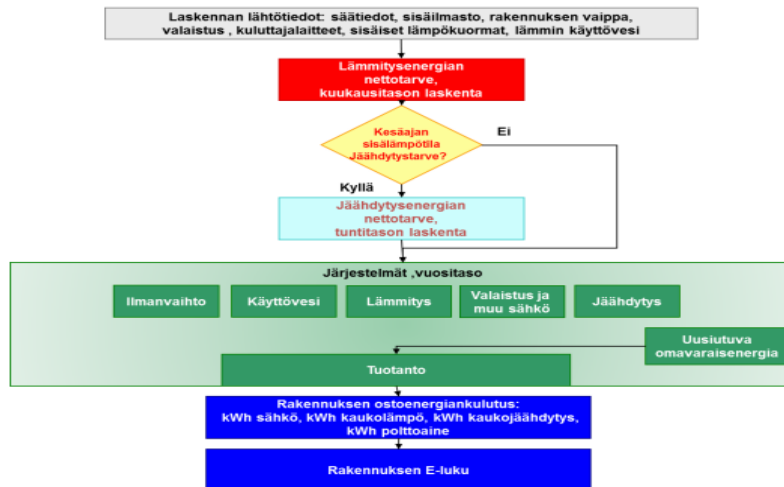
8 RAKENNUKSEN OSTOENERGIAN KULUTUS JA ENERGIALUKU (E-LUKU)

Aiemmissa luvuissa on laskettu rakennuksen ostoenergian kulutuksen ja energialuvun laskentaan tarvittavat tiedot. E-luku eli energialuku lasketaan ostoenergiankulutuksesta käyttäen energiamuodon kertoimia (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 14).

Energiamuodon kertoimet:

- sähkö 1,7
- kaukolämpö 0,7
- kaukojäähdytys 0,4
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- uusiutuvat polttoaineet 0,5

Seuraavassa kuviossa on esitetty rakennuksen E-luvun laskentavaiheet (Kuvio 9).



Kuvio 9. Energialaskennan vaiheet.

(Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2013, 12.)

Rakennuksen ostoenergian kulutus lasketaan kaavalla 36 ja rakennuksen energialuku (E-luku) kaavalla 37 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, 13–14).

$$E_{\text{osto}} = (Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{lämmitys}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{laitteet}} + W_{\text{valaistus}}) / A_{\text{netto}} \quad (36)$$

$$E = f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}} / A_{\text{netto}} \quad (37)$$

jossa E_{osto} on rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m²a)

$Q_{\text{lämmitys}}$ on lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a

$W_{\text{lämmitys}}$ on lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a

$W_{\text{ilmanvaihto}}$ on ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a

W_{laitteet} on käyttäjä-sähkölaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

$W_{\text{valaistus}}$ on valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a

A_{netto} on rakennuksen nettopinta-ala m²

E on rakennuksen energialuku, kWh/(m²a)

$f_{\text{sähkö}}$ on sähkön energiamuodon kerroin

$W_{\text{sähkö}}$ on sähkön kulutus, kWh/a

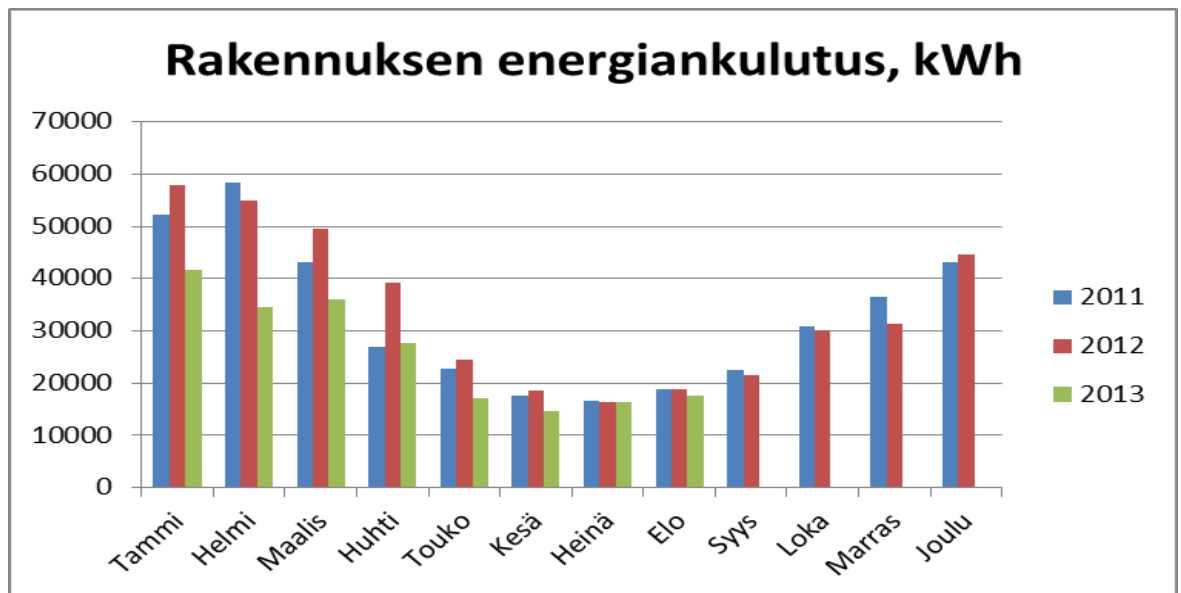
$$E_{\text{osto}} = (28\,093 \text{ kWh} + 99\,363 \text{ kWh} + 37\,021 \text{ kWh} + 19\,322 \text{ kWh} + 43\,475 \text{ kWh}) / 1\,930 \text{ m}^2 = 227\,274 \text{ kWh} / 1\,930 \text{ m}^2 = 118 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$E = 1,7 * 227\,274 \text{ kWh} / 1\,930 \text{ m}^2 = 201 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Rakennuksen teoreettiseksi energialuvuksi käyttämällä standardiarvoja saatiin 201 kWh/(m²a) ja rakennuksen ostoenergian kokonaismääräksi 227 374 kWh/a.

9 RAKENNUKSEN NYKYISEEN KÄYTTÖÖN PERUSTUVAN ENERGIALUVUN VERTAILU TODELLISEEN KULUTUKSEEN

Rakennukselle laskettiin myös rakennuksen todelliseen kulutukseen ja nykyiseen käyttöön perustuva ostoenergiankulutus, joka on vuosittain 318 681 kWh. Rakennuksen toteutunut energian kulutus on ollut 2011 vuonna 389 737 kWh ja 2012 vuonna 407 861 kWh (Kuvio 10). Vuoden 2013 energiankulutuksessa on huomattavissa suuri pudotus edellisten vuosien kulutukseen (Kuvio 10). Tästä voidaankin todeta, että rakennus on kuluttanut enemmän energiaa vuosina 2011 ja 2012 kuin mitä sen pitäisi. Syitä rakennuksen suureen energiakulutukseen pohditaan luvussa 10.



Kuvio 10. Toteutunut energiankulutus (tammikuu 2011 – elokuu 2013).

Rakennuksen normitetulla energiankulutuksella voidaan verrata saman rakennuksen kulutusta eri vuosina. Normitetussa energiankulutuksessa lämmitysenergian kulutus kerrotaan lämmitystarveluvuilla (lämmitystarveluku eli astepäiväluku 2013). Lämmitystarveluku kuvaa rakennuksen lämmitysenergian tarvetta. Ilmajoen kunta-kohtaiset lämmitystarveluvut on esitetty taulukossa 2. Normitettu rakennuksen energiankulutus kuukausitasolla on esitetty kuviossa 11.

Ilmajoen lämmitystarveluvun laskennassa vertailupaikkakuntana käytetään Tampereä. Tampereen lämmitystarveluku kerrotaan k_1 kertoimella, joka on paikka-

kuntakohtainen korjauskerroin. Ilmajoella kertoimen k_1 arvo on 0,96. Rakennuksen energiakulutuksen normitus lasketaan käyttäen kaavaa 38 (laskukaavat: lämmitysenergiankulutus 2013).

$$Q_{norm} = k_1 (S_{n, vpkunta} / S_{toteutunut, vpkunta}) Q_{toteutunut} + Q_{lämmitys, lkv} + W_{muut} \quad (38)$$

jossa Q_{norm} on rakennuksen normitettu energiankulutus, kWh

k_1 on paikkakuntakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan

$S_{n, vpkunta}$ on Normaalikuukauden (1981–2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut, vpkunta}$ on toteutunut kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

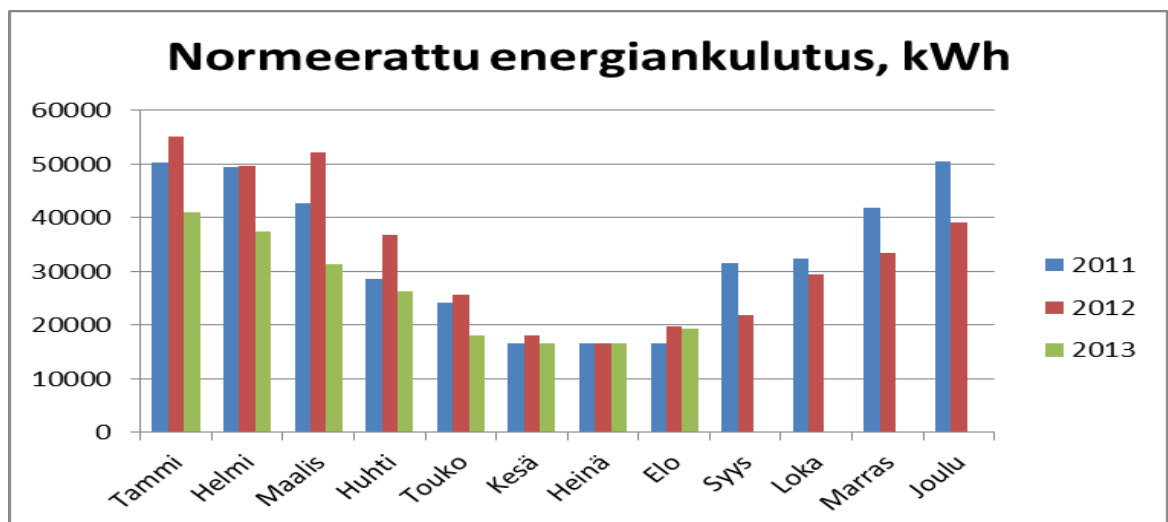
$Q_{toteutunut}$ on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia, kWh

$Q_{lämmitys, lkv}$ on lämpimän käyttöveden tarvitsema energia, kWh

W_{muut} on ilmanvaihdon, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus, kWh

Taulukko 4. Ilmajoen kunnan kuukausittaiset lämmitystarveluvut.

Vuosi	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
2011	766	861	624	348	143	0	0	0	78	344	421	525
2012	777	782	570	451	154	50	0	30	177	407	465	830
2013	749	583	800	460	74	0	0	17	-	-	-	-



Kuvio 11. Normitettu energiankulutus (tammikuu 2011 – elokuu 2013).

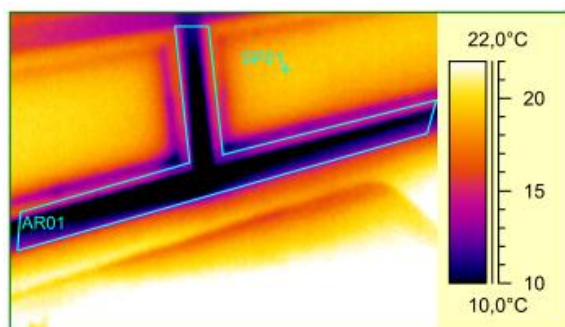
10 POHDINTA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Luvussa 9 todettiin, että rakennus kuluttaa enemmän energiaa kuin mitä sen laskennallisesti pitäisi. Tässä luvussa pohditaan syitä siihen, miksi rakennus kuluttaa enemmän energiaa kuin sen pitäisi.

Rakennuksessa olevat suuret lasiseinät ovat yksi monista syistä rakennuksen korkeaan energian kulutukseen (Kuvio 12). Syrjälä (2013) kertoi, että kesällä aurinko lämmittää suuria lasiseiniä ja samalla lämpötila nousee sisätiloissa huomattavasti. Lasiseinämän alumiinipeitelistan lämpötila putoaa talvella noin 5 °C:n paikkeille (Kuvio 13). Lasiseiniin ei ole energiatehokkuuden parantavia ehdotuksia.



Kuvio 12. Lasiseinä.



Mittauspiste 1	19,4°C
Mittausalue min	5,6°C
Mittausalue max	16,9°C
Mittausalue keskiarv.	11,0°C

Kuvio 13. Lasiseinän alaosa lämpökameralla kuvattuna. (Konsteri 2012)

Syrjälä (2013) kertoi, että maalämpöpumpun toiminnassa on ollut ongelmia. Maalämpöpumppu ei ole toiminut halutulla tavalla ja sähkökattila on ollut talvisin jatkuvassa käytössä. Sähkökattilan kuuluisi lähteä käyttöön vasta -15 °C :n lämpötilassa. Näin ei ole kuitenkaan ollut ja tästä syystä lämmityksessä on kulunut lämpöenergiaa turhaan, koska sähkökattila on vain varalämmitys kylmille ilmoille, jolloin maalämpöpumppu ei yksin riitä tuottamaan tarpeeksi lämpöä.

Syrjälän (2013) mukaan maalämpöpumpun toiminta on saatu kuntoon 2012 syksyllä huoltomiehen säätäessä järjestelmä optimiasetuksiin. Tämä voidaan myös todeta rakennuksen toteutuneesta energiankulutuksesta (Kuvio 10). Lämmitysjärjestelmiin ei ole tällä hetkellä energiatehokkuuden parantavia ehdotuksia.

Ilmanvaihtokoneiden toiminta-aika on päivisin noin 15 tuntia. Ilmanvaihtokoneilla jäähdytetään rakennusta kesäisin, koska rakennuksessa ei ole muuta jäähdytysjärjestelmää. Tästä johtuen ilmanvaihtokoneet on päällä turhan pitkiä aikoja.

Ilmanvaihtojärjestelmän optimilla käyttöaikojen säätämisellä saavutettaisiin energiansäästöä. Näistä toimenpiteistä johtuen kesällä sisälämpötila nousisi ja ihmisten oleskelumukavuus kärsisi. Vaihtoehtoisesti rakennukseen voitaisiin hankkia jäähdytysjärjestelmä parantamaan kesäajan oleskelumukavuutta.

Rakennuksessa on tehty takuuajan korjauksena lämmöneristeiden lisäämistä eteistilojen kattoon (Kuvio 14). Kyseinen puute huomattiin H. Konsterin tekemässä lämpökamerakuvauksessa. Kyseiset korjaustoimenpiteet on suoritettu 2013 vuoden alkupuoliskolla.



Kuvio 14. Lämpöeristeiden korjaukset.

11 POHDINTA

Työn tavoitteena oli käydä läpi energialuvun laskenta uusimpien rakentamismää-
rysten mukaisesti. Uusimpien ohjeiden mukaan suoritettiin energialuvun laskenta
Ilmajoella sijaitsevalle päiväkotirakennukselle.

Energialuvun laskennassa sähköenergian määrään käytetään sähkön energia-
muodon kerrointa, joka on 1,7. Tällä on suuri vaikutus kohteen energialukuun käy-
tettäessä sähkö- tai maalämmitystä. Lämmityksessä kannattaa yrittää käyttää
energiamuotona joko uusiutuvia polttoaineita tai kaukolämpöä energiamuotoker-
toimiensa takia. Näillä saavutetaan suurin hyöty energialukua laskettaessa.

Teoreettinen ostoenergian kulutus kohteelle on $118 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ja teoreettinen
energialuku kohteelle on $201 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Laskennan lopputuloksesta voidaan to-
deta, ettei se täyttäisi rakentamismääräyskokoelman osan D3 asettamia vaati-
muksia uudiskohteelle. Uudisrakennusten määräystaso 2012 vuoden ohjeissa
energialuvulle on $170 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Kohteen toteutuneiden kulutusten ja käytön perusteella laskettiin kohteen os-
toenergiankulutus, joka on $165 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Energiamuodon kerrointa käyttäen
saatiin kohteen nykyiseen käyttöön perustuva energialuku selville, joka on 281
 $\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Laskenta suoritettiin soveltaen päiväkotirakennusten standardiarvoja.

Mielestäni laskettaessa energialukua jo olemassa oleville rakennuksille tulisi ra-
kennuksen todellista kulutusta huomioida laskennassa. Nykylaskentamenetelmä
on täysin teoreettinen eikä se ota huomioon todellista kulutusta lainkaan. Tämän
työn liitteistä voidaan huomata, kuinka rakennuksen todellisella käytöllä ja teoreet-
tisella menetelmällä tulee eri energiatehokkuusluokkaa oleva energiankulutus. Kri-
tisoin lisäksi energiamuotokertoimia, koska esimerkiksi kahdessa yhtä paljon
energiaa kuluttavassa rakennuksessa voi lämmitysjärjestelmästä johtuen tulla eri
energiatehokkuusluokka.

LÄHTEET

Konsteri, H. 2012. Lämpökuvauksen mittausraportti. Julkaisematon.

Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. 4.6.2013. [Verkkosivu]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 13.8.2013]. Saatavana:
http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus

Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. 1.8.2013. [Verkkosivu]. Helsinki: Ilmatieteen laitos. [Viitattu 13.8.2013]. Saatavana:
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Lämmöneristys, ohjeet 2003. 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012. 2013. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Syrjälä, K. 2013. Kiinteistönhoitaja. Ilmajoen kunta. Keskustelu 10.7.2013.

LIITTEET

LIITE 1. Kämpälämäen päiväkodin energiatodistus

LIITE 2. Kämpälämäen päiväkodin toteutuneiden kulutusten ja nykykäytön mukaan laskettu energiatodistus.

ENERGIATODISTUS









Rakennuksen nimi ja osoite: **Käpälämäen päiväkot**
Kalliovuorentie 62
60720 Tuomikylä, Ilmajoki

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistumisvuosi: **2010**

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **6 Opetusrakennukset ja päiväkodit**

Todistustunnus:

	Energiatodistusluokka
A 	
B 	
C 	
D 	 D
E 	
F 	
G 	

Uudisrakennusten määräystaso 2012

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

201 kWh_E/(m²vuosi)

Todistuksen laatija:

Tomi Perkiö

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

21.8.2013

Viimeinen voimassaolopäivä:

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala	1930 m ²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Ilmanvaihdonkoneet LTO:lla

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	227374	117.8	1.7	200.3
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				201

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko

Luokkien rajat asteikolla

A (<=70)	B (<=110)	C (<=170)
D (<=230)	E (<=300)	F (<=360)
G (>360)		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

D

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

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

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

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	6 Opetusrakennukset ja päiväkodit			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2010	Lämmitetty nettoala	1930	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ³ /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	1053	0.24	253	
Yläpohja	1930	0.15	290	
Alapohja	1930	0.24	463	
Ikkunat	461	1.3	599	
Ulko-ovet	50	0.8	40	
Kylmäsiillat	-	-	92	
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	164	1.3	0.6	
Koillinen	0	0	0	
Itä	20	1.3	0.59	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	111	1.3	0.6	
Lounas	0	0	0	
Länsi	166	1.3	0.63	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Ilmanvaihtokoneet LTO:lla			
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
	(m ³ /s)/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)	-	°C
TK301	2.15/1.9	2.79	0.6	
TK302	1.3/1.3	2.84	0.6	
TK303	1/1.05	2.38	0.6	
WC tilat	0.72/0.8	2.5	0.6	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60%				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2)
	-	-	-	kWh/(m ² vuosi)
Vesikiertoinen lattialämmitys (1930m ²)	-	0.8	2.5	2.5
LKV:n valmistus	-	0.83	2.3	-
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä	Tuotto		
	kpl	kWh		
Varaava tullisija		0		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus	Lämmitysenergian nettotarve		
	dm ³ /(m ² vuosi)	kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	187.98	10.97		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m²		
Henkilöt	0.6	14		
Kuluttajalaitteet	0.6	8		
Valaistus	0.6	18		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	6 Opetusrakennukset ja päiväkodit			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2010			
Lämmitetty nettoala, m ²	1930			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	201			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	227374	1.7	386536	200.3
YHTEENSÄ	227374		386536	201
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
		227552	117.9	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	89.44	-
Tuloilman lämmitys		0	26.91	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		1.36	14.66	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		19.18	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0.0	0.0	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus		32.54	-	-
YHTEENSÄ		55.58	131	
1) Ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		138098	71.55	
Ilmanvaihtojärjestelmän lämmitys (3)		51927	26.91	
Lämpimän käyttöveden valmistus		21163	10.97	
Jäähdytys		0.0	0.0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		66733	34.6	
Henkilöt		33814	17.5	
Kuluttajalaitteet		19322	10	
Valaistus		43475	22.5	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		1394	0.7	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		CADS Planner 16.0		

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergiämäärät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m²

1930

Ostettu energia

Kaukolämpö

Kokonaissähkö

Kiinteistö sähkö

Käyttäjäsähkö

Kaukojäähdytys

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

407861

211.33

Ostetut polttoaineet (1)

Polttoaineen
määrä
vuodessa

Yksikkö

Muunnos-
kerroin
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Kevyt polttoöljy

Pilkkeet (havu- ja sekapuu)

Pilkkeet (koivu)

Puupelletit

litra

10

pino-m³

1300

pino-m³

1700

kg

4.7

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

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä

Kaukolämpö yhteensä

Polttoaineet yhteensä

Kaukojäähdytys

YHTEENSÄ

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

407861

211.33

407861

211.33

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

ENERGIATODISTUS

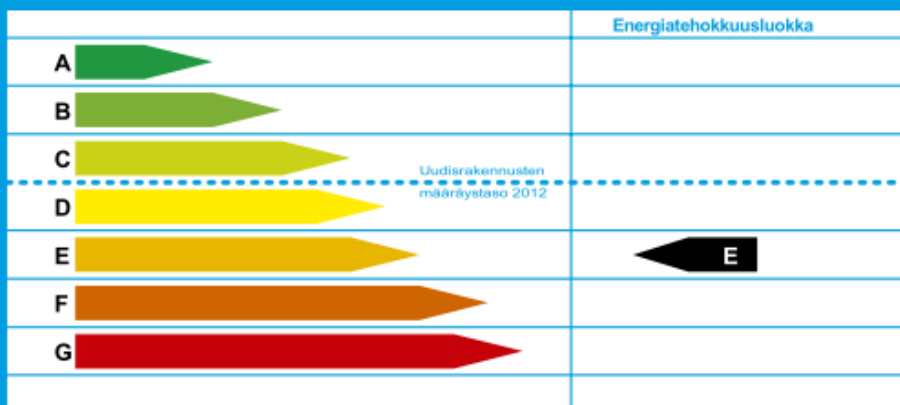
Rakennuksen nimi ja osoite: **Käpälämäen päiväkot**
Kalliovuorentie 62
60720 Tuomikylä, Ilmajoki

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistumisvuosi: **2010**

Rakennuksen käyttötarkoituksluokka: **6 Opetusrakennukset ja päiväkodit**

Todistustunnus:



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

281 kWh_E/(m²vuosi)

Todistuksen laatija:

Tomi Perkiö

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

31.7.2013

Viimeinen voimassaolopäivä:

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala	1930 m ²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Ilmanvaihtokoneet LTO:lla

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	318781	165.2	1.7	280.8
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				281

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelustaieikko

Luokkien rajat asteikolla

A (<=70)	B (<=110)	C (<=170)
D (<=230)	E (<=300)	F (<=360)
G (>360)		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E

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

ENERGIAEHOVUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

ILMANVAIHTOKONEET: Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen säätäminen optimitasolle. Nykyisellään ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ovat turhan pitkiä.

MAALÄMPÖPUMPPU: Toiminnan tarkkaileminen.

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

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	6 Opetusrakennukset ja päiväkodit			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2010	Lämmitetty nettoala	1930	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ³ /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	1053	0.24	253	
Yläpohja	1930	0.15	290	
Alapohja	1930	0.24	463	
Ikkunat	461	1.3	599	
Ulko-ovet	50	0.8	40	
Kylmäsiillat	-	-	92	
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	164	1.3	0.6	
Koillinen	0	0	0	
Itä	20	1.3	0.59	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	111	1.3	0.6	
Lounas	0	0	0	
Länsi	166	1.3	0.63	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Ilmanvaihtokoneet LTO:lla			
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätyminenesto
	(m ³ /s)/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)	-	°C
TK301	2.15/1.9	2.79	0.6	
TK302	1.3/1.3	2.84	0.6	
TK303	1/1.05	2.38	0.6	
WC tilat	0.72/0.8	2.5	0.6	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60%				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2)
	-	-	-	kWh/(m ² vuosi)
Vesikiertoinen lattialämmitys (1930m ²)	-	0.8	2.5	2.5
LKV:n valmistus	-	0.83	2.3	-
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä	Tuotto		
	kpl	kWh		
Varaava tulisija		0		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus	Lämmitysenergian nettotarve		
	dm ³ /(m ² vuosi)	kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	201.87	11.78		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m²		
Henkilöt	0.6	14		
Kuluttajalaitteet	-	2.7		
Valaistus	-	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	6 Opetusrakennukset ja päiväkodit			
Rakennuksen valmistusvuosi	2010			
Lämmitetty nettoala, m ²	1930			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	281			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	318781	1.7	541928	280.8
YHTEENSÄ	318781		541928	281
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		kWh/vuosi 214815	kWh/(m ² vuosi) 111.3	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	70.37	-
Tuloilman lämmitys		0	37.67	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		1.36	15.63	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		26.85	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0.0	0.0	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus		75.65	-	-
YHTEENSÄ		106.37	123.67	
1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		108652	56.3	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		72698	37.67	
Lämpimän käyttöveden valmistus		22727	11.78	
Jäähdytys		0.0	0.0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa 3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		67729	35.1	
Henkilöt		33814	17.5	
Kuluttajalaitteet		44925	23.3	
Valaistus		101079	52.4	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		1394	0.7	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		CADS Planner 16.0		

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergiamäärät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m²

1930

Ostettu energia

Kaukolämpö

Kokonaissähkö

Kiinteistö sähkö

Käyttäjäsähkö

Kaukojäähdytys

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

407861

211.33

Ostetut polttoaineet (1)

Polttoaineen
määrä
vuodessa

Yksikkö

Muunnos-
kerroin
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Kevyt polttoöljy

Piikheet (havu- ja sekapuu)

Piikheet (koivu)

Puupelletit

litra

pino-m³

pino-m³

kg

10

1300

1700

4.7

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

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä

Kaukolämpö yhteensä

Polttoaineet yhteensä

Kaukojäähdytys

YHTEENSÄ

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

407861

211.33

407861

211.33

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista säätöolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioltu. 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.