



Matias Mäkeläinen

## **ASUINKERROSTALON ENERGIAEHIKUUDEI**

### **TARKASTEI**

# **ASUINKERROSTALON ENERGIAEHOVUUDEN**

## **TARKASTELU**

Matias Mäkeläinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-suunnittelu

---

Tekijä: Matias Mäkeläinen  
Opinnäytetyön nimi: Asuinkerrostalon energiatehokkuuden tarkastelu  
Työn ohjaaja: Pirjo Kimari  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 45 + 3 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia Kirkkonummelle vuonna 2012 rakennettavan kuusikerroksisen kaukolämmitetyn asuinkerrostalon energiatehokkuutta vuonna 2012 voimaan tulevien energiamääräysten mukaan. Työssä selvitettiin, täyttääkö kaukolämmitetty asuinkerrostalo uuden energialuvun mukaiset vaatimukset uusien vuonna 2012 voimaan tulevien rakentamismääräyskokoelmien osien D3 ja D5 mukaan. Rakentamismääräyskokoelmien mukaan tutkittava asuinkerrostalo täyttää energiamääräykset, kun energialuku eli E-luku on alle 130 kWh/m<sup>2</sup>a. Lisäksi työssä kartoitettiin energialuvun parantamismahdollisuuksia.

Työssä esitetään rakennuksen lähtötietojen avulla jäähdytystarvetarkastelu, energialuvun laskentamenetelmien eri vaiheet ja lopuksi energialuvun parantamismahdollisuudet. Jäähdytystarvetarkastelu suoritettiin IDA-ICE-ohjelmalla. Energialuvun laskentamenetelmien eri vaiheet ovat seuraavat: rakennuksen lämmitysenergian nettotarve, laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus, lämpökuormat, lämmitysjärjestelmän energiankulutus, ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, rakennuksen ostoenergiankulutus ja E-luku. Energialuvun määrittämiseen käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa ja rakentamismääräyskokoelman osien D3 ja D5 määräyksiä ja ohjeita. Ilmanvaihtokoneiden ominaissähköteho, lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ja rakennusvaipan ilmanvuotoluku olivat energialuvun pienentämiskeinoja.

Laskentamallista saatujen tulosten perusteella kaukolämmitetty asuinkerrostalo ylittää uusien energiamääräysten mukaiset vaatimukset. Laskentamallin asuinkerrostalon energialuvuksi saatiin 137,6 kWh/m<sup>2</sup>a. Energialuvun suuruuteen vaikutti, että kyseinen rakennus sai rakennusluvan ennen uusia määräyksiä. Energialuvun pienentämiskeinojen jälkeen energialuvuksi saatiin 117,8 kWh/m<sup>2</sup>a. Laskelmista voidaan todeta, että asuinkerrostaloissa ilmanvaihdolla on merkittävä vaikutus energialukuun. Uusien painotettujen lämmitysenergiakertoimien perusteella voidaan todeta, että lämmitysmuotona kaukolämpö ja uusiutuvat polttoaineet ovat hyviä ratkaisuja asuinkerrostalon lämmitysmuodoiksi.

---

Asiasanat: energialuku, energiankulutus, energiatehokkuus

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLTÖ	4
TERMI- JA SYMBOLILUETTELO	6
1 JOHDANTO	12
2 LÄHTÖTIEDOT JA LASKENTAMENETELMÄT	13
2.1 Sää tiedot	13
2.2 Kohteen pinta-alat, tilavuudet, käyttötarkoitusluokka ja rakenteet	13
2.3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	14
2.4 Ilmanvaihto ja vuotoilma	14
2.5 Käyttö- ja käyntiajat	14
2.6 Laskentamenetelmät	14
3 JÄÄHDYTYSTARVETARKASTELU	15
3.1 Kesäajan huonelämpötilan hallinta	15
3.2 Lämpötilalaskennat IDA-ICE-ohjelmalla	15
4 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE	17
4.1 Rakenteiden läpi johtuva lämmitysenergia	17
4.2 Vuotoilman lämpöhäviöt	18
4.3 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve	19
4.4 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve	20
4.5 Ilmanvaihdesta talteenotettu energia	21
4.6 Käyttöveden lämmityksen nettotarve	22
4.7 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	23
5 LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS	25
5.1 Laitteiden sähköenergian kulutus	25
5.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus	26
6 LÄMPÖKUORMAT	27
6.1 Henkilöiden luovuttama lämpökuorma	27
6.2 Valaistuksen ja sähkölaitteiden lämpökuorma	28
6.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia	28
6.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma	30

6.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia	30
7 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS	33
7.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämpöenergian tarve	33
7.2 Lämpimän käyttöveden lämmitys	34
7.3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	35
8 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄHKÖENERGIANKULUTUS	37
9 RAKENNUKSEN OSTOENERGIAN KULUTUS JA ENERGIALUKU	38
9.1 Rakennuksen ostoenergian kulutus	38
9.2 Rakennuksen E-luku	39
10 ENERGIALUVUN PARANTAMISMAHDOLLISUUDET	42
10.1 Ilmanvaihtokoneiden ominaissähköteho	42
10.2 Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	42
10.3 Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	42
11 YHTEENVETO	44
LÄHTEET	45
LIITTEET	
Liite 1 Asuinkerrostalon energiankulutuksen laskentamalli	
Liite 2 Jäähdytystarvetarkastelu ikkunoiden ollessa kiinni	
Liite 3 Jäähdytystarvetarkastelu ikkunoiden ollessa auki	

## TERMI- JA SYMBOLILUETTELO

Laskentakaavoissa käytetään seuraavassa esitettyjä suureita ja yksiköitä.

$A_{ap}$	maanvastaisen alapohjan pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{aurinkokeräin}$	kiertopiiriin kytkettyjen keräimien pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{huone}$	valaistavan tilan huonepinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{netto}$	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>
$A_i$	rakennusosan pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{ikk}$	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys ja karmirakenteineen), m <sup>2</sup>
$A_{ikk, valoaukko}$	ikkunan valoaukon pinta-ala, m <sup>2</sup>
$A_{vaippa}$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m <sup>2</sup>
$a$	numeerinen parametri, joka riippuu rakennuksen aikavakiosta
$\beta$	valaistuksen alenemakerroin
$C_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)
$C_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kgK)
$C_{rak}$	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
$E$	rakennuksen energialuku, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$E_{max}$	uudisrakennetun erillis pien, rivi- ja ketjutalon maksimi energialuvun arvo, kWh/a
$E_{osto}$	rakennuksen ostoenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$E_{valaistus}$	tilan valaistusvoimakkuus, lx
$e_{tilat}$	apulaitteiden ominaiskulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$F_{kehä}$	kehäkerroin
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
$F_{sivuvarjostus}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin
$F_{suunta}$	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi
$F_{varjostus}$	varjostusten korjauskerroin
$F_{verho}$	verhokerroin
$F_{ylävarjostus}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin
$F_{ympäristö}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin (esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut)

$f$	valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin
$f_{\text{kaukojäähdytys}}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin
$f_{\text{kaukolämpö}}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin
$f_{\text{polttoaine}}$	polttoaineen energiamuodon kerroin
$f_{\text{sähkö}}$	sähkön energiamuodon kerroin
$G_{\text{säteily, pystypinta}}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$G_{\text{säteily, vaakapinta}}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$g$	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
$g_{\text{kohtisuora}}$	ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin
$H$	rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K
$J$	kerroin, joka jakaa lämpöenergian eri kuukausille riippuen maalajista, W/K
$k$	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste
$K_{\text{aurinkokeräin}}$	keräinten suuntauksen huomioon ottava kerroin
$L$	meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa, m
$L_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus, m
$l_k$	rakennusosien välisten liitosten aiheuttaman lineaarisen kylmäsilan pituus, m
$n$	henkilöiden lukumäärä
$n_{50}$	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
$\eta$	valaistushyötysuhde
$\eta_a$	lämmön talteenoton vuosihyötysuhde
$\eta_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde
$n_{\text{lämmityslaitte}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$	lämmitysjärjestelmän hyötysuhde tilojen lämmityksessä
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien hyödyntämistäaste
$\eta_t$	ilmanvaihdon lämmön talteenoton lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilasuhde
$\eta_{t, a}$	lämmön talteenoton tuloilman vuotuinen lämpötilasuhde
$\eta_{\text{tuotto}}$	lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä
$\eta_{\Phi}$	lamppujen valotehokkuus, lm/W
$P$	lämpökuorma, W/m <sup>2</sup>

$P_e$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho, kW
$P_{es}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$P_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pumpun ottoteho, W
$P_{pumppu, i}$	yksittäisen pumpun teho, W
$P_{sokkeli}$	sokkelieristyksen pituus, m
$P_{valaistus}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum <sup>2</sup>
$p_s$	ilmaan siirtyvän lämpötehon ja puhaltimen sähkötehon suhde
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_v$	veden tiheys, 1 000 kg/m <sup>3</sup>
$Q$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
$Q_{alapohja}$	johtumislämpöhäviö alapohjan läpi, kWh
$Q_{aur}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
$Q_{aurinko}$	aurinkokeräimellä tuotettu lämmitysenergia, kWh
$Q_{henk}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{ikkuna}$	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
$Q_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{jakelu, ulos}$	lämmönjaon lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{joht}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{jäähdytys}$	jäähdytysjärjestelmän lämpöenergian (kaukojäähdytyksen) kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{korvausilma}$	korvausilman lämpeneminen tilassa, kWh
$Q_{kylmäsililat}$	rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviö, kWh
$Q_{laitteet}$	laitteiden vuotuinen energiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon häviö, kWh
$Q_{lkv, netto}$	käyttöveden lämmityksen nettotarve, kWh
$Q_{lkv, netto}$	lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarve, kWh/a
$Q_{lkv, varastointi}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin häviö, kWh
$Q_{lto}$	ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh
$Q_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän lämmitysenergian kulutus, kWh
$Q_{lämmitys, iv}$	Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutus, kWh
$Q_{lämmitys, lkv}$	lämpimän käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{lämmitys, tilat}$	tilojen lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, netto}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh/a



$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{netto-kaukojäähdytys}}$	kaukojäähdytyksen kulutus, josta on vähennetty kaukojäähdytysverkkoonviety energia
$Q_{\text{netto-kaukolämpö}}$	kaukolämmön kulutus, josta on vähennetty kaukolämpöverkkoon viety energia
$Q_{\text{maa, kuukausi}}$	maanvastaisen alapohjan kautta johtuva kuukausittainen lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{ovi}}$	johtumislämpöhäviö ovien läpi, kWh
$Q_{\text{polttoaine}}$	polttoaineen sisältämän energian kulutus
$Q_{\text{sis, lämpö}}$	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{\text{säh}}$	sähkölaitteista ja valaistuksesta rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma, kWh
$Q_{\text{tila}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{tulisija}}$	varaavan tulisijan tuottama lämmitysenergia, kWh
$Q_{\text{tuloilma}}$	tuloilman lämpeneminen tilassa, kWh
$Q_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{\text{valaistus}}$	valaistuksen vuotuinen energiankäyttö, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia, kWh
$Q_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöhäviö yläpohjan läpi, kWh
$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )
$q_{\text{aurinkokeräin}}$	aurinkokeräimen energiantuotto käyttöveden keräinpinta-alaa kohden, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$q_{\text{jakeluhäviöt, ulos}}$	lämmönjaon ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/(ma)
$q_{\text{v, korvausilma}}$	korvausilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{\text{v, poisto}}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{\text{v, puhallin}}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{\text{v, tulo}}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$q_{\text{v, vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$R$	tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan
$T_{\text{kv}}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{\text{lto}}$	lämmön talteenotto laitteen jälkeinen lämpötila
$T_{\text{s}}$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{\text{sp}}$	sisään puhalluslämpötila, °C

$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\check{T}_u$	vuoden maksimi- ja minimiulkolämpötilojen erotus jaettuna kahdella, °C
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk
$t_{d, \text{henk}}$	rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte, h/24h
$t_{v, \text{henk}}$	rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte, vrk/7vrk
$t_{\text{pumppu, i}}$	pumpun käyttöaika, h
$t_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pumpun käyttöaika, h/vrk
$\tau$	rakennuksen aikavakio, h
$\tau_d$	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa, h/24h
$\tau_w$	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, vrk/7vrk
$U_i$	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$U_{\text{ap}}$	maanvastaisen alapohjan lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$V$	rakennuksen ilmatilavuus, m <sup>3</sup>
$V_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$V_{\text{lkv, omin}}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> vuodessa
$V_{\text{lkv, omin, henk}}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> henkilöä kohti vuorokaudessa
$W_{\text{aurinko, pumput}}$	aurinkokeräinten pumppujen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{jäähdytys}}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{\text{laitteet}}$	laitteiden sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{lkv, kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho W/m
$W_{\text{lkv, lämmitys}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$W_{\text{lkv, pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$W_{\text{netto-verkkosähkö}}$	verkkosähkön kulutus, josta on vähennetty verkkoon viety sähkö
$W_{\text{tilat}}$	lämmitysjärjestelmän apulaitteiden, kuten kiertopumput, säätölaitteet yms. sähkönkulutus, kWh
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 25, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeammille rakennuksille 15

$x_j$	rakennusosien välisten liitosten aiheuttama lisäkonduktanssi, W/K
$\gamma$	lämpökuorman suhde lämpöhäviöön
$\Psi_k$	rakennusosien välisten liitosten aiheuttaman lineaarisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K)
$\Delta T$	puhaltimen ilmavirran lämpötilaa nostava vaikutus, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
$\Delta t_{iv}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h
$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
$\Delta t_{valaistus}$	valaistuksen käyttöaika, h
$\Delta t_{vrk}$	ajanjakson pituus, vrk
$\phi_{henk}$	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho, W/henkilö

# 1 JOHDANTO

Vuonna 2012 Suomen rakentamismääräyskokoelman energiatehokkuusmääräykset uudistuvat, jolloin uudisrakentamisessa siirrytään kokonaisenergiatarkasteluun. Rakennuksen kokonaisenergiakulutukseen määrätään rakennustyyppikohtainen yläraja, joka ilmaistaan niin sanotulla E-luvulla. Energiatehokkuuslaskennan uudistuvat määräyskokoelman osat ovat rakennusten lämmöneristys C4, sisäilmasto ja ilmanvaihto D2, energiatehokkuus D3 ja energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta D5. Tämä opinnäytetyö pohjautuu jo käyttöön otettuun ja allekirjoitettuun rakentamismääräyskokoelman osaan D3 sekä luonnosvaiheessa olevaan rakentamismääräyskokoelman osaan D5.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan asuinkerrostalon energiatehokkuutta uudistuvien rakentamismääräyskokoelmien osien D3 ja D5 ohjeiden ja määräysten mukaisesti. Työn tavoitteena oli tutkia muuttuneita ohjeita ja määräyksiä käyttäen apuna IDA-ICE sekä Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Työssä tarkastellaan myös energialuvun eli E-luvun parantamismahdollisuuksia.

Työn kohteena oli Kirkkonummelle vuonna 2012 rakennettava kuusikerroksinen asuinkerrostalo, jonka lämmitysmuotona tullaan käyttämään kaukolämmitystä. Työ aloitettiin selvittämällä Excel-taulukkolaskentaohjelmalla (liite 1) rakennuksen E-luku rakentamismääräyskokoelmien osien D3 ja D5 kuukausitason laskennan mukaisesti. Työssä tarkasteltiin myös laskennallisesti, pysyvätkö huonelämpötilat kesällä rakentamismääräyskokoelman osan D3 sallimissa rajoissa ilman jäähdytystä, käyttäen apuna IDA-ICE-ohjelmaa. Työ tehtiin LVI-suunnittelutoimisto J. Taskinen Oy:lle, joka suunnittelee rakennuksen LVI-laitteistot.

## 2 LÄHTÖTIEDOT JA LASKENTAMENETELMÄT

### 2.1 Sää tiedot

Asunto Oy Masalan Tähti rakennetaan Kirkkonummen Masalaan, Ratavallin alueelle. Laskentamenetelmässä on käytetty säävyöhykkeen 1, Helsinki-Vantaa kuukausittaisia ulkoilman lämpötiloja ja auringon kokonaissäteilyenergian arvoja pystypinnoille. (1, s. 30.)

### 2.2 Kohteen pinta-alat, tilavuudet, käyttötarkoitusluokka ja rakenteet

Asuinhuoneistoja on kaikkiaan 34 kuudessa kerroksessa. Kiinteistöön kuuluu kaksi liikehuoneistoa, jotka sijoittuvat pohjakerrokseen. Rakennuksen lämmitetty nettoala, joka lasketaan lämmitettyjen kerrostasojen summana, kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpinnat mukaan laskettuna, on 2 664 m<sup>2</sup>. Rakennuksen tilavuus on 5 818 m<sup>3</sup>. Kiinteistö kuuluu käyttötarkoitusluokkaan 2: Asuinkerrostalot. Käyttötarkoitusluokkaan 2 kuuluvien kiinteistöjen suurin sallittu energiatehokkuusluku eli E-luku on 130 kWh/m<sup>2</sup>. (1, s. 9.)

Rakennuksen pinta-alat rakenteittain ja lämmönjohtavuusarvot on esitetty taulukossa 1. Rakennuksen alapohja on ryömintätilaan rajoittuva, jolloin tuuletusaukojen määrä saa olla enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Alapohjan rajoituksessa tuuletettuun ryömintätilaan lasketaan sen kautta johtuva energia ulkoilmaan maan lämmönvastus ja tuuletustilan lämmönvastus huomioon ottaen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaisesti. (2, s. 19.)

TAULUKKO 1. Rakenteiden pinta-alat ja lämmönjohtavuudet

Rakenne	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)
Seinät	1375	0,17
Ikkunat koillinen	124	1
Ikkunat Kaakko	123	1
Ikkunat lounas	62	1
Ikkunat luode	106	1
Ovet	103	1
Yläpohja	515	0,09
Alapohja	515	0,15

### **2.3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät**

Kiinteistön lämmitysmuotona tullaan käyttämään kaukolämpöä. Huoneistojen lämmitys toteutetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä. Rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti käyttötarkoituusluokkaan 2 kuuluviin rakennuksiin täytyy määrittää kesäajan huonelämpötilojen jäähdytyksen tarve. Jäähdytystarvetarkastelu suoritetaan seuraavassa pääluvussa. Huonelämpötilan asetusarvona käytettiin 21 °C:ta. (1, s. 10, 18.)

### **2.4 Ilmanvaihto ja vuotoilma**

Rakennuksessa on huoneistokohtainen koneellinen, lämmöntalteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmanvaihto. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena käytettiin 53 %. Rakennuksen tulo- ja poistoilmavirrat on laskennassa asetettu yhtä suuriksi, 1,0656 m<sup>3</sup>/s. Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana käytettiin rakentamismääräyskokoelman D5 mukaista lämpötilaa 18 °C:ta. Rakennuksen ilmanvuotolukuna käytettiin 4,0 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. (1, s. 18; 2, s. 23.)

### **2.5 Käyttö- ja käyntiajat**

Huoneistokohtaisiin ilmanvaihtokoneisiin asetettiin käyntiajaksi 24 tuntia viikon jokaisena päivänä. Laitteiden, valaistuksen ja henkilöiden käyttö- ja oleskeluajat määriteltiin rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan. (1, s. 19.)

### **2.6 Laskentamenetelmät**

Seuraavissa luvuissa on esitelty ohjeet ja tulokset jäähdytystarve laskennalle sekä energiantarpeen ja energialuvun laskennalle käyttäen laskentamallina olevaa asuinkerrostaloa. Laskentamenetelmät etenevät järjestelmällisesti alkaen luvusta 3, jossa esitellään saadut tulokset jäähdytystarvetarkastelusta IDA-ICE-ohjelmaa hyödyksi käyttäen. Energiatehokkuus laskennasta saadut tulokset ja ohjeet esitetään luvusta 4 alkaen ja päättyen lukuun 9. Energiatehokkuus laskennassa on käytetty apuna Oulun seudun ammattikorkeakoulussa opiskelleen Jarkko Revon tekemää Excel-malli laskentaohjelmaa, jota hän käytti omassa opinnäytetyössään (3).

## 3 JÄÄHDYTYSTARVETARKASTELU

### 3.1 Kesäajan huonelämpötilan hallinta

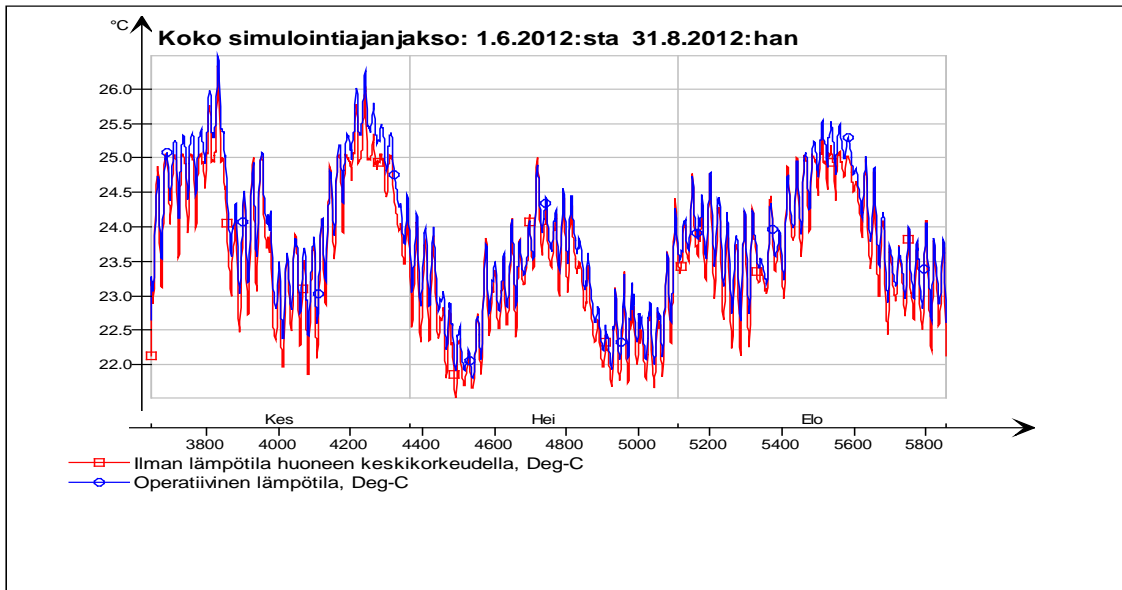
Käyttötarkoitukseluokkaan 2 kuuluviin rakennuksiin täytyy rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan määrittää kesäajan huonelämpötilojen lämpötilalaskennat. Rakennus tulisi suunnitella ja rakentaa siten, etteivät tilat lämpenisi haitallisesti. Rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja käytetään tilojen ylläpitämisen estämiseksi. Näitä keinoja ovat esimerkiksi auringonsuojaustratkaisut, lasipintojen koko ja suuntaus sekä rakennuksen massoittelu. (1, s. 9–10.)

Kesäajan huonelämpötilojen lämpötilalaskennat tehdään tilatyypeille, joissa on eniten lämpökuormia, esimerkiksi etelä- tai länsijulkisivujen tilat, suurilla lasipinoilla varustetut tilat tai suuren laitekuorman tilat. Asuinkerrostaloissa lämpötilalaskennassa otetaan tarkasteluun vähintään yksi lämpökuormiltaan suurin makuuhuone ja olohuone. (1, s. 10.)

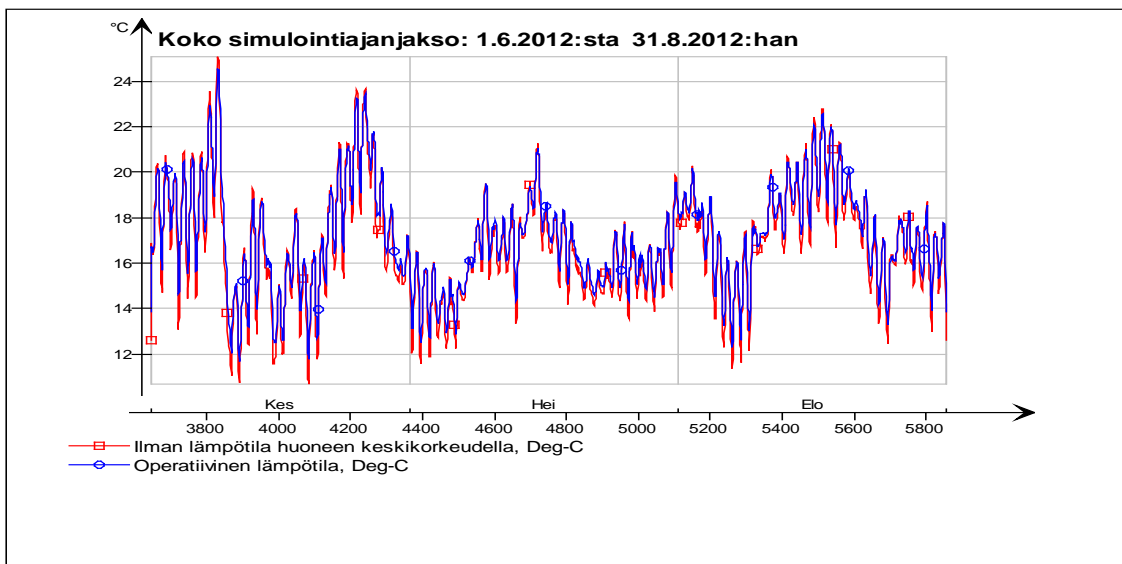
### 3.2 Lämpötilalaskennat IDA-ICE-ohjelmalla

Laskentamallina olleen asuinkerrostalon kesäajan huonelämpötilojen lämpötilalaskennat tehtiin IDA-ICE-ohjelmaa hyödyksi käyttäen. Laskennassa käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D3 arvoja huonelämpötilojen asetusarvoille, käyttöajan ilmanvaihtomäärille sekä sisäisille lämpökuormille. Lämpötilalaskennat suoritettiin 1. kesäkuun ja 31. elokuun välisenä aikana, jolloin huonelämpötila ei saa ylittää jäähdytysrajan arvoa enemmän kuin 150 astetuntia. (1, s. 18–19; 1, s. 9.)

Laskennassa otettiin tarkasteluun rakennuksen viimeinen eli kuudes kerros, jossa asuinpinta-alaa oli yhteensä 284 m<sup>2</sup>. Sää tiedoiksi ohjelmasta valittiin vuoden 1979 Helsinki sää tiedot. Huonelämpötilojen lämpötilalaskennat suoritettiin kahdella tavalla: ikkunoiden ollessa kiinni (liite 2) sekä ikkunoiden ollessa täysin auki (liite 3). Laskentamallina olleen asuinkerrostalon kuudennen kerroksen huonelämpötilat ikkunoiden ollessa kiinni on esitetty kuvassa 1 ja huonelämpötilat ikkunoiden ollessa auki kuvassa 2.



KUVA 1. Huonelämpötilat ikkunoiden ollessa kiinni



KUVA 2. Huonelämpötilat ikkunoiden ollessa auki

Asuinkerrostalojen energialaskennassa käytettävä jäähdytysrajan arvo on 27 °C:ta. Edellä esitetyistä kuvista voidaan todeta, että kummassakaan tapauksessa operatiivinen lämpötila ei ylitä jäähdytysrajan arvoa enemmän kuin 150 astetta. Kesäajan huonelämpötilat pysyvät määräysten sallimissa rajoissa, joten jäähdytysjärjestelmien käyttäminen rakennuksessa on tarpeetonta.



## 4 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

### 4.1 Rakenteiden läpi johtuva lämmitysenergia

Lämmitysenergian tarpeen laskenta aloitetaan määrittämällä eri rakenteille niille ominaiset lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot. Lämmönläpäisykertoimet voidaan laskea esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan C4 tai vaihtoehtoisesti vastaavien SFS-EN-standardien mukaisesti. Rakenneosien rakenteiden läpi johtuva lämmitysenergia lasketaan näiden lämmönläpäisykertoimien avulla rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 1–4. (2, s. 17–18; 1, s. 12.)

Ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt rakennusosittain lasketaan kaavalla 1. Kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt rakennusosien välisissä liitoksissa lasketaan kaavalla 2. Maanvastaisen alapohjan kautta johtuva lämpöhäviö lasketaan kaavalla 3. Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi summataan rakennusosittain kaavalla 4.

$$Q = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta T / 1000 \quad \text{KAAVA 1}$$

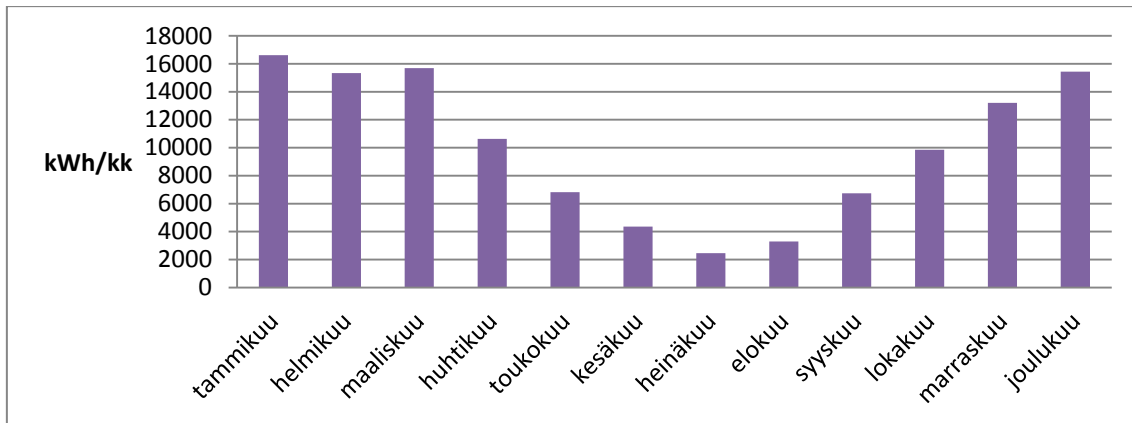
$$Q_{\text{kylmäsilto}} = (\sum_k l_k \Psi_k + \sum_j x_j) (T_s - T_u) \Delta T / 1000 \quad \text{KAAVA 2}$$

$$Q_{\text{maa,kuukausi}} = [U_{ap} A_{ap} (T_s - T_u) + J P_{\text{sokkeli}} \hat{T}_u] \Delta T / 1000 \quad \text{KAAVA 3}$$

$$Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinä}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkuna}} + Q_{\text{ovi}} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$+ Q_{\text{kylmäsilto}}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset johtumishäviöt on esitetty kuvassa 3. Rakenteiden pinta-alat ja lämmönjohtavuudet esiteltiin aiemmin taulukossa 1. Rakennuksen alapohja on ryömintätilaan rajoittuva. Viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamalle lisäkonduktanssille käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjearvoja (2, s. 18).



KUVA 3. Rakenteiden läpi johtuvat lämpöhäviöt

#### 4.2 Vuotoilman lämpöhäviöt

Sisään rakenteiden epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpenemisen tarvitsema energia lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 5-7. (2, s. 20–21.)

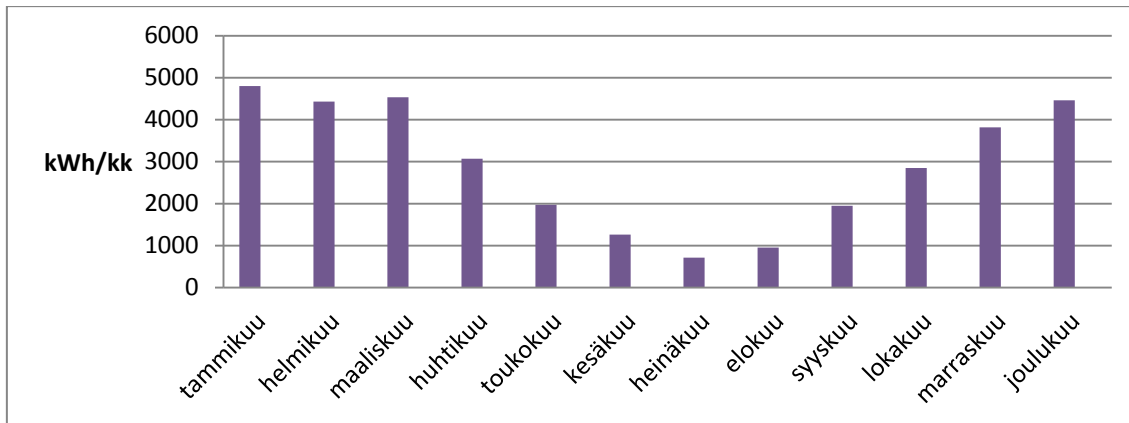
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun laskennassa käytetään kaavaa 5. Vuotoilmavirta rakennusvaipan läpi lasketaan kaavalla 6. Vuotoilmavirran lämpenemiseen tarvitsema energia voidaan laskea kaavalla 7.

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} V \quad \text{KAAVA 5}$$

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 7}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset vuotoilman tarvitsemat lämmitysenergiat on esitetty kuvassa 4. Rakennuksen vuotoilmavirtana käytettiin  $4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , kertoimen  $x$  arvona 15 ja rakennusvaipan pinta-alana  $2\,923 \text{ m}^2$ . (2, s. 20–21.)



KUVA 4. Vuotoilman lämmitysenergian tarve

### 4.3 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

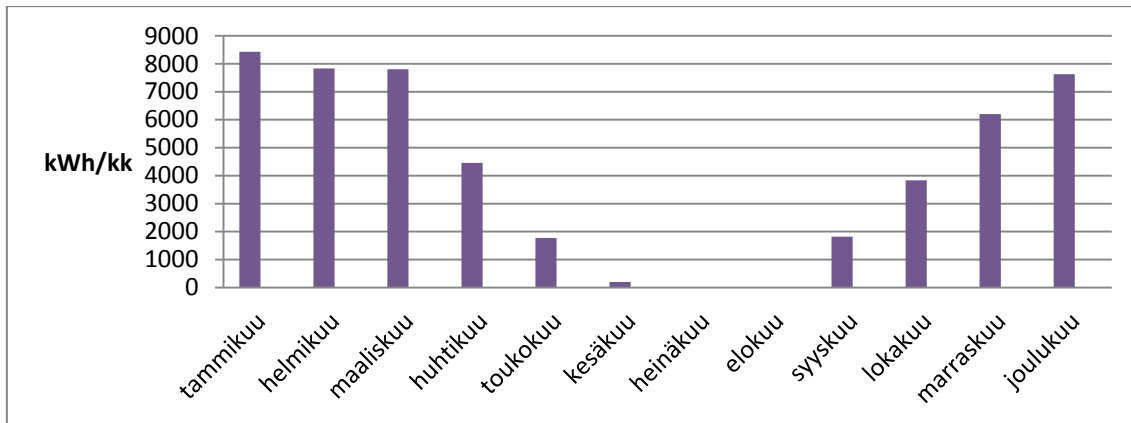
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve voidaan laskea tässä luvussa esitetyllä menetelmällä vain silloin, kun on kyse järjestelmästä, jossa käytetään vakioilmamäärää ja ilmankäsittelyprosessi koostuu vain ilman lämmityksestä. Mikäli tähän ilmankäsittelyprosessiin sisältyy jäähdytystä ja kostutusta tai ilmanvaihtojärjestelmä on ilmamääräsäätöinen, laskettavaan energiantarpeeseen käytetään muuta menetelmää. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoja 8–9 käytetään ilmanvaihdon lämmitysenergian tarpeen laskennassa. (2, s. 22.)

Tuloilman lämpötila lämmön talteenoton jälkeen lasketaan kaavalla 8. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, jossa tarkastellaan lämmön talteenoton jälkeisen tuloilman tarvitsema energia sisään puhalluslämpötilaan, lasketaan kaavalla 9.

$$T_{lto} = T_u + \eta_{t,a}(T_s - T_u) \quad \text{KAAVA 8}$$

$$Q_{iv} = \frac{\rho_i c_{p,i} t_a t_v q_{v,tulo} (T_{sp} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad \text{KAAVA 9}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeet on esitetty kuvassa 5. Ilmanvaihtokoneissa on lämmön talteenotto, joiden vuosihyötysuhteina käytettiin 53 % ja käyttöaikoina käytettiin 24 tuntia viikon jokaisena päivänä. Tuloilmavirtana käytettiin 1,0656 m<sup>3</sup>/s. Rakennuksen sisälämpötilana käytettiin 21 °C:ta ja tuloilman sisänpuhalluslämpötilana 18 °C:ta.



KUVA 5. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

#### 4.4 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

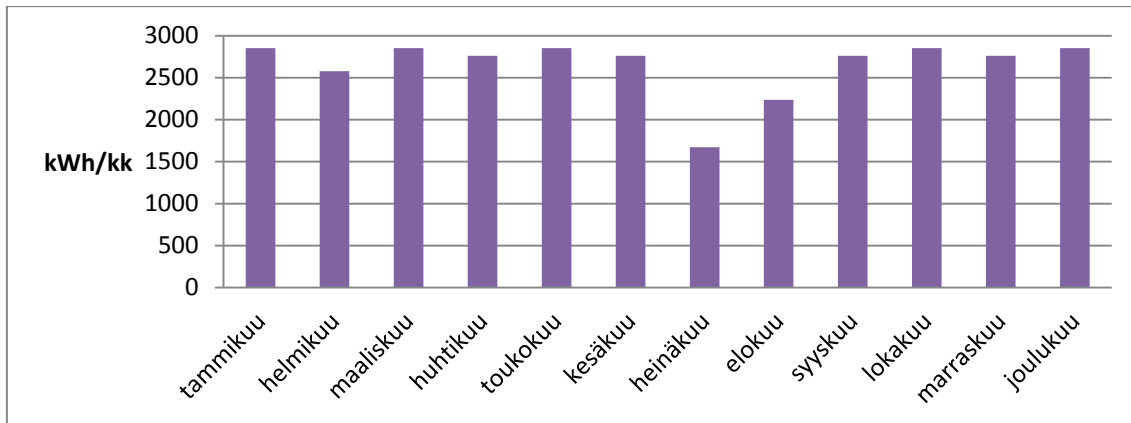
Tuloilman lämpenemisen tarvitsema energia lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle. Korvausilman sekä tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 10–11. (2, s. 24–25.)

Rakennuksen poisto- ja tuloilmavirtojen erotuksena saadaan korvausilmavirta kaavalla 10. Tuloilman lämpenemisen tarvitsema energia lasketaan puolestaan kaavalla 11.

$$q_{v,korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v,poisto} - \sum t_d t_v q_{v,tulo} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$Q_{tuloilma} = \rho_i c_{pi} t_d t_v q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 11}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset arvot tuloilman lämpenemisen tilassa tarvitsemalle energialle on esitetty kuvassa 6. Tulo- ja poistoilmavirrat asetettiin laskennassa yhtä suuriksi, joten korvausilmavirtaa ei syntynyt.



KUVA 6. Tuloilman lämmittämiseen tilassa tarvitsema energia

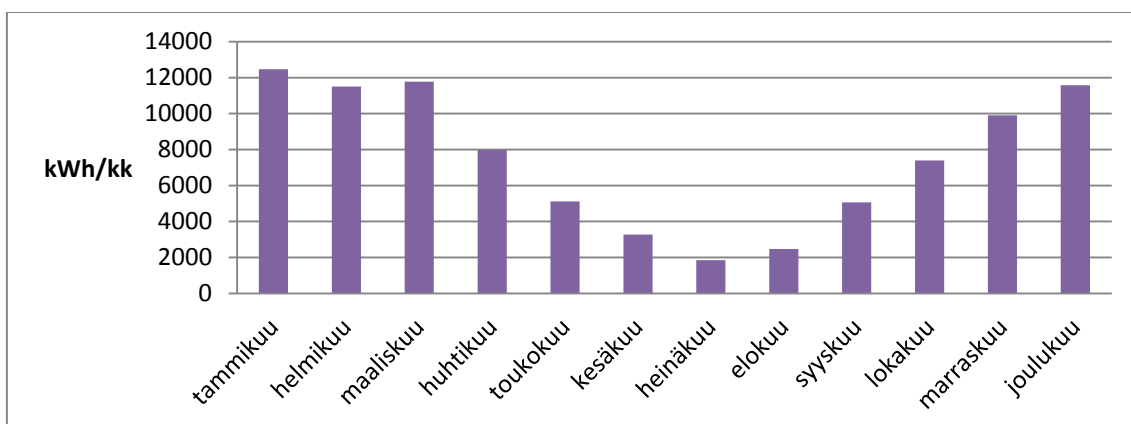
#### 4.5 Ilmanvaihdosta talteenotettu energia

Ilmanvaihdon lämmön talteenoton ottama energia ja koko ilmanvaihdon vuosihyötysuhde lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 12 ja 13. (2, s. 25.)

$$Q_{lto} = \sum \rho_i c_{pi} t_d t_v q_{v,tulo} (T_{lto} - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 12}$$

$$\eta_a = \frac{Q_{lto}}{Q_{lto} + Q_{iv} + Q_{tuloilma} + Q_{korvausilma}} \quad \text{KAAVA 13}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset ilmanvaihdosta talteen otetut energiat on esitetty kuvassa 7. Rakennuksen huoneistojen ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottolaitteiden vuosihyötysuhteina käytettiin 53 %.



KUVA 7. Ilmanvaihdon talteen ottama energia

#### 4.6 Käyttöveden lämmityksen nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve, joka tarvitaan lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan, ilman mahdollisia lämmityslaitteen varaajan tai putkiston aiheuttamia lämpöhäviöenergioita voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 14–15. (2, s. 25–26.)

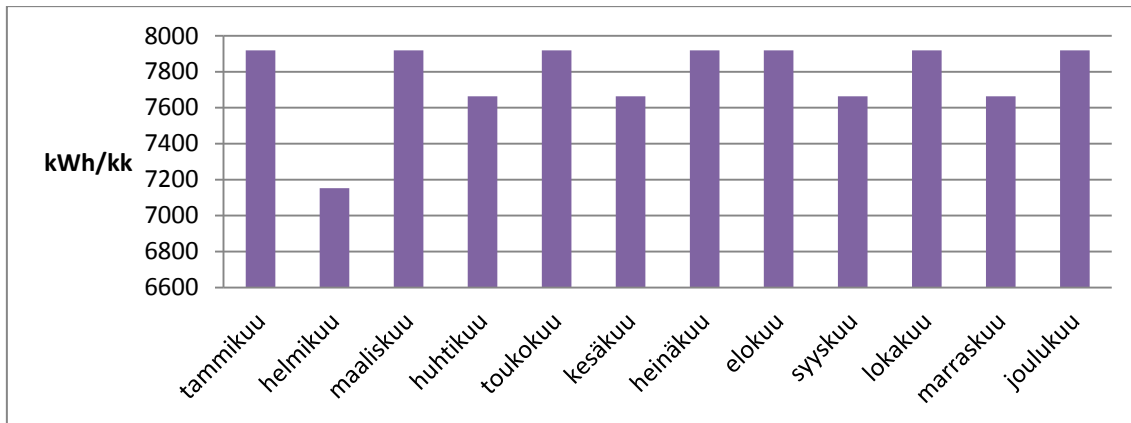
Pinta-alaa kohden laskettu lämpimän käyttöveden ominaiskulutus voidaan laskea kaavalla 14. Lämpimän käyttöveden tarvitsema nettoenergia lasketaan kaavalla 15.

$$V_{lkv} = nV_{lkv,omin}A_{netto}\Delta t_{vrk}/365/1000 \quad \text{KAAVA 14}$$

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})/3600 \quad \text{KAAVA 15}$$

Mikäli käyttöveden kokonaiskulutusta käytetään laskelmien lähtötietoina, tällöin asuinrakennuksissa lämpimän käyttöveden osuutena voidaan käyttää 40 % kokonaiskulutuksesta. Laskennassa voidaan käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisia arvoja, jos tarkempia tietoja ei ole saatavilla. Kaavaa 14 voidaan käyttää lämpimän käyttöveden kulutuksen laskentaan, jos pinta-ala tiedetään.

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset lämpimän käyttöveden lämmityksen nettoenergian tarpeet on esitetty kuvassa 8. Rakennuksen lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksena käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D3 antamaa arvoa  $600 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{a})$  ja rakennuksen lämmitettynä nettoalana  $2\,664 \text{ m}^2$ . Lämpimän käyttöveden lämpötilan arvona käytettiin  $55 \text{ °C}$ :ta ja kylmän käyttöveden lämpötilana  $5 \text{ °C}$ :ta. (1, s. 21.)



KUVA 8. Lämpimän käyttöveden lämmityksen nettoenergian tarve

#### 4.7 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

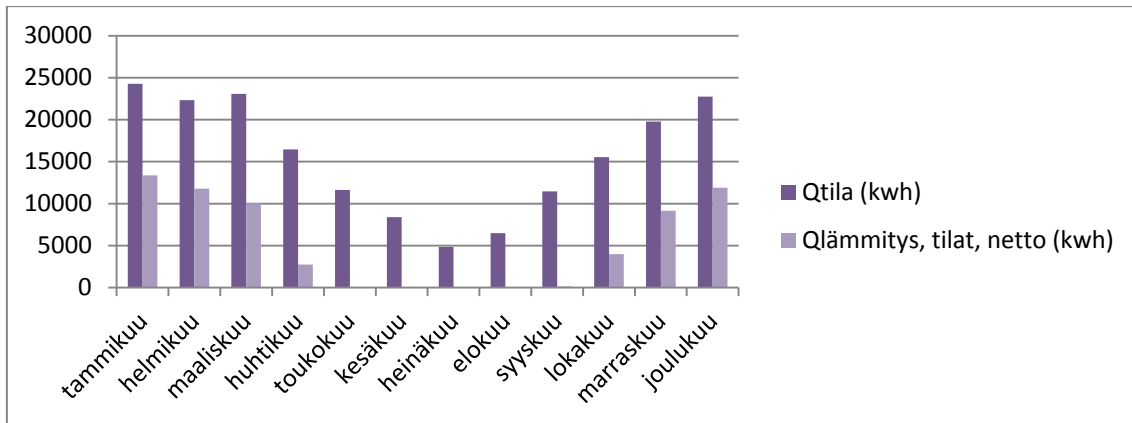
Rakennuksen lämmitysenergian määrä saadaan tilojen tarvitseman energian ja sisäisten lämpökuormien tuottaman lämpöenergian erotuksena. Sisäiset lämpökuormat esitetään luvussa 6.5. Lämmitysenergian tarve ja nettotarve rakennukselle voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 16–17. (2, s. 16.)

Rakennuksen tilojen tarvitsema lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla 16. Rakennuksen tilojen tarvitsema lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla 17.

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{tuloilma} + Q_{korvausilma} \quad \text{KAAVA 16}$$

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{tila} - Q_{sis,lämpö} \quad \text{KAAVA 17}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset tilojen lämmitys- ja lämmitysnettoenergiatarpeet on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Rakennuksen tilojen lämmitys- ja lämmitysnettoenergian tarve



## 5 LAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS

### 5.1 Laitteiden sähköenergian kulutus

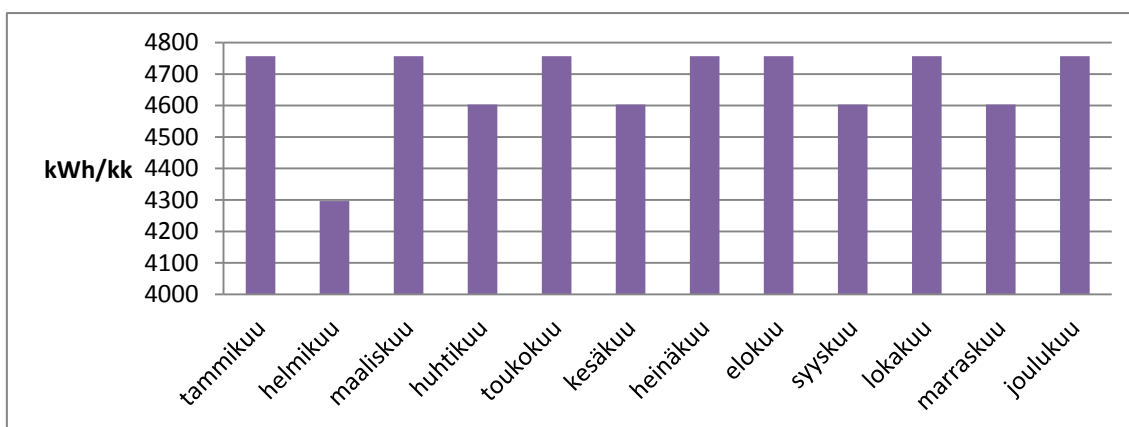
Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus on laitesähkön yhteenlaskettu kulutus, jossa ei kuitenkaan oteta huomioon valaistussähköä, ilmanvaihtojärjestelmän sähköä eikä ilman lämmitykseen ja tilojen jäähdytykseen käytettyä sähköä. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 avulla voidaan ominaissähkökulutuksen perusteella laskea laitteiden sähköenergian kulutus. Laitteiden sähköenergian tarpeen laskennassa voidaan hyödyntää myös rakentamismääräyskokoelman osan D3 kaavaa 18 ja muunnoskaavaa 19. (2, s. 27–28; 1, s. 19.)

Laitteiden vuodessa kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 18. Laitteiden kuukaudessa kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 19.

$$Q_{laitteet} = kP \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{8760}{1000} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$W_{laitteet} = (Q_{laitteet} A_{netto}) \left( \frac{\Delta t}{8760} \right) \quad \text{KAAVA 19}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset laitteiden sähköenergian kulutukset on esitetty kuvassa 10. Rakennuksessa käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D3 antamia arvoja käyttöasteelle 0,6, sisäiselle lämpökuormalle 4 W/m<sup>2</sup> ja käyttöajalle 24 tuntia viikon jokaisena päivänä. (1, s. 19.)



KUVA 10. Laitteiden sähköenergian kulutus

## 5.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

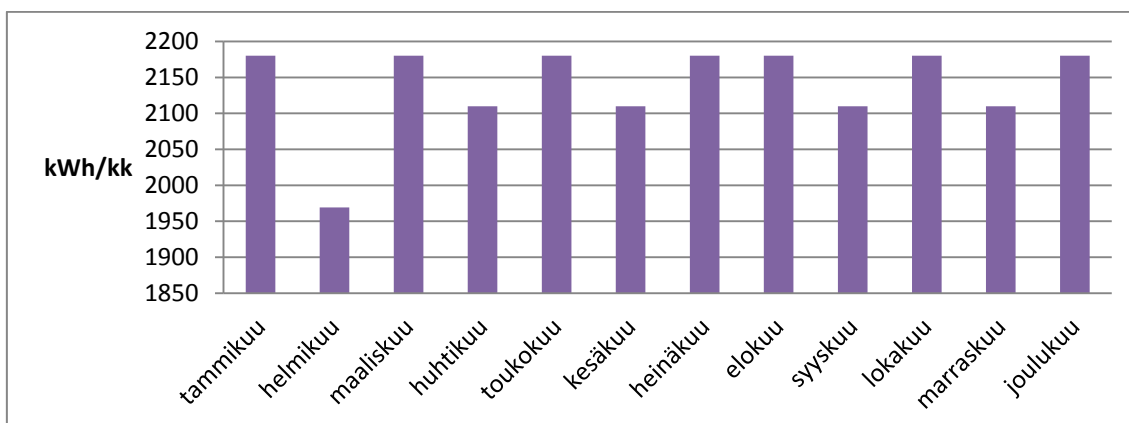
Rakennuksen valaistuksen tarvitsema sähköenergian kulutus voidaan laskea tilakohtaisesti valaistustarpeen ja valaisinratkaisun perusteella, mikäli valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkemmin. Laskennassa käytetään tällöin hyödyksi rakentamismääräyskokoelman osan D5 arvoja ja kaavoja. Jos valaistusjärjestelmästä ei ole tarkempaa tietoa, voidaan laskennassa käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä arvoja ja kaavaa 20 ja muunnoskaavaa 21. (2, s. 28–29; 1, s. 19.)

Valaistuksen vuodessa kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 20. Valaistuksen kuukaudessa kuluttama sähköenergia lasketaan kaavalla 21.

$$Q_{\text{valaistus}} = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad \text{KAAVA 20}$$

$$W_{\text{valaistus}} = (Q_{\text{valaistus}} A_{\text{netto}}) \left( \frac{\Delta t}{8760} \right) \quad \text{KAAVA 21}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty kuvassa 11. Rakennuksessa käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D3 antamia arvoja käyttöasteelle 0,1, sisäiselle lämpökuormalle 11 W/m<sup>2</sup> ja käyttöajalle 24 tuntia viikon jokaisena päivänä. (1, s. 19.)



KUVA 11. Valaistuksen sähköenergian kulutus

## 6 LÄMPÖKUORMAT

### 6.1 Henkilöiden luovuttama lämpökuorma

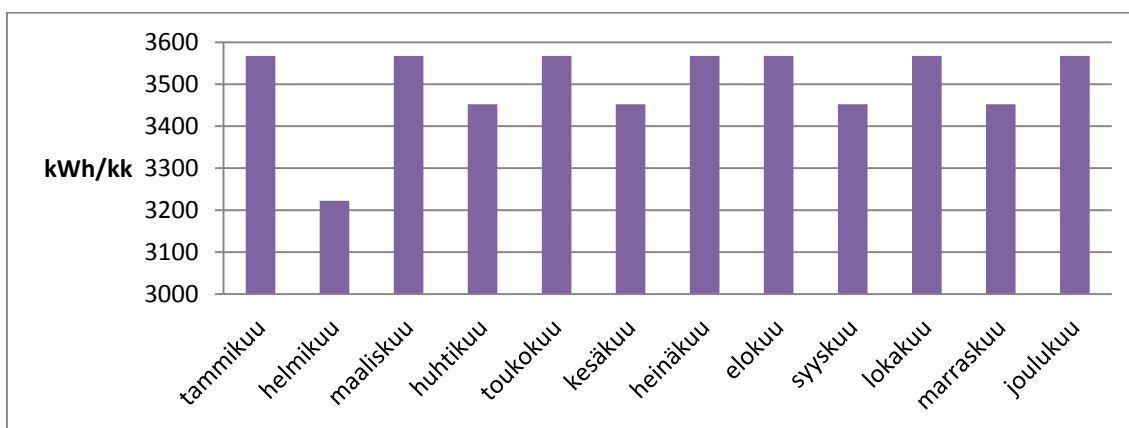
Henkilöistä aiheutuva lämpöenergia eli lämpökuorma voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla, kun tiedetään henkilöiden tarkka lukumäärä, oleskeluaika sekä lämpötehon luovutus. Henkilöistä aiheutuva lämpökuorma voidaan laskea myös rakentamismääräyskokoelman osan D3 arvoilla ja kaavalla 22 ja muunnoskaavalla 23, kun halutaan osoittaa energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuus. (2, s. 30–31; 1, s. 19.)

Henkilöiden vuodessa luovuttama lämpöenergia lasketaan kaavalla 22. Henkilöiden kuukaudessa luovuttama lämpöenergia lasketaan kaavalla 23.

$$Q_{henk} = kP \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{8760}{1000} \quad \text{KAAVA 22}$$

$$Q_{henk} = (Q_{henk} A_{netto}) \left( \frac{\Delta t}{8760} \right) \quad \text{KAAVA 23}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset henkilöistä johtuvat lämpöenergiat on esitetty kuvassa 12. Rakennuksessa käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D3 antamia arvoja käyttöasteelle 0,6, sisäiselle lämpökuormalle 3 W/m<sup>2</sup> ja käyttöajalle 24 tuntia viikon jokaisena päivänä. (1, s. 19.)



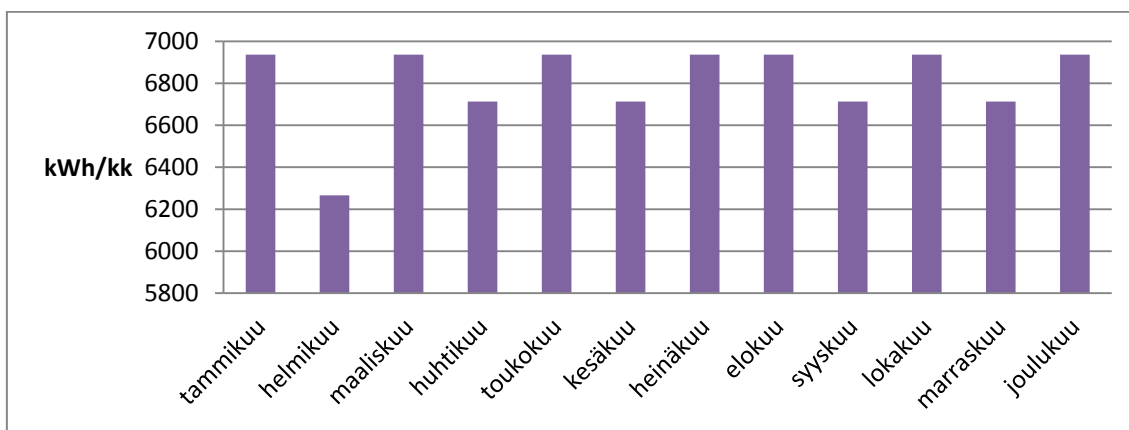
KUVA 12. Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

## 6.2 Valaistuksen ja sähkölaitteiden lämpökuorma

Rakennuksen valaistuksesta ja sähkölaitteista tuleva lämpökuorma voidaan olettaa tulevan kokonaisuudessaan lämpökuormaksi rakennukseen ja se voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 24. (2, s. 31.)

$$Q_{säh} = W_{valaistus} + W_{laitteet} \quad \text{KAAVA 24}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset valaistuksesta ja sähkölaitteista aiheutuvat lämpökuormat on esitetty kuvassa 13.



KUVA 13. Valaistuksen ja sähkölaitteiden lämpöenergia

## 6.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevaan auringon säteilyenergian laskentaan sisällytetään ikkunoista suoraan tuleva lämpöenergia ja välillisesti ikkunaan absorboitunut lämpönä sisälle tuleva lämpöenergia. Laskennan tulos riippuu paitsi ikkunoiden pinta-alasta ja suuntauksesta, myös puitteista, lasitusten ominaisuuksista ja verhoista, luukuista ja muista suojarakenteista sekä ulkopuolisista varjostuksista, kuten muista rakennuksista ja kasvillisuudesta. rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoja 25–30 hyväksi käyttäen voidaan laskea ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia ilmansuunnittain. (2, s. 31–34.)

Ikkunan varjostusten korjauserroin lasketaan kaavalla 25. Kehäerroin eli todellinen ikkuna-aukon pinta-ala lasketaan kaavalla 26. Ikkunan valoaukon säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauserroin saadaan kaavalla 27. Kokonaissäteilyn lä-

päisykerroin lasketaan kaavalla 28. Vaakatasoille ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia ilmansuunnittain lasketaan kaavalla 29. Pystypinnoille ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia ilmansuunnittain lasketaan kaavalla 30.

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad \text{KAAVA 25}$$

$$F_{kehä} = \frac{A_{ikk,valoaukko}}{A_{ikk}} \quad \text{KAAVA 26}$$

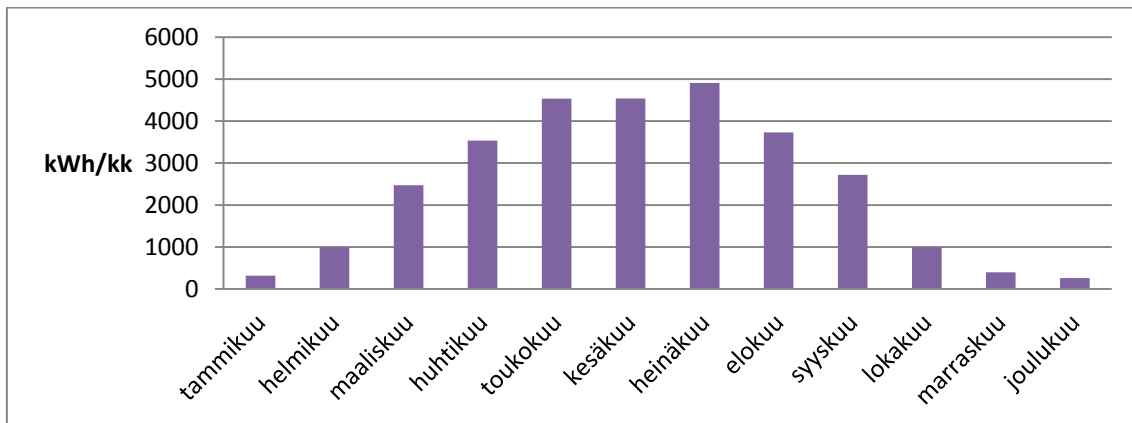
$$F_{läpäisy} = F_{kehä} F_{verho} F_{varjostus} \quad \text{KAAVA 27}$$

$$g = 0,9 g_{kohtisuora} \quad \text{KAAVA 28}$$

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad \text{KAAVA 29}$$

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad \text{KAAVA 30}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset ikkunoiden kautta rakennukseen tulevat auringon säteilyenergiat on esitetty kuvassa 14. Rakennuksen kehäkertoimena käytettiin 75 %, verhokertoimena 30 % ja ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimena 55 %.



KUVA 14. Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

## 6.4 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma

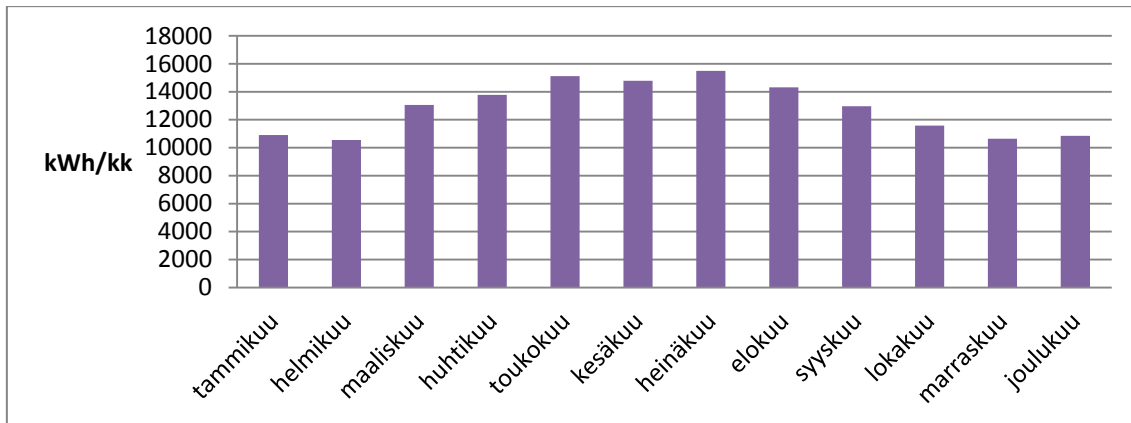
Rakennuksen sisäisiin lämpökuormiin energiantarpeen laskennassa otetaan huomioon myös lämpimän käyttöveden kierron ja varaajan aiheuttama lämpökuorma. Luvussa 7.2 on esitetty laskentamenetelmä kierron ja varaajan energiankulutuksesta. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan lämpökuormien osuutena voidaan käyttää 50 % energiankulutuksesta. Laskentamallina olleessa asuinkerrostalossa ei lämmintä vettä tarvinnut varastoida. (2, s. 35.)

## 6.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Lämpökuormista hyödynnettävä energia tulee rakennukseen etenkin valaistuksesta, laitteista, ihmisistä, ikkunoista tulevasta auringon säteilyenergiasta ja lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmän sekä varaajan rakenteiden läpi johtuvasta lämmöstä. Rakennuksessa täytyy esiintyä samanaikaisesti lämmitystarvetta ja että muun lämmön tuottoa voidaan vähentää säätölaitteilla, jotta lämpökuormien energiaa voidaan hyödyntää. Lämpökuormat voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 31. (2, s. 35.)

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{säh}} + Q_{\text{henk}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto}} + Q_{\text{lkv,varast.}} \quad \text{KAAVA 31}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset lämpökuormista hyödynnettävät energiat on esitetty kuvassa 15. Rakennuksen lämmitysmuotona käytettiin kaukolämpöä, johon kuului lämpimän käyttöveden kiertojohto, mutta ei varaajaa. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehona käytettiin 40 W/m, kiertojohdon pituutena 114,6 m ja kiertojohdon pumpun käyttöaikana 24 tuntia vuorokaudessa. Kiertojohtoon liitettiin yksi pyyhekuivain, jonka ominaistehona käytettiin 200 W.



KUVA 15. Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Lämpökuormista hyödynnettävä energia, joka huomioidaan lämmityksessä, voidaan määrittää hyödyntämistason ja rakennuksen sisälle vapautuvien lämpöenergioiden avulla. Hyödynnettävä energia lasketaan rakentamismääräyskoelman osan D5 kaavoilla 32–38. (2, s. 35–37.)

Rakennuksen ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla 32. Aikavakio lasketaan kaavalla 33. Suhdeluku saadaan kaavalla 34. Numeerinen parametri lasketaan kaavalla 35. Lämpökuormien hyödyntämistaso, jossa lämpökuorman suhde lämpöhäviöön  $\gamma = 1$ , hyödyntämistaso lasketaan kaavalla 36. Lämpökuormien hyödyntämistaso lasketaan perustapauksessa kaavalla 37. Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia lasketaan kaavalla 38.

$$H = \frac{Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} 1000 \quad \text{KAAVA 32}$$

$$\tau = \frac{c_{rak}}{H} \quad \text{KAAVA 33}$$

$$\gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \quad \text{KAAVA 34}$$

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad \text{KAAVA 35}$$

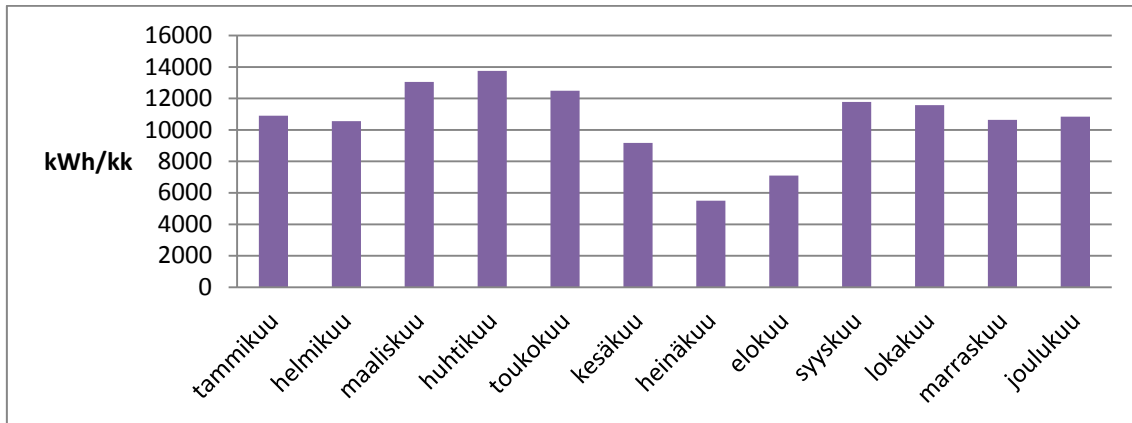
$$\eta_{lämpö} = \frac{a}{a+1} \quad \text{KAAVA 36}$$

$$\eta_{lämpö} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad \text{KAAVA 37}$$

$$Q_{sis,lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma}$$

KAAVA 38

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset sisäisistä lämpökuormista hyödynnettävät lämpöenergiat on esitetty kuvassa 16. Rakennuksen tehollisena lämpökapasiteettina käytettiin 160 Wh/(m<sup>2</sup> K).



KUVA 16. Sisäisistä lämpökuormista hyödynnettävä energia



## 7 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

### 7.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämpöenergian tarve

Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskenta lähtee liikkeelle lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden, kuten kiertopumppujen ja säätölaitteiden sähköenergian kulutuksen määrittämisellä. Ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden lämmitysenergian kulutus sekä lämmittämättömään tilaan johtuvat lämpöhäviöt jakeluputkien rakenteiden läpi otetaan myös huomioon. Rakentamismääräyskoelman osan D5 arvoilla ja kaavoilla 39–42 voidaan laskea tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve. (2, s. 39–41.)

Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergiankulutus lasketaan kaavalla 39. Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutuksen laskennassa voidaan olettaa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteen olevan yhtä suuri kuin ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve, kulutus saadaan kaavalla 40. Lämpöhäviöt jakelujärjestelmästä lämmittämättömiin tiloihin lasketaan kaavalla 41. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla 42.

$$W_{tilat} = \sum e_{tilat} A_{netto} \quad \text{KAAVA 39}$$

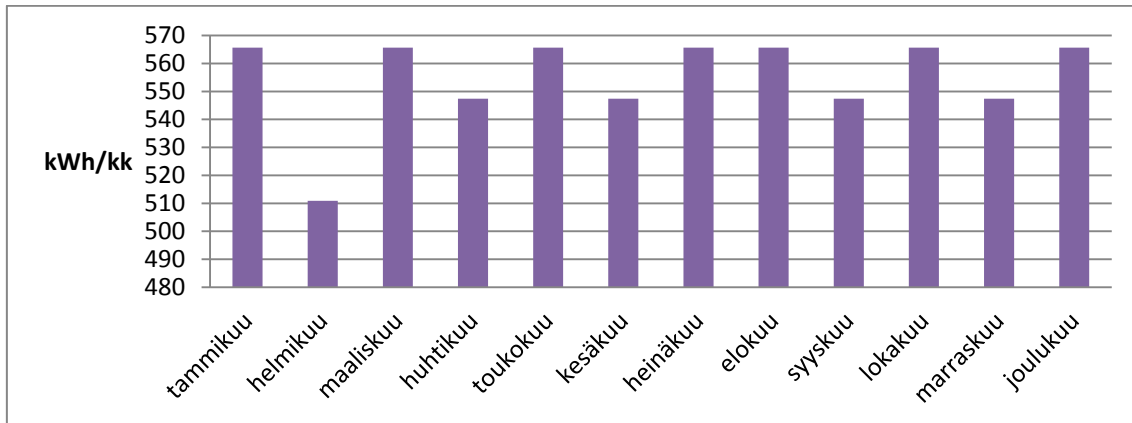
$$Q_{lämmitys,iv} = Q_{iv} \quad \text{KAAVA 40}$$

$$Q_{jakelu,ulos} = q_{jakeluhäviöt,ulos} L \quad \text{KAAVA 41}$$

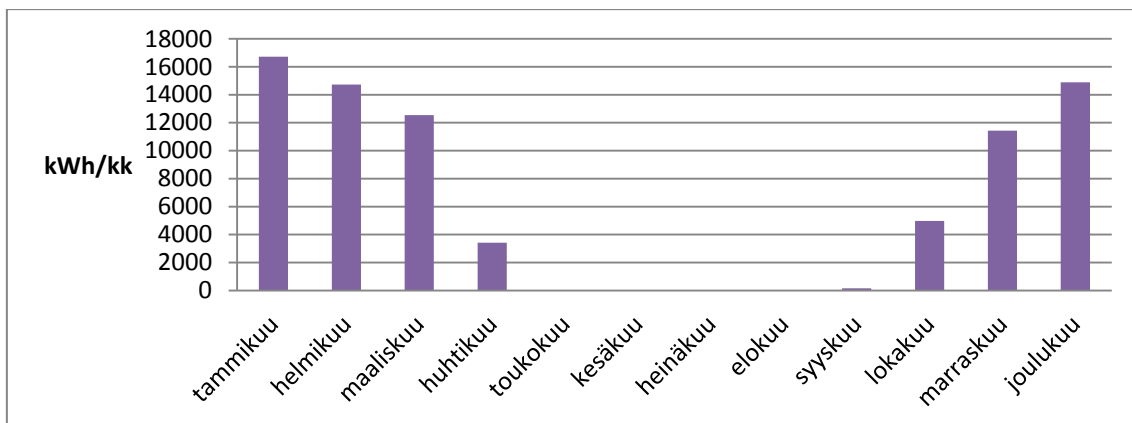
$$Q_{lämmitys,tilat} = \frac{Q_{lämmitys,tilat,netto}}{\eta_{lämmitys,tilat}} + Q_{jakelu,ulos} \quad \text{KAAVA 42}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergiankulutus kuului pelkästään vesikiertoiselle lattialämmitykselle. Lattialämmityksenä käytettiin ryömintätilaan rajoittuvaa vesikiertoista järjestelmää, jonka lämpötilana käytettiin 40/30 °C. Lattialämmitysjärjestelmän apulaitteiden ominaiskulutuksena käytettiin 2,5 kWh/(m<sup>2</sup>a), hyötysuhteena 80 % ja nettopinta-alana 2 664 m<sup>2</sup>.

Kuvassa 17 on esitetty rakennuksen lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus ja kuvassa 18 on esitetty rakennuksen tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve kuukausittain.



KUVA 17. lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus



KUVA 18. Rakennuksen tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve

## 7.2 Lämpimän käyttöveden lämmitys

Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskentaan kuuluu oleellisena osana myös lämpimän käyttöveden energiantarpeen määrittäminen. Lämpimän käyttöveden energiantarpeen laskenta aloitetaan kiertopumpun sähkökulutuksen laskennalla. Lopuksi lasketaan lämpimän käyttöveden siirron, varastoinnin ja kiertojohdon häviöt. Edellä mainittujen kulutuksien ja häviöiden avulla voidaan laskea lämpöenergian tarve lämpimälle käyttövedelle rakentamismääräyskoelman osan D5 kaavoilla 43–45. (2, s. 42–44.)

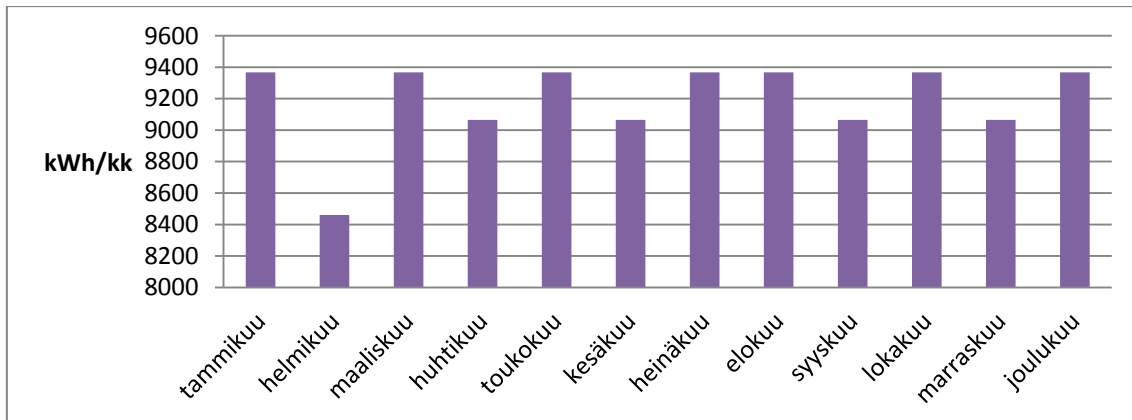
Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla 43. Lämpimän käyttöveden kiertojohdosta aiheutuva lämpöhäviö lasketaan kaavalla 44. Lämpöenergian tarve kokonaisuudessaan lämpimälle käyttövedelle lasketaan kaavalla 45.

$$W_{lkv,pumppu} = P_{lkv,pumppu} t_{lkv} \frac{365}{1000} \quad \text{KAAVA 43}$$

$$Q_{lkv,kierto} = \frac{Q_{lkv,kierto}}{1000} L_{lkv} t_{lkv} 365 + Q_{lkv,lämmitys} \eta_{lämmityslaitte} \quad \text{KAAVA 44}$$

$$Q_{lämmitys,lkv} = \frac{Q_{lkv,netto}}{\eta_{lkv}} + Q_{lkv,varastointi} + Q_{lkv,kierto} \quad \text{KAAVA 45}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset lämpimän käyttöveden lämmityksen energiantarpeet on esitetty kuvassa 19. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun ottotehona käytettiin 45 W, pumpun ollessa Grundfoss UPS 25–40. Lämpimän käyttöveden varastointia ei tarvinnut huomioida. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteena käytettiin 86 %.



KUVA 19. Lämpimän käyttöveden lämmityksen energiantarve

### 7.3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

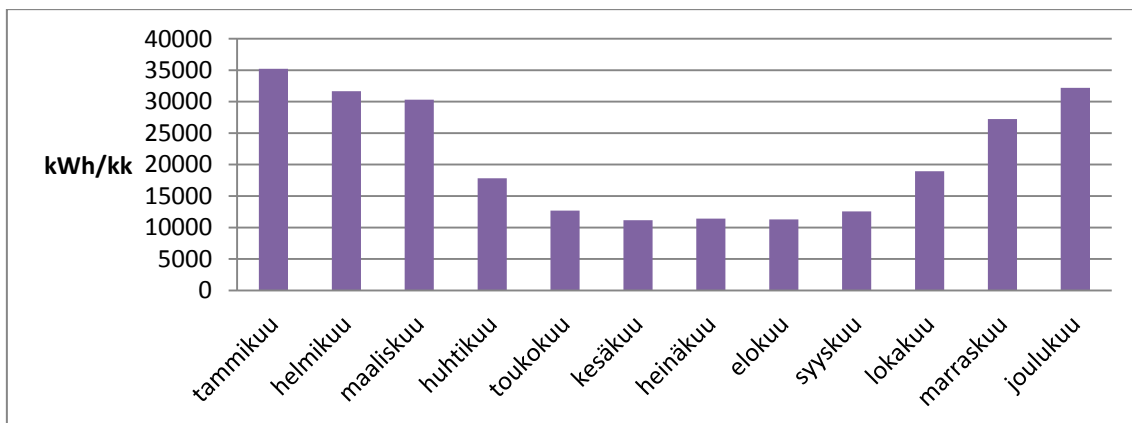
Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksessa erotetaan lämmitysenergia ja sähköenergia toisistaan, ne lasketaan erikseen. Sähköenergian kulutuksen yhteydessä esitetään ne lämmitysmuodot, jotka on toteutettu sähkölämmityksellä. Lämpöpumpuilla tuotettua lämmitys- ja sen kuluttamaa sähköenergiaa ei oteta huomioon lämmitys- ja sähköenergian laskennassa.

Lämmitysenergian kulutuksen laskenta koostuu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden kuluttamasta energiasta, josta voidaan vähentää varaavien tulisijojen ja aurinkokeräimien tuottama energia.

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus voidaan laskea rakentamismääräyskoelman osan D3 määräyksien ja osan D5 kaavalla 46. (2, s. 45–46.)

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{läm,tilat}} + Q_{\text{läm,iv}} + Q_{\text{läm,lkv}} - Q_{\text{tulisija}} - Q_{\text{aurinko}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad \text{KAAVA 46}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset lämmitysjärjestelmän energiankulutukset on esitetty kuvassa 20. Rakennuksessa ei käytetty tulisijaa eikä aurinkokeräimiä. Lämmitysenergian tuoton hyötysuhteena käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D5 kuukausittaisia ohjearvoja. (2, s. 70.)



KUVA 20. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

## 8 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

Puhaltimien ja ilmanvaihtokoneiden sähköenergian kulutuksen laskentaan tarvitaan koneen ominaissähköteho, ilmavirta ja käyntiajat. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan yleensä niin, että ominaissähköteho ei ylitä arvoa 2 kW/(m<sup>3</sup>/s). Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän vastaava luku on 1 kW/(m<sup>3</sup>/s). Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehot konekohtaisesti sekä sähköenergian kulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavoilla 47–48. (2, s. 53.)

Ominaissähköteho konekohtaisesti lasketaan kaavalla 47. Ilmanvaihtokoneen tai puhaltimien sähköenergian kulutus saadaan kaavalla 48.

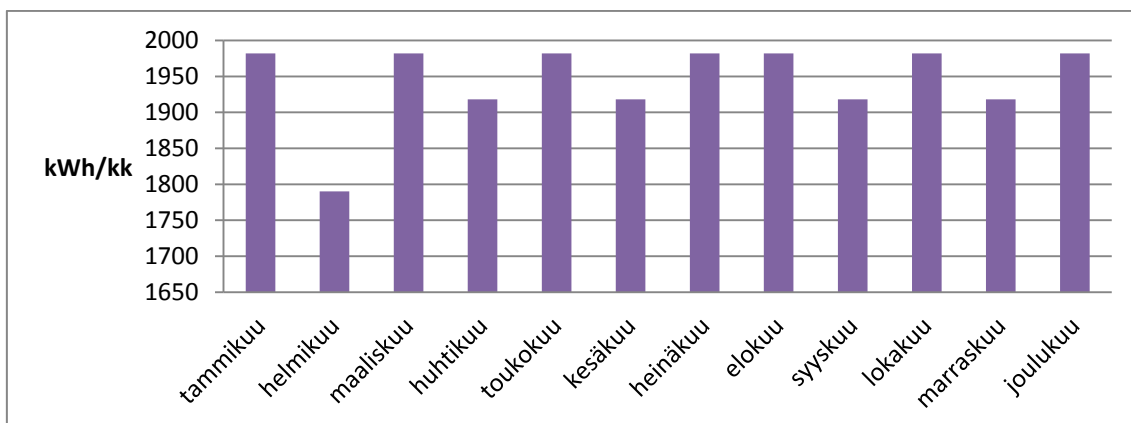
$$P_{es} = \frac{P_e}{q_{v,puhallin}}$$

KAAVA 47

$$W_{ilmanvaihto} = \sum P_{es} q_{v,puhallin} \Delta t_{iv}$$

KAAVA 48

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset ilmanvaihtokoneiden sähköenergiankulutukset on esitetty kuvassa 21. Rakennuksessa käytettiin Swegon Casa 270 MK ilmanvaihtokoneita, joiden ominaissähkötehoina käytettiin 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).



KUVA 21. Ilmanvaihtokoneiden sähköenergian kulutus

## 9 RAKENNUKSEN OSTOENERGIAN KULUTUS JA ENERGIA-LUKU

### 9.1 Rakennuksen ostoenergian kulutus

Rakennuksen ostoenergiankulutusta laskettaessa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräyksissä esiteltyjä ulkoilman säätietoja, sisäilmas- to-olosuhteita, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikoja sekä si- säisten lämpökuormien lähtöarvoja. Muut energialaskennassa tarvittavat lähtö- tiedot otetaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. (1, s. 8.)

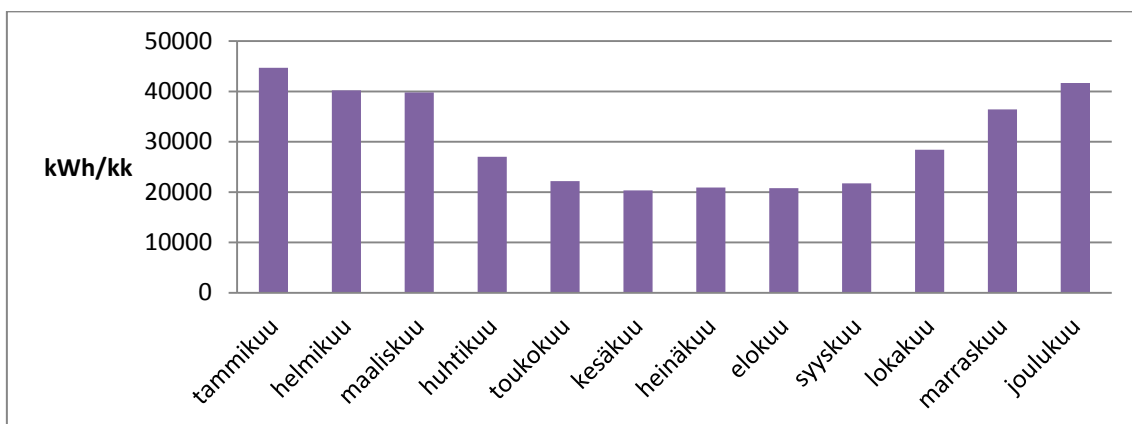
Rakennuksen ostoenergiankulutusta laskettaessa täytyy ottaa huomioon lämmi- tyksen, ilmanvaihdon, jäähdytysjärjestelmien sekä sähkölaitteiden ja valaistuk- sen energiankulutus energiamuodoittain eriteltynä, joista vähennetään paikalli- sesti tuotettu energia. Ostoenergiankulutus voidaan laskea rakentamismää- räyskokoelman osan D5 kaavalla 49. (2, s. 15.)

$$E_{osto} = Q_{lämmitys} + W_{lämmitys} + W_{ilmanvaihto} + Q_{jäähdytys} +$$

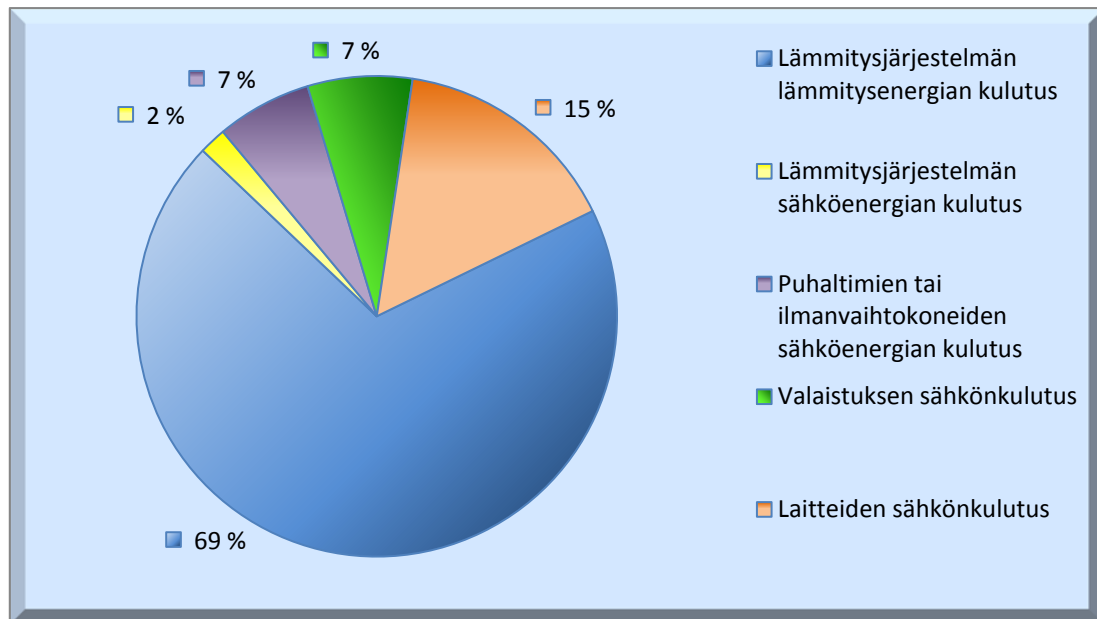
$$W_{jäähdytys} + W_{laitteet} + W_{valaistus}$$

KAAVA 49

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset ostoenergian kulu- tukset on esitetty kuvassa 22. Rakennuksen vuotuiset ostoenergian kulutukset järjestelmäkohtaisesti on esitetty kuvassa 23.



KUVA 22. Rakennuksen ostoenergiankulutus



KUVA 23. Rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus

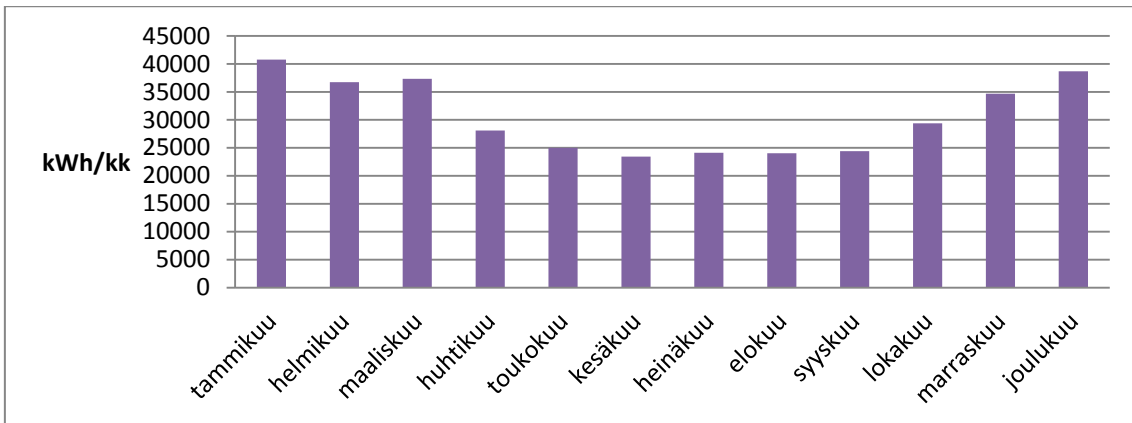
## 9.2 Rakennuksen E-luku

Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta merkitään E-luvulla, ja se pitää laskea uudisrakennuksille. E-luku määräytyy painotetuista energiamuotojen kertoimilla lasketusta rakennuksen vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti. Energiamuotojen kertoimia ei käytetä uusiutuvalla omavaraisenergialle, ainoastaan ostoenergialle. Rakentamismääräyskokoelman osa D3 asettaa uudisrakennuksien E-luvulle maksimiarvon, jota ei saa ylittää. Asuinkerrostaloille tämä luku on 130 kWh/m<sup>2</sup>a. (1, s. 8–9.)

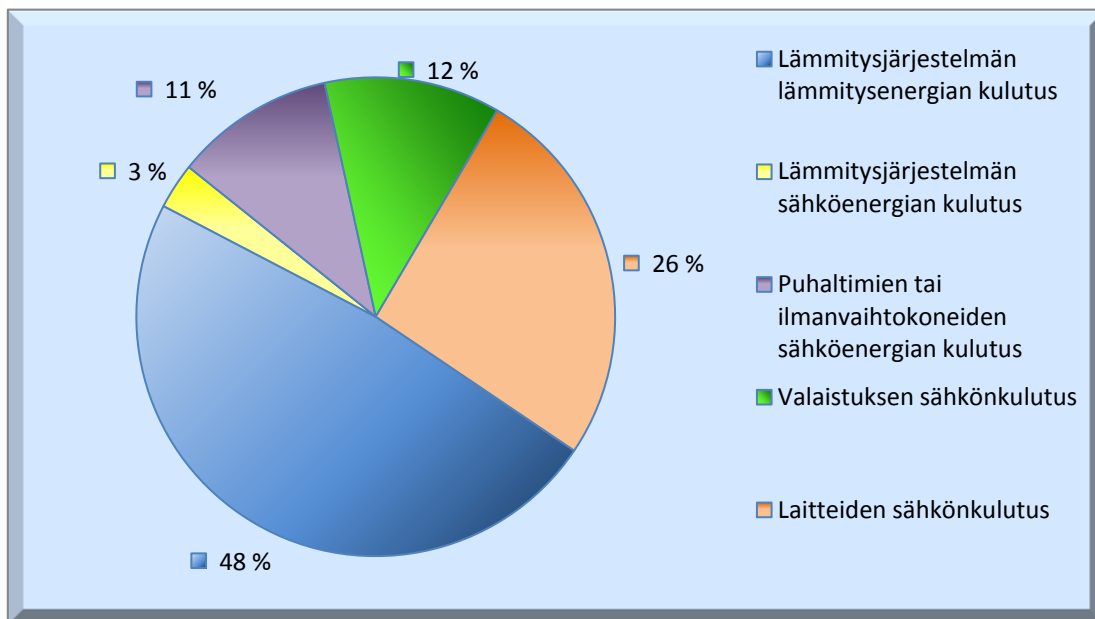
Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta laskettaessa otetaan huomioon rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus, josta on vähennetty paikallisesti tuotettu energia. E-luku saadaan, kun ostoenergiankulutus kerrotaan painotetuilla energiamuotojen kertoimilla energiamuodoittain. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 50. (2, s. 15.)

$$E = f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{netto-kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{netto-kaukojäähdytys}} + \sum_i f_{\text{polttoaine}} Q_{\text{polttoaine}} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{netto-verkkosähkö}} \quad \text{KAAVA 50}$$

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon kuukausittaiset kokonaisenergiankulutukset on esitetty kuvassa 24. Rakennuksen vuotuiset kokonaisenergiankulutukset järjestelmäkohtaisesti on esitetty kuvassa 25. Taulukossa 2 on esitetty laskentamallina käytetystä asuinkerrostalosta saatu E-luku. Painotettuina energiamuotojen kertoimina käytettiin 0,7 kaukolämmölle ja 1,7 sähkölle.



KUVA 24. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus



KUVA 25. Rakennuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus



*TAULUKKO 2. Rakennuksen energialuku*

**Rakennuksen E-luku**

**E-luku:**            137,6   kWh/m<sup>2</sup>a

## 10 ENERGIALUVUN PARANTAMISMAHDOLLISUUDET

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon E-luvuksi saatiin 137,6 kWh/m<sup>2</sup>a, joka ylittää asuinkerrostaloille määrätyn energialuvun arvon 130 kWh/m<sup>2</sup>a. Seuraavissa luvuissa on esitetty muutamia energialuvun parantamismahdollisuuksia, joilla päästään vaaditun arvon alle. (1, s. 9.)

### 10.1 Ilmanvaihtokoneiden ominaissähköteho

Laskentamallina olleen asuinkerrostalon ilmanvaihtokoneina käytettiin ristivirtalämmöntalteenottokeinoilla varustettuja Swegon Casa 270 MK-koneita, joiden ominaissähkötehona käytettiin 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s). Uusien energiamääräyksien mukainen arvo ominaissähköteholle saa enintään olla 2 kW/(m<sup>3</sup>/s). Asuinkerrostalon rakennuslupa myönnettiin ennen uusien määräyksien voimaan astumista, joten rakennuttajan toiveesta toimitettiin osittain vielä vanhojen määräyksien mukaan ja valittiin ilmanvaihtokoneet, joiden ominaissähkötehona käytettiin 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s). Ilmanvaihtokoneiden vaihtaminen esimerkiksi Enervent Pingvin eco ED-koneisiin tiputtaisi ominaissähkötehon arvon 1,3 kW/(m<sup>3</sup>/s), jolloin energialuvuksi saataisiin 130,5 kWh/m<sup>2</sup>a. (1, s. 15; 4.)

### 10.2 Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Vuosihyötysuhde on oleellisin lämmöntalteenoton tehokkuutta kuvaava suure. Se antaa parhaan käsityksen rakennuksen ilmanvaihdossa säästettävästä energiamäärästä. Laskentamallina olleen asuinkerrostalon ilmanvaihtokoneiden Swegon Casa 270 MK vuosihyötysuhteina käytettiin 53 %. Vuosihyötysuhde vaikuttaa merkittävästi energialukuun. Ilmanvaihtokoneiden vaihtaminen Enerventin koneisiin nostaisi vuosihyötysuhteen 71 %:iin ja energialuku olisi tällöin 122,4 kWh/m<sup>2</sup>a. (4.)

### 10.3 Rakennusvaipan ilmanvuotoluku

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon ilmanvuotolukuna käytettiin 4 (m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>)), koska ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä. Lisäksi ilmanvuotoluku 4 (m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>)), ei sido tekemään tiiveysmittausta kohteen valmistuttuakaan. Parempi ilmanpitävyys voidaan kuitenkin saavuttaa asuinker-

rostaloissa mittaamalla vähintään 20 % huoneistoista. Ilmanvuotoluvulla on myös merkittävä vaikutus energialuvun pienenemisessä. Sen ollessa esimerkiksi 2 ( $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ), saadaan energialuvuksi tällöin 117,8 kWh/m<sup>2</sup>a, joka on huomattavasti asuinkerrostaloille vaadittua arvoa pienempi. (2, s. 21.)

## 11 YHTEENVETO

Uudet energiamääräykset ovat uudistumassa vuonna 2012. Muutoksen kohteena on erityisesti rakennusten energiatehokkuuden laskentaan käytettävät rakentamismääräyskokoelman osat D3 ja D5. Työn tavoitteena oli tutkia, täyttääkö kaukolämpitetty asuinkerrostalo vuonna 2012 voimaan tulevien uusien energiamääräyksiä muuttuneet ohjeet ja määräykset.

Työ aloitettiin laskemalla Excel-taulukkolaskentaohjelmalla asuinkerrostalon energialuku. Laskentamallina olleen asuinkerrostalon kaukolämpöenergian osuus vuotuisesta ostoenergian tarpeesta oli 69 % ja sähkön 31 %. Rakennuksen energialuvuksi saatiin 137,6 kWh/m<sup>2</sup>a, mikä ylittää asuinkerrostaloille määrätyn energialuvun arvon 130 kWh/m<sup>2</sup>a. Asuinkerrostalon rakennusluvan saaminen ennen uusien määräysten voimaantulemistä vaikutti energialuvun suuruuteen. Rakennuttajan toiveesta käytettiin osittain vielä vanhoja määräyksiä ja ohjeita. Kaukolämpöenergian osuus energialuvusta painotettujen energiaker toimien jälkeen oli 48 % ja sähkön 52 %. Energialuvun parantamiskeinojen jälkeen E-luvuksi saatiin 117,8 kWh/m<sup>2</sup>a. Toimenpiteiden jälkeen ostoenergiankulutus pieneni noin 60 000 kWh/a ja kokonaisenergiankulutus noin 53 000 kWh/a. Rakennukseen suoritettiin myös jäähdytystarvetarkastelu IDA-ICE-ohjelmalla. Kesäajan huonelämpötilat pysyivät määräyksiä sallimissa rajoissa, joten rakennukseen ei tarvitse erillistä jäähdytysjärjestelmää.

Saaduista arvoista voidaan todeta, että uusiutuvat energiamääräykset tiukentavat energiatehokkuuden laskentaa. Ne suosivat entistä ympäristöystävällisempiä ja edullisempia lämmitysenergianmuotoja, joilla on pienemmät energiamuotojen kertoimet eli uusiutuvia polttoaineita ja kaukolämpöä. Asuinkerrostaloissa ilmanvaihdolla on entistä merkittävämpi osuus energialuvun laskennassa.

## LÄHTEET

1. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012.
2. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. (Luonnos 27.10.2011.)
3. Repo, Jarkko 2011. Kaukolämmitetyn pientalon energialuvun laskentamalli. Oulu. Opinnäytetyö.
4. Tuotesertifikaatti Pingvin eco ED. 2009. Enervent Oy. Saatavissa: [http://enervent.fi/data/fi/datasheets/VTT\\_sertifikaatti\\_Pingvin\\_ecoED.pdf](http://enervent.fi/data/fi/datasheets/VTT_sertifikaatti_Pingvin_ecoED.pdf). Hakupäivä 12.4.2012.

Asuinkerrostalon energiankulutuksen laskentamalli 2012 LITE 1

Lähtötiedot:	Säädytys 1 Hätäsi - Vuotta									
U <sub>0</sub>	1,24	WK	U <sub>0</sub>	1000,00	kg/m <sup>2</sup>	F <sub>0</sub>	0,75	L	0	m
U <sub>1</sub>	1,26	WK	U <sub>1</sub>	4,40	KJ/kgK	F <sub>1</sub>	0,1	Reaktio, kg	0,85	
U <sub>2</sub>	2,264	WK	U <sub>2</sub>	55,00	KJ/kgK	F <sub>2</sub>	1,00	Reaktio, kg	0,8	
U <sub>3</sub>	5,45	WK	U <sub>3</sub>	5,00	°C	F <sub>3</sub>	1,00	Vaaran lämpötila	0	kuh/a
U <sub>4</sub>	0,0	WK	U <sub>4</sub>	600,00	dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> a	F <sub>4</sub>	1,00	N <sub>0</sub>	40	Wh/m
U <sub>5</sub>	1,2	kg/m <sup>2</sup>	A <sub>0</sub>	2664,00	m <sup>2</sup>	F <sub>5</sub>	1,00	L <sub>0</sub>	114,6	m
U <sub>6</sub>	1000	Wh/kgK	K <sub>0</sub>	k	P [W/m <sup>2</sup> ]	F <sub>6</sub>	1,00	L <sub>1</sub>	24	h/vrk
U <sub>7</sub>	2	l/h	Re	2	l/h	F <sub>7</sub>	1,00	W <sub>0</sub>	200	wh/kg
U <sub>8</sub>	5818	m <sup>2</sup>	V	0,6	°C	F <sub>8</sub>	1,00	Reaktio, kg	1	kg/l
U <sub>9</sub>	2923,00	m <sup>2</sup>	V <sub>0</sub>	0,1	l/l	F <sub>9</sub>	1,00	Re	0,86	kg
U <sub>10</sub>	0,0	m <sup>2</sup>	Re	0,0	°C	F <sub>10</sub>	0,55	Re	45	kg
U <sub>11</sub>	15	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	x	180,00	Wh/m <sup>2</sup>	F <sub>11</sub>	1,00	Varausta	0	kuh/a
U <sub>12</sub>	0,21548	m <sup>2</sup> /a	U <sub>0</sub>	0,21548	Wh/m <sup>2</sup>	F <sub>12</sub>	1,00	Reaktio	156	kuh/m <sup>2</sup>
U <sub>13</sub>	0,75	m <sup>2</sup>	U <sub>1</sub>	7	wh/m <sup>2</sup>	F <sub>13</sub>	0,75	A <sub>0</sub>	0	m <sup>2</sup>
U <sub>14</sub>	0,53	Wh/m <sup>2</sup>	U <sub>2</sub>	21,62	Wh/m <sup>2</sup>	F <sub>14</sub>	0,07	Re	0	Wh/m <sup>2</sup>
U <sub>15</sub>	1,00	Wh/m <sup>2</sup>	U <sub>3</sub>	9,64	Wh/m <sup>2</sup>	F <sub>15</sub>	2,5	Re	0	Wh/m <sup>2</sup>
U <sub>16</sub>	0,53	Wh/m <sup>2</sup>	U <sub>4</sub>	2664	m <sup>2</sup>	F <sub>16</sub>	0	Re	0	Wh/m <sup>2</sup>
U <sub>17</sub>	24	h/24h	U <sub>5</sub>	15,77	Wh/m <sup>2</sup>	F <sub>17</sub>	0	Re	2,664	MWh
U <sub>18</sub>	7	wh/7wh	U <sub>6</sub>	18	°C	F <sub>18</sub>	2,50	Re	2,50	KWh/m <sup>2</sup>

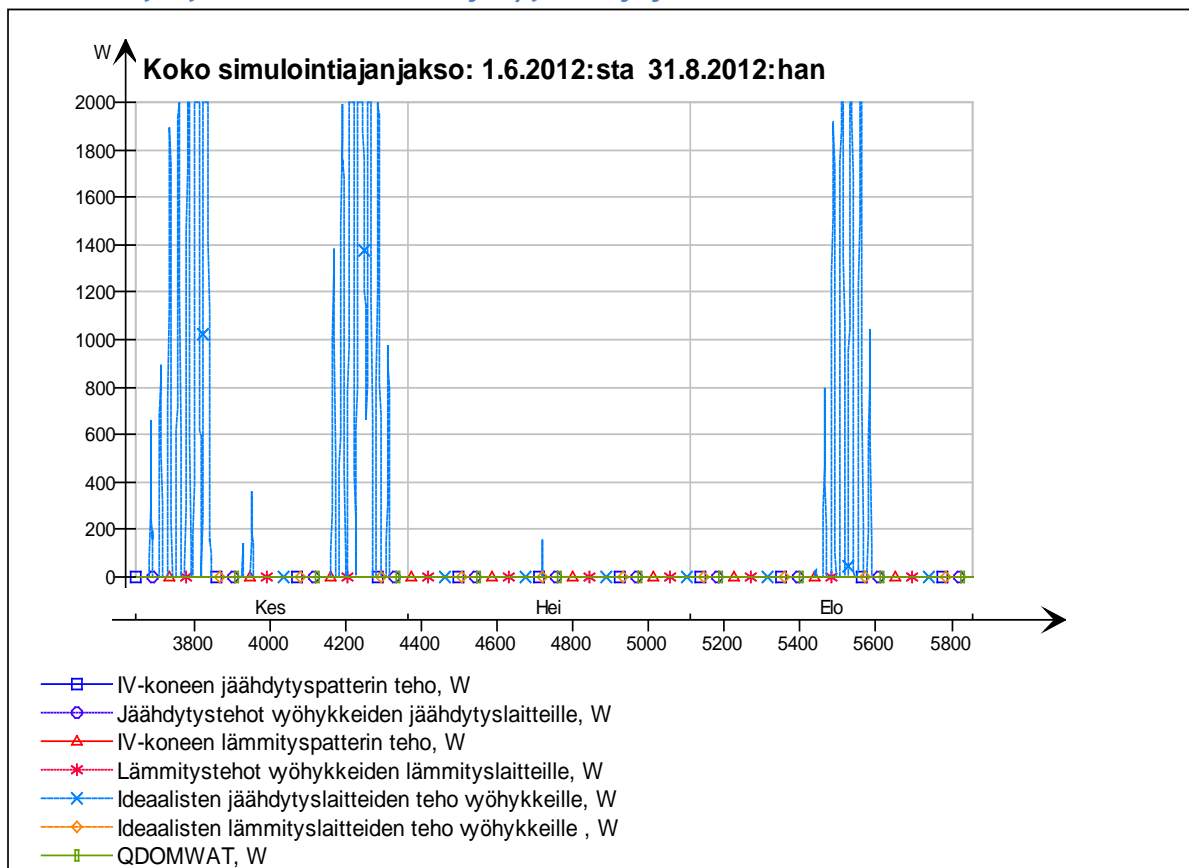
Isäntä	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	Δt (K)	Q <sub>0</sub> (kWh)	Q <sub>1</sub> (kWh)	Q <sub>2</sub> (kWh)	Q <sub>3</sub> (kWh)	Q <sub>4</sub> (kWh)	Q <sub>5</sub> (kWh)	Q <sub>6</sub> (kWh)	Q <sub>7</sub> (kWh)	Q <sub>8</sub> (kWh)	Q <sub>9</sub> (kWh)	Q <sub>10</sub> (kWh)	Q <sub>11</sub> (kWh)	Q <sub>12</sub> (kWh)	Q <sub>13</sub> (kWh)	Q <sub>14</sub> (kWh)	Q <sub>15</sub> (kWh)	Q <sub>16</sub> (kWh)	Q <sub>17</sub> (kWh)	Q <sub>18</sub> (kWh)	Q <sub>19</sub> (kWh)	Q <sub>20</sub> (kWh)	Q <sub>21</sub> (kWh)	Q <sub>22</sub> (kWh)	Q <sub>23</sub> (kWh)	Q <sub>24</sub> (kWh)	Q <sub>25</sub> (kWh)	Q <sub>26</sub> (kWh)	Q <sub>27</sub> (kWh)	Q <sub>28</sub> (kWh)	Q <sub>29</sub> (kWh)	Q <sub>30</sub> (kWh)	Q <sub>31</sub> (kWh)	Q <sub>32</sub> (kWh)	Q <sub>33</sub> (kWh)	Q <sub>34</sub> (kWh)	Q <sub>35</sub> (kWh)	Q <sub>36</sub> (kWh)	Q <sub>37</sub> (kWh)	Q <sub>38</sub> (kWh)	Q <sub>39</sub> (kWh)	Q <sub>40</sub> (kWh)	Q <sub>41</sub> (kWh)	Q <sub>42</sub> (kWh)	Q <sub>43</sub> (kWh)	Q <sub>44</sub> (kWh)	Q <sub>45</sub> (kWh)	Q <sub>46</sub> (kWh)	Q <sub>47</sub> (kWh)	Q <sub>48</sub> (kWh)	Q <sub>49</sub> (kWh)	Q <sub>50</sub> (kWh)	Q <sub>51</sub> (kWh)	Q <sub>52</sub> (kWh)	Q <sub>53</sub> (kWh)	Q <sub>54</sub> (kWh)	Q <sub>55</sub> (kWh)	Q <sub>56</sub> (kWh)	Q <sub>57</sub> (kWh)	Q <sub>58</sub> (kWh)	Q <sub>59</sub> (kWh)	Q <sub>60</sub> (kWh)	Q <sub>61</sub> (kWh)	Q <sub>62</sub> (kWh)	Q <sub>63</sub> (kWh)	Q <sub>64</sub> (kWh)	Q <sub>65</sub> (kWh)	Q <sub>66</sub> (kWh)	Q <sub>67</sub> (kWh)	Q <sub>68</sub> (kWh)	Q <sub>69</sub> (kWh)	Q <sub>70</sub> (kWh)	Q <sub>71</sub> (kWh)	Q <sub>72</sub> (kWh)	Q <sub>73</sub> (kWh)	Q <sub>74</sub> (kWh)	Q <sub>75</sub> (kWh)	Q <sub>76</sub> (kWh)	Q <sub>77</sub> (kWh)	Q <sub>78</sub> (kWh)	Q <sub>79</sub> (kWh)	Q <sub>80</sub> (kWh)	Q <sub>81</sub> (kWh)	Q <sub>82</sub> (kWh)	Q <sub>83</sub> (kWh)	Q <sub>84</sub> (kWh)	Q <sub>85</sub> (kWh)	Q <sub>86</sub> (kWh)	Q <sub>87</sub> (kWh)	Q <sub>88</sub> (kWh)	Q <sub>89</sub> (kWh)	Q <sub>90</sub> (kWh)	Q <sub>91</sub> (kWh)	Q <sub>92</sub> (kWh)	Q <sub>93</sub> (kWh)	Q <sub>94</sub> (kWh)	Q <sub>95</sub> (kWh)	Q <sub>96</sub> (kWh)	Q <sub>97</sub> (kWh)	Q <sub>98</sub> (kWh)	Q <sub>99</sub> (kWh)	Q <sub>100</sub> (kWh)	Q <sub>101</sub> (kWh)	Q <sub>102</sub> (kWh)	Q <sub>103</sub> (kWh)	Q <sub>104</sub> (kWh)	Q <sub>105</sub> (kWh)	Q <sub>106</sub> (kWh)	Q <sub>107</sub> (kWh)	Q <sub>108</sub> (kWh)	Q <sub>109</sub> (kWh)	Q <sub>110</sub> (kWh)	Q <sub>111</sub> (kWh)	Q <sub>112</sub> (kWh)	Q <sub>113</sub> (kWh)	Q <sub>114</sub> (kWh)	Q <sub>115</sub> (kWh)	Q <sub>116</sub> (kWh)	Q <sub>117</sub> (kWh)	Q <sub>118</sub> (kWh)	Q <sub>119</sub> (kWh)	Q <sub>120</sub> (kWh)	Q <sub>121</sub> (kWh)	Q <sub>122</sub> (kWh)	Q <sub>123</sub> (kWh)	Q <sub>124</sub> (kWh)	Q <sub>125</sub> (kWh)	Q <sub>126</sub> (kWh)	Q <sub>127</sub> (kWh)	Q <sub>128</sub> (kWh)	Q <sub>129</sub> (kWh)	Q <sub>130</sub> (kWh)	Q <sub>131</sub> (kWh)	Q <sub>132</sub> (kWh)	Q <sub>133</sub> (kWh)	Q <sub>134</sub> (kWh)	Q <sub>135</sub> (kWh)	Q <sub>136</sub> (kWh)	Q <sub>137</sub> (kWh)	Q <sub>138</sub> (kWh)	Q <sub>139</sub> (kWh)	Q <sub>140</sub> (kWh)	Q <sub>141</sub> (kWh)	Q <sub>142</sub> (kWh)	Q <sub>143</sub> (kWh)	Q <sub>144</sub> (kWh)	Q <sub>145</sub> (kWh)	Q <sub>146</sub> (kWh)	Q <sub>147</sub> (kWh)	Q <sub>148</sub> (kWh)	Q <sub>149</sub> (kWh)	Q <sub>150</sub> (kWh)	Q <sub>151</sub> (kWh)	Q <sub>152</sub> (kWh)	Q <sub>153</sub> (kWh)	Q <sub>154</sub> (kWh)	Q <sub>155</sub> (kWh)	Q <sub>156</sub> (kWh)	Q <sub>157</sub> (kWh)	Q <sub>158</sub> (kWh)	Q <sub>159</sub> (kWh)	Q <sub>160</sub> (kWh)	Q <sub>161</sub> (kWh)	Q <sub>162</sub> (kWh)	Q <sub>163</sub> (kWh)	Q <sub>164</sub> (kWh)	Q <sub>165</sub> (kWh)	Q <sub>166</sub> (kWh)	Q <sub>167</sub> (kWh)	Q <sub>168</sub> (kWh)	Q <sub>169</sub> (kWh)	Q <sub>170</sub> (kWh)	Q <sub>171</sub> (kWh)	Q <sub>172</sub> (kWh)	Q <sub>173</sub> (kWh)	Q <sub>174</sub> (kWh)	Q <sub>175</sub> (kWh)	Q <sub>176</sub> (kWh)	Q <sub>177</sub> (kWh)	Q <sub>178</sub> (kWh)	Q <sub>179</sub> (kWh)	Q <sub>180</sub> (kWh)	Q <sub>181</sub> (kWh)	Q <sub>182</sub> (kWh)	Q <sub>183</sub> (kWh)	Q <sub>184</sub> (kWh)	Q <sub>185</sub> (kWh)	Q <sub>186</sub> (kWh)	Q <sub>187</sub> (kWh)	Q <sub>188</sub> (kWh)	Q <sub>189</sub> (kWh)	Q <sub>190</sub> (kWh)	Q <sub>191</sub> (kWh)	Q <sub>192</sub> (kWh)	Q <sub>193</sub> (kWh)	Q <sub>194</sub> (kWh)	Q <sub>195</sub> (kWh)	Q <sub>196</sub> (kWh)	Q <sub>197</sub> (kWh)	Q <sub>198</sub> (kWh)	Q <sub>199</sub> (kWh)	Q <sub>200</sub> (kWh)	Q <sub>201</sub> (kWh)	Q <sub>202</sub> (kWh)	Q <sub>203</sub> (kWh)	Q <sub>204</sub> (kWh)	Q <sub>205</sub> (kWh)	Q <sub>206</sub> (kWh)	Q <sub>207</sub> (kWh)	Q <sub>208</sub> (kWh)	Q <sub>209</sub> (kWh)	Q <sub>210</sub> (kWh)	Q <sub>211</sub> (kWh)	Q <sub>212</sub> (kWh)	Q <sub>213</sub> (kWh)	Q <sub>214</sub> (kWh)	Q <sub>215</sub> (kWh)	Q <sub>216</sub> (kWh)	Q <sub>217</sub> (kWh)	Q <sub>218</sub> (kWh)	Q <sub>219</sub> (kWh)	Q <sub>220</sub> (kWh)	Q <sub>221</sub> (kWh)	Q <sub>222</sub> (kWh)	Q <sub>223</sub> (kWh)	Q <sub>224</sub> (kWh)	Q <sub>225</sub> (kWh)	Q <sub>226</sub> (kWh)	Q <sub>227</sub> (kWh)	Q <sub>228</sub> (kWh)	Q <sub>229</sub> (kWh)	Q <sub>230</sub> (kWh)	Q <sub>231</sub> (kWh)	Q <sub>232</sub> (kWh)	Q <sub>233</sub> (kWh)	Q <sub>234</sub> (kWh)	Q <sub>235</sub> (kWh)	Q <sub>236</sub> (kWh)	Q <sub>237</sub> (kWh)	Q <sub>238</sub> (kWh)	Q <sub>239</sub> (kWh)	Q <sub>240</sub> (kWh)	Q <sub>241</sub> (kWh)	Q <sub>242</sub> (kWh)	Q <sub>243</sub> (kWh)	Q <sub>244</sub> (kWh)	Q <sub>245</sub> (kWh)	Q <sub>246</sub> (kWh)	Q <sub>247</sub> (kWh)	Q <sub>248</sub> (kWh)	Q <sub>249</sub> (kWh)	Q <sub>250</sub> (kWh)	Q <sub>251</sub> (kWh)	Q <sub>252</sub> (kWh)	Q <sub>253</sub> (kWh)	Q <sub>254</sub> (kWh)	Q <sub>255</sub> (kWh)	Q <sub>256</sub> (kWh)	Q <sub>257</sub> (kWh)	Q <sub>258</sub> (kWh)	Q <sub>259</sub> (kWh)	Q <sub>260</sub> (kWh)	Q <sub>261</sub> (kWh)	Q <sub>262</sub> (kWh)	Q <sub>263</sub> (kWh)	Q <sub>264</sub> (kWh)	Q <sub>265</sub> (kWh)	Q <sub>266</sub> (kWh)	Q <sub>267</sub> (kWh)	Q <sub>268</sub> (kWh)	Q <sub>269</sub> (kWh)	Q <sub>270</sub> (kWh)	Q <sub>271</sub> (kWh)	Q <sub>272</sub> (kWh)	Q <sub>273</sub> (kWh)	Q <sub>274</sub> (kWh)	Q <sub>275</sub> (kWh)	Q <sub>276</sub> (kWh)	Q <sub>277</sub> (kWh)	Q <sub>278</sub> (kWh)	Q <sub>279</sub> (kWh)	Q <sub>280</sub> (kWh)	Q <sub>281</sub> (kWh)	Q <sub>282</sub> (kWh)	Q <sub>283</sub> (kWh)	Q <sub>284</sub> (kWh)	Q <sub>285</sub> (kWh)	Q <sub>286</sub> (kWh)	Q <sub>287</sub> (kWh)	Q <sub>288</sub> (kWh)	Q <sub>289</sub> (kWh)	Q <sub>290</sub> (kWh)	Q <sub>291</sub> (kWh)	Q <sub>292</sub> (kWh)	Q <sub>293</sub> (kWh)	Q <sub>294</sub> (kWh)	Q <sub>295</sub> (kWh)	Q <sub>296</sub> (kWh)	Q <sub>297</sub> (kWh)	Q <sub>298</sub> (kWh)	Q <sub>299</sub> (kWh)	Q <sub>300</sub> (kWh)	Q <sub>301</sub> (kWh)	Q <sub>302</sub> (kWh)	Q <sub>303</sub> (kWh)	Q <sub>304</sub> (kWh)	Q <sub>305</sub> (kWh)	Q <sub>306</sub> (kWh)	Q <sub>307</sub> (kWh)	Q <sub>308</sub> (kWh)	Q <sub>309</sub> (kWh)	Q <sub>310</sub> (kWh)	Q <sub>311</sub> (kWh)	Q <sub>312</sub> (kWh)	Q <sub>313</sub> (kWh)	Q <sub>314</sub> (kWh)	Q <sub>315</sub> (kWh)	Q <sub>316</sub> (kWh)	Q <sub>317</sub> (kWh)	Q <sub>318</sub> (kWh)	Q <sub>319</sub> (kWh)	Q <sub>320</sub> (kWh)	Q <sub>321</sub> (kWh)	Q <sub>322</sub> (kWh)	Q <sub>323</sub> (kWh)	Q <sub>324</sub> (kWh)	Q <sub>325</sub> (kWh)	Q <sub>326</sub> (kWh)	Q <sub>327</sub> (kWh)	Q <sub>328</sub> (kWh)	Q <sub>329</sub> (kWh)	Q <sub>330</sub> (kWh)	Q <sub>331</sub> (kWh)	Q <sub>332</sub> (kWh)	Q <sub>333</sub> (kWh)	Q <sub>334</sub> (kWh)	Q <sub>335</sub> (kWh)	Q <sub>336</sub> (kWh)	Q <sub>337</sub> (kWh)	Q <sub>338</sub> (kWh)	Q <sub>339</sub> (kWh)	Q <sub>340</sub> (kWh)	Q <sub>341</sub> (kWh)	Q <sub>342</sub> (kWh)	Q <sub>343</sub> (kWh)	Q <sub>344</sub> (kWh)	Q <sub>345</sub> (kWh)	Q <sub>346</sub> (kWh)	Q <sub>347</sub> (kWh)	Q <sub>348</sub> (kWh)	Q <sub>349</sub> (kWh)	Q <sub>350</sub> (kWh)	Q <sub>351</sub> (kWh)	Q <sub>352</sub> (kWh)	Q <sub>353</sub> (kWh)	Q <sub>354</sub> (kWh)	Q <sub>355</sub> (kWh)	Q <sub>356</sub> (kWh)	Q <sub>357</sub> (kWh)	Q <sub>358</sub> (kWh)	Q <sub>359</sub> (kWh)	Q <sub>360</sub> (kWh)	Q <sub>361</sub> (kWh)	Q <sub>362</sub> (kWh)	Q <sub>363</sub> (kWh)	Q <sub>364</sub> (kWh)	Q <sub>365</sub> (kWh)	Q <sub>366</sub> (kWh)	Q <sub>367</sub> (kWh)	Q <sub>368</sub> (kWh)	Q <sub>369</sub> (kWh)	Q <sub>370</sub> (kWh)	Q <sub>371</sub> (kWh)	Q <sub>372</sub> (kWh)	Q <sub>373</sub> (kWh)	Q <sub>374</sub> (kWh)	Q <sub>375</sub> (kWh)	Q <sub>376</sub> (kWh)	Q <sub>377</sub> (kWh)	Q <sub>378</sub> (kWh)	Q <sub>379</sub> (kWh)	Q <sub>380</sub> (kWh)	Q <sub>381</sub> (kWh)	Q <sub>382</sub> (kWh)	Q <sub>383</sub> (kWh)	Q <sub>384</sub> (kWh)	Q <sub>385</sub> (kWh)	Q <sub>386</sub> (kWh)	Q <sub>387</sub> (kWh)	Q <sub>388</sub> (kWh)	Q <sub>389</sub> (kWh)	Q <sub>390</sub> (kWh)	Q <sub>391</sub> (kWh)	Q <sub>392</sub> (kWh)	Q <sub>393</sub> (kWh)	Q <sub>394</sub> (kWh)	Q <sub>395</sub> (kWh)	Q <sub>396</sub> (kWh)	Q <sub>397</sub> (kWh)	Q <sub>398</sub> (kWh)	Q <sub>399</sub> (kWh)	Q <sub>400</sub> (kWh)	Q <sub>401</sub> (kWh)	Q <sub>402</sub> (kWh)	Q <sub>403</sub> (kWh)	Q <sub>404</sub> (kWh)	Q <sub>405</sub> (kWh)	Q <sub>406</sub> (kWh)	Q <sub>407</sub> (kWh)	Q <sub>408</sub> (kWh)	Q <sub>409</sub> (kWh)	Q <sub>410</sub> (kWh)	Q <sub>411</sub> (kWh)	Q <sub>412</sub> (kWh)	Q <sub>413</sub> (kWh)	Q <sub>414</sub> (kWh)	Q <sub>415</sub> (kWh)	Q <sub>416</sub> (kWh)	Q <sub>417</sub> (kWh)	Q <sub>418</sub> (kWh)	Q <sub>419</sub> (kWh)	Q <sub>420</sub> (kWh)	Q <sub>421</sub> (kWh)	Q <sub>422</sub> (kWh)	Q <sub>423</sub> (kWh)	Q <sub>424</sub> (kWh)	Q <sub>425</sub> (kWh)	Q <sub>426</sub> (kWh)	Q <sub>427</sub> (kWh)	Q <sub>428</sub> (kWh)	Q <sub>429</sub> (kWh)	Q <sub>430</sub> (kWh)	Q <sub>431</sub> (kWh)	Q <sub>432</sub> (kWh)	Q <sub>433</sub> (kWh)	Q <sub>434</sub> (kWh)	Q <sub>435</sub> (kWh)	Q <sub>436</sub> (kWh)	Q <sub>437</sub> (kWh)	Q <sub>438</sub> (kWh)	Q <sub>439</sub> (kWh)	Q <sub>440</sub> (kWh)	Q <sub>441</sub> (kWh)	Q <sub>442</sub> (kWh)	Q <sub>443</sub> (kWh)	Q <sub>444</sub> (kWh)	Q <sub>445</sub> (kWh)	Q <sub>446</sub> (kWh)	Q <sub>447</sub> (kWh)	Q <sub>448</sub> (kWh)	Q <sub>449</sub> (kWh)	Q <sub>450</sub> (kWh)	Q <sub>451</sub> (kWh)	Q <sub>452</sub> (kWh)	Q <sub>453</sub> (kWh)	Q <sub>454</sub> (kWh)	Q <sub>455</sub> (kWh)	Q <sub>456</sub> (kWh)	Q <sub>457</sub> (kWh)	Q <sub>458</sub> (kWh)	Q <sub>459</sub> (kWh)	Q <sub>460</sub> (kWh)	Q <sub>461</sub> (kWh)	Q <sub>462</sub> (kWh)	Q <sub>463</sub> (kWh)	Q <sub>464</sub> (kWh)	Q <sub>465</sub> (kWh)	Q <sub>466</sub> (kWh)	Q <sub>467</sub> (kWh)	Q <sub>468</sub> (kWh)	Q <sub>469</sub> (kWh)	Q <sub>470</sub> (kWh)	Q <sub>471</sub> (kWh)	Q <sub>472</sub> (kWh)	Q <sub>473</sub> (kWh)	Q <sub>474</sub> (kWh)	Q <sub>475</sub> (kWh)	Q <sub>476</sub> (kWh)	Q <sub>477</sub> (kWh)	Q <sub>478</sub> (kWh)	Q <sub>479</sub> (kWh)	Q <sub>480</sub> (kWh)	Q <sub>481</sub> (kWh)	Q <sub>482</sub> (kWh)	Q <sub>483</sub> (kWh)	Q <sub>484</sub> (kWh)	Q <sub>485</sub> (kWh)	Q <sub>486</sub> (kWh)	Q <sub>487</sub> (kWh)	Q <sub>488</sub> (kWh)	Q <sub>489</sub> (kWh)	Q <sub>490</sub> (kWh)	Q <sub>491</sub> (kWh)	Q <sub>492</sub> (kWh)	Q <sub>493</sub> (kWh)	Q <sub>494</sub> (kWh)	Q <sub>495</sub> (kWh)	Q <sub>496</sub> (kWh)	Q <sub>497</sub> (kWh)	Q <sub>498</sub> (kWh)	Q <sub>499</sub> (kWh)	Q <sub>500</sub> (kWh)	Q <sub>501</sub> (kWh)	Q <sub>502</sub> (kWh)	Q <sub>503</sub> (kWh)	Q <sub>504</sub> (kWh)	Q <sub>505</sub> (kWh)	Q <sub>506</sub> (kWh)	Q <sub>507</sub> (kWh)	Q <sub>508</sub> (kWh)	Q <sub>509</sub> (kWh)	Q <sub>510</sub> (kWh)	Q <sub>511</sub> (kWh)	Q <sub>512</sub> (kWh)	Q <sub>513</sub> (kWh)	Q <sub>514</sub> (kWh)	Q <sub>515</sub> (kWh)	Q <sub>516</sub> (kWh)	Q <sub>517</sub> (kWh)
--------	---------------------	---------------------	---------------------	--------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

**IDA Indoor Climate and Energy** vers. 4.1021

License: IDA40:ED159  
 Simulatedby: Matias Mäkeläinen  
 Date: 28.2.2012 11:45:37 [61]

**Projektin tiedot**

Project name	6krs
Customer	
Description	
Location	Helsinki
Climate	Säättiedosto Helsinki 1979
Simulationtype	Erillinen simulointi
Simulationperiod	1.6.2012 - 31.8.2012

**Simulationresults****Primäärijärjestelmän lämmitys-/jäähdytystehot****Energiaraportti****Rakennuksen viihtyisyysindeksi**

Niiden tuntien osuus, kun operatiivinen lämpötila on yli 27 °C vaikeimmassa vyöhykkeessä	0 %
--	-----

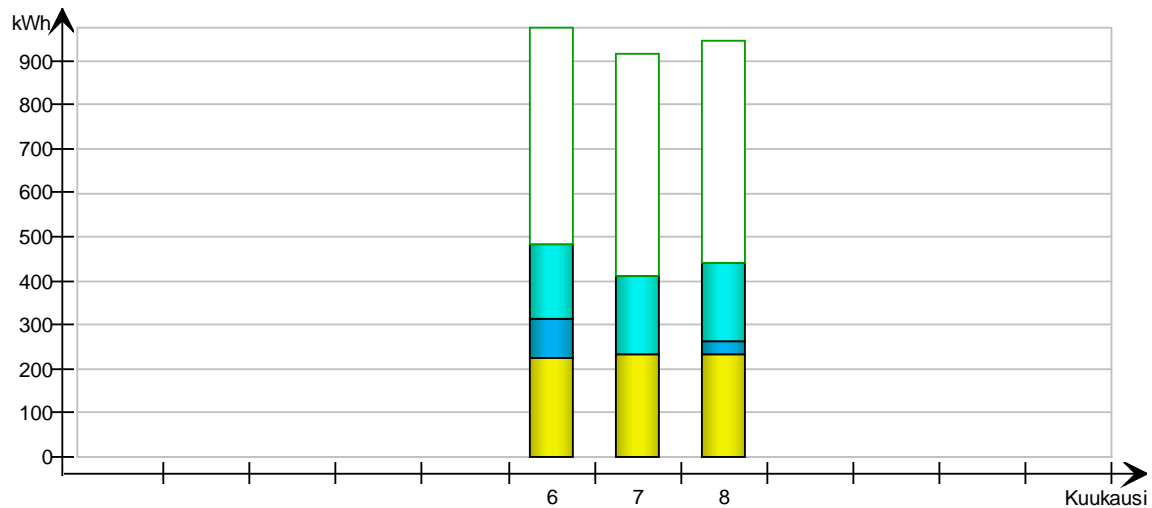
Niiden tuntien osuus, kun operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	0 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	6 %

### Ostoenergiankulutusraportti

		Ostoenergiankulutus	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	689	2.4
■	Jäähdytys	119	0.4
■	LVI sähkö	524	1.8
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>1332</b>	<b>4.7</b>
■	Lämmitys	0	0.0
■	LKV	0	0.0
	<b>Yhteensä, Kiinteistö polttoaine*</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>1332</b>	<b>4.7</b>
□	Laitteet, asukas	1504	5.3
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>1504</b>	<b>5.3</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>2836</b>	<b>9.9</b>

\*Lämpöarvo

### Kuukausittainen ostoenergiankulutus



Kuukausi	Kiinteistösähkö			Kiinteistö polttoaine (Lämpöarvo)		Asukkaan sähkö
	Valaistus, kiinteistö	Jäähdytys	LVI sähkö	Lämmitys	LKV	Laitteet, asukas
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
6	224.9	89.4	171.0	0.0	0.0	490.8
7	232.4	0.1	176.7	0.0	0.0	507.1
8	232.1	29.4	176.5	0.0	0.0	506.4
Yhteensä	689.4	118.9	524.2	0.0	0.0	1504.3

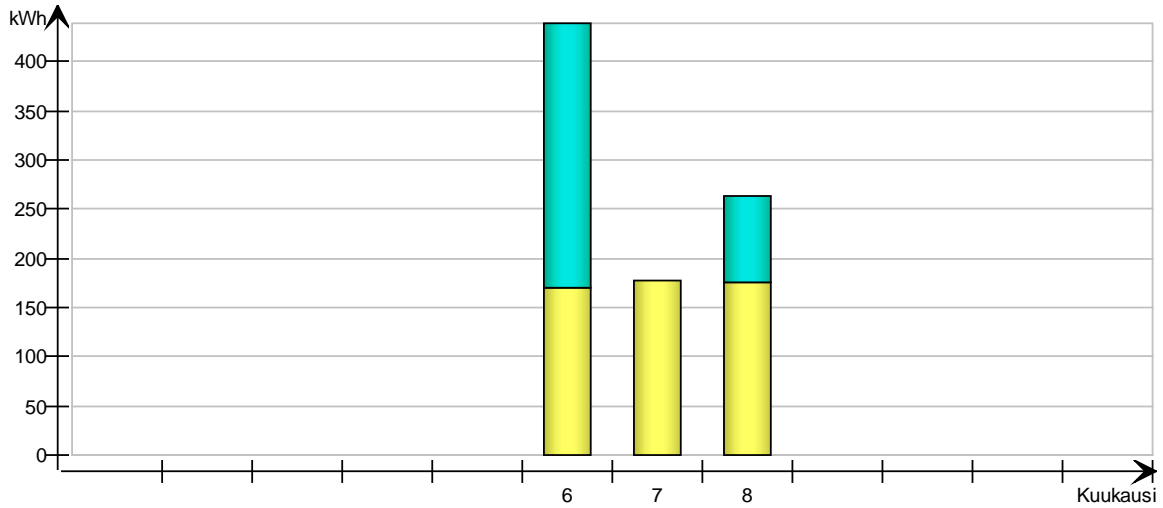
### Järjestelmien energia



## Järjestelmien energia

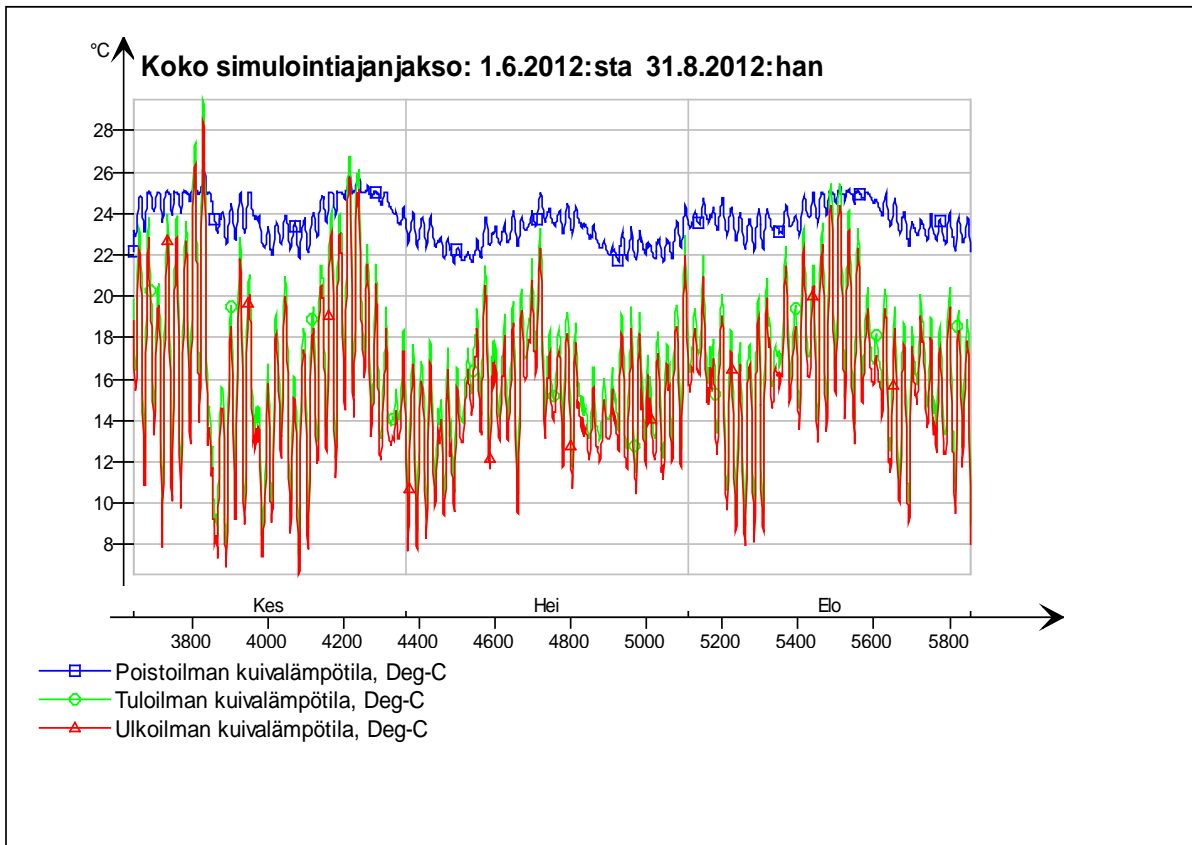
kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	LTO	Kylmän talteenotto	Kostutus	Puhaltimet	Pumput	Lämmin käyttövesi
6	0.0	268.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	171.0	0.0	0.0
7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.7	0.0	0.0
8	0.0	88.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.5	0.0	0.0
<b>Yhteensä</b>	0.0	356.6	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	524.2	0.0	0.0



## IV-kone

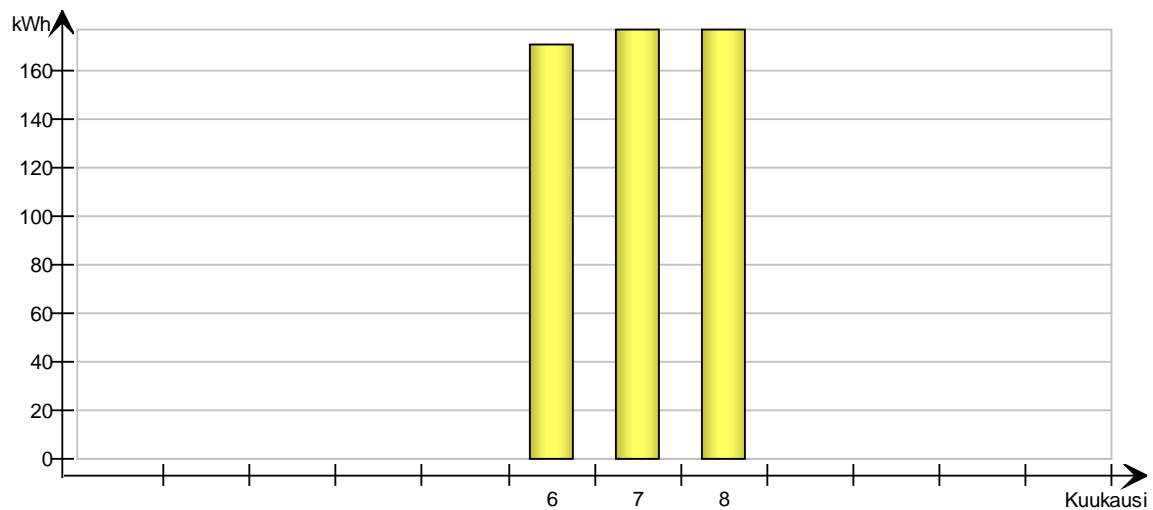
### IV-koneen lämpötilat



### Energiaraportti vyöhykkeelle "IV-kone"

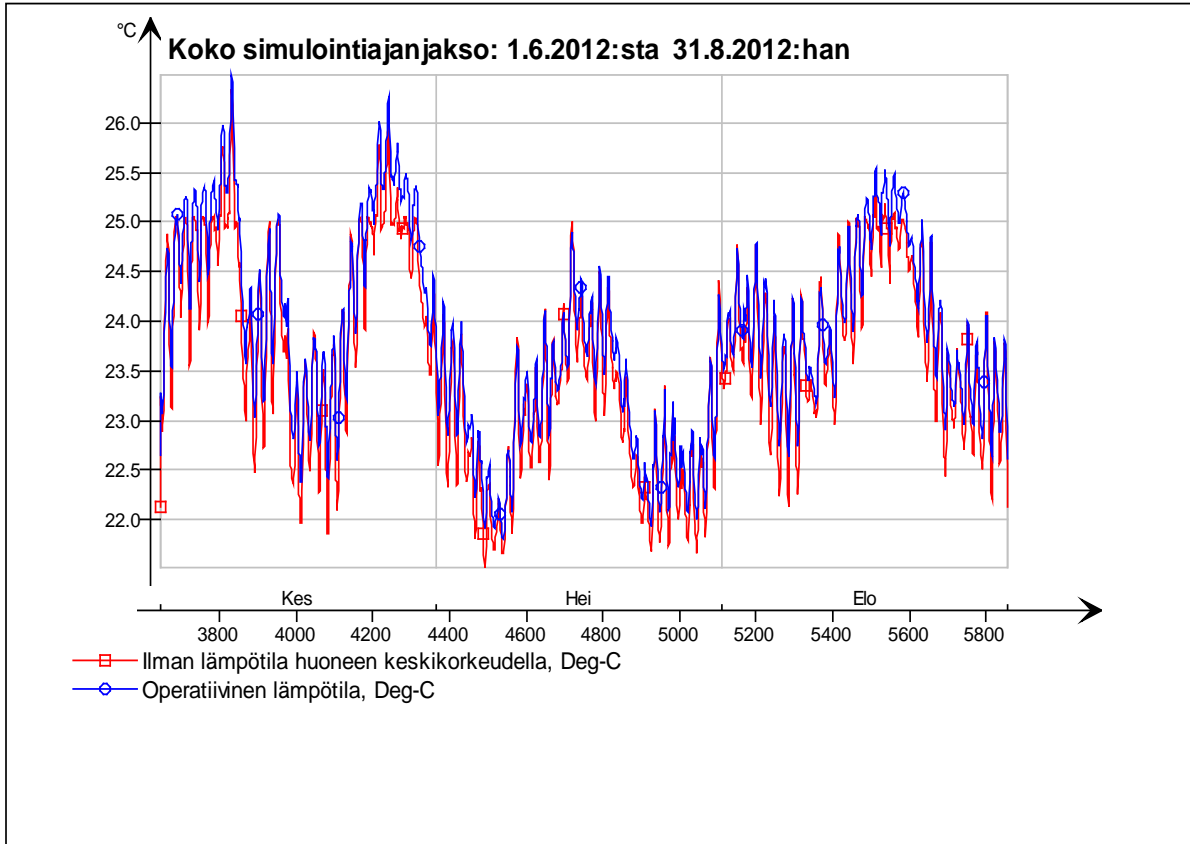
kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Lämmitys	Jäähdytys	LTO	Kylmän talteenotto	Kostutus	Puhaltimet
6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	171.0
7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.7
8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.5
<b>Yhteensä</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>524.2</b>

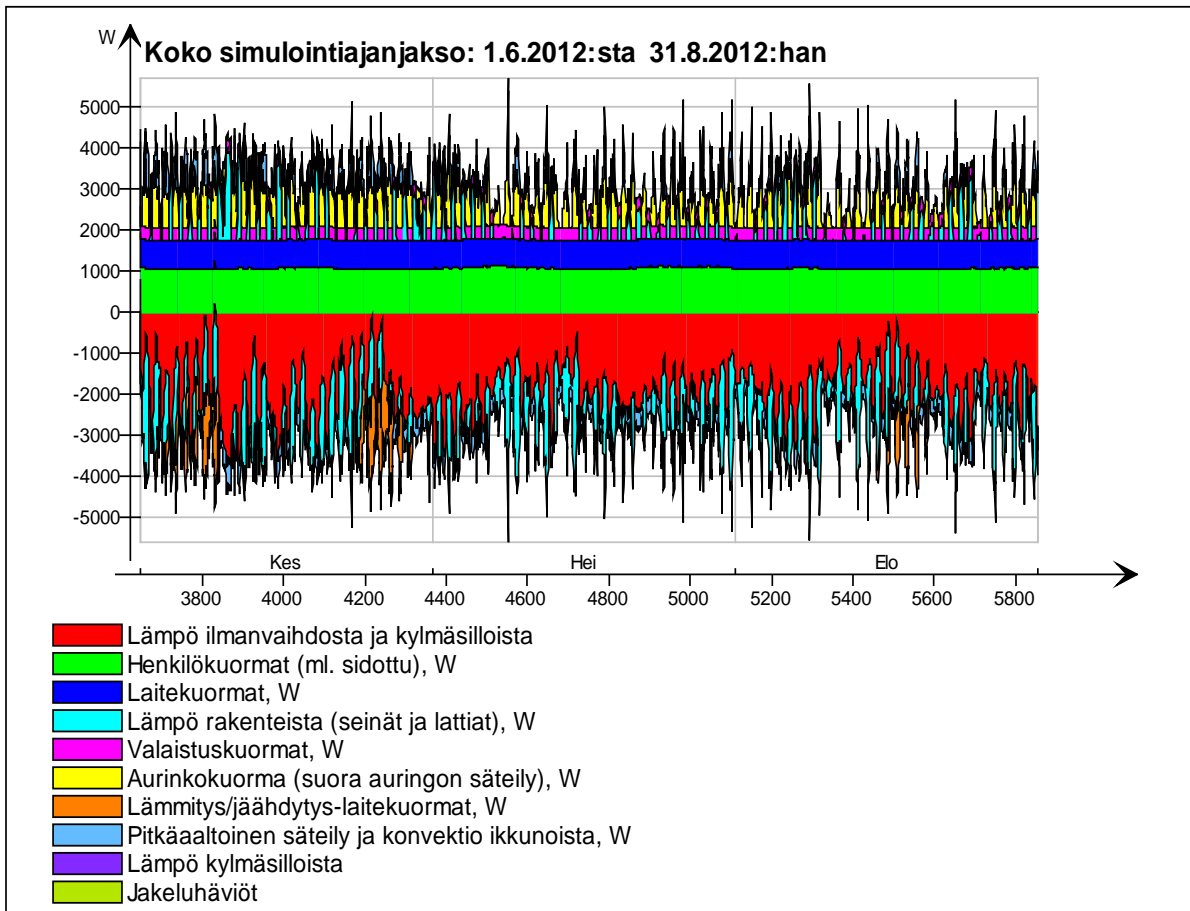


# 6krs

## Lämpötilat



### Lämpötase

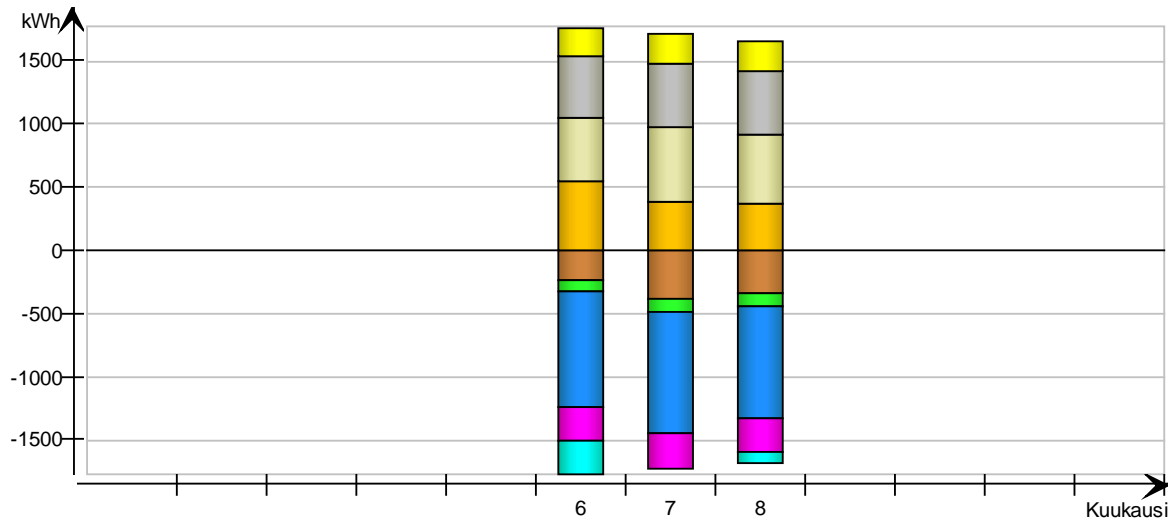


### Vyöhykkeen "6krs" energia

#### Vyöhykkeen "6krs" energia







kWh (Vain tuntuva)

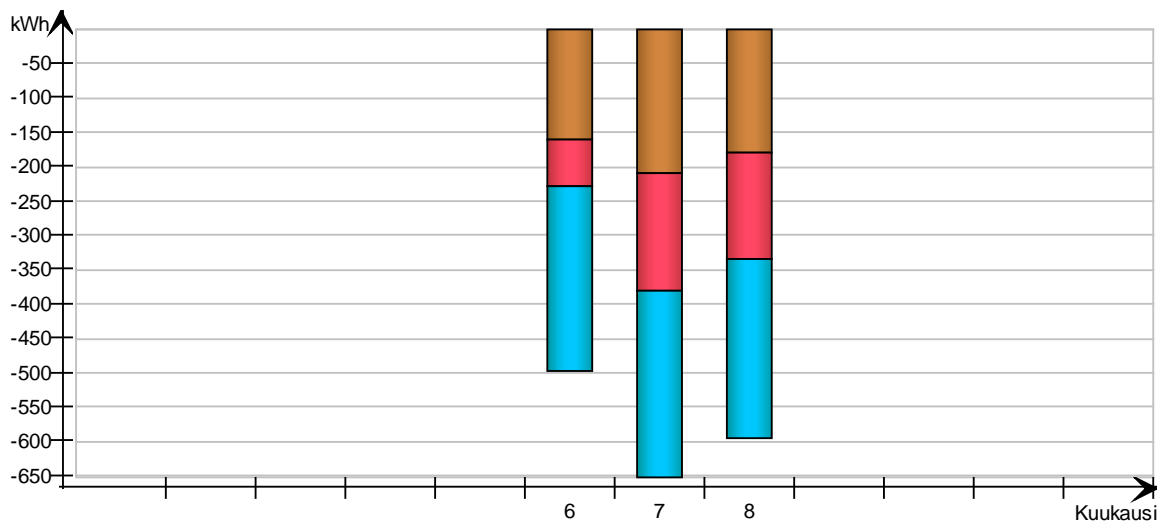
Kuukausi	Vaippa ja Kylmäsiilat	Sisäseinät ja massat	Ulkoikkunat ja Auringon säteily	Kon. tuloilma	Vuotoilma & Aukot	Ihmiset	Laitteet	Valaistus	Paikalliset lämmityslaitteet	Paikalliset jäähdytyslaitteet	Jakeluhäviöt
6	-226.9	-91.1	548.0	-918.6	-265.2	511.6	490.8	224.9	0.0	-267.5	0.0
7	-379.6	-106.6	392.7	-951.1	-275.6	586.4	507.1	232.4	0.0	-0.3	0.0
8	-335.2	-101.7	376.8	-883.9	-259.3	555.3	506.4	232.1	0.0	-85.3	0.0
<b>Yhteensä</b>	<b>-941.7</b>	<b>-299.4</b>	<b>1317.5</b>	<b>-2753.6</b>	<b>-800.1</b>	<b>1653.3</b>	<b>1504.3</b>	<b>689.4</b>	<b>0.0</b>	<b>-353.1</b>	<b>0.0</b>
Lämmityksen aikainen	20.1	9.0	-15.8	-169.8	-48.0	92.8	76.8	35.2	0.0	0.0	0.0
Jäähdytyksen aikainen	-565.8	-197.2	773.3	-730.6	-221.9	539.4	524.2	240.3	0.0	-353.1	0.0
Muina aikoina	-396.0	-111.2	560.0	-1853.2	-530.2	1021.1	903.3	413.9	0.0	-0.0	0.0



### Vaipan häviöt

kWh

Kuukausi	Seinät	Katto	Lattia	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat
						
6	-159.3	-67.6	0.0	-268.9	0.0	0.0
7	-209.7	-170.0	0.0	-272.5	0.0	0.0
8	-179.1	-156.2	0.0	-260.1	0.0	0.0
Yhteensä	-548.1	-393.8	0.0	-801.5	0.0	0.0
Lämmityksen aikainen	-0.5	20.6	0.0	-46.7	0.0	0.0
Jäähdytyksen aikainen	-284.2	-281.7	0.0	-232.9	0.0	0.0
Muina aikoina	-263.4	-132.7	0.0	-521.9	0.0	0.0

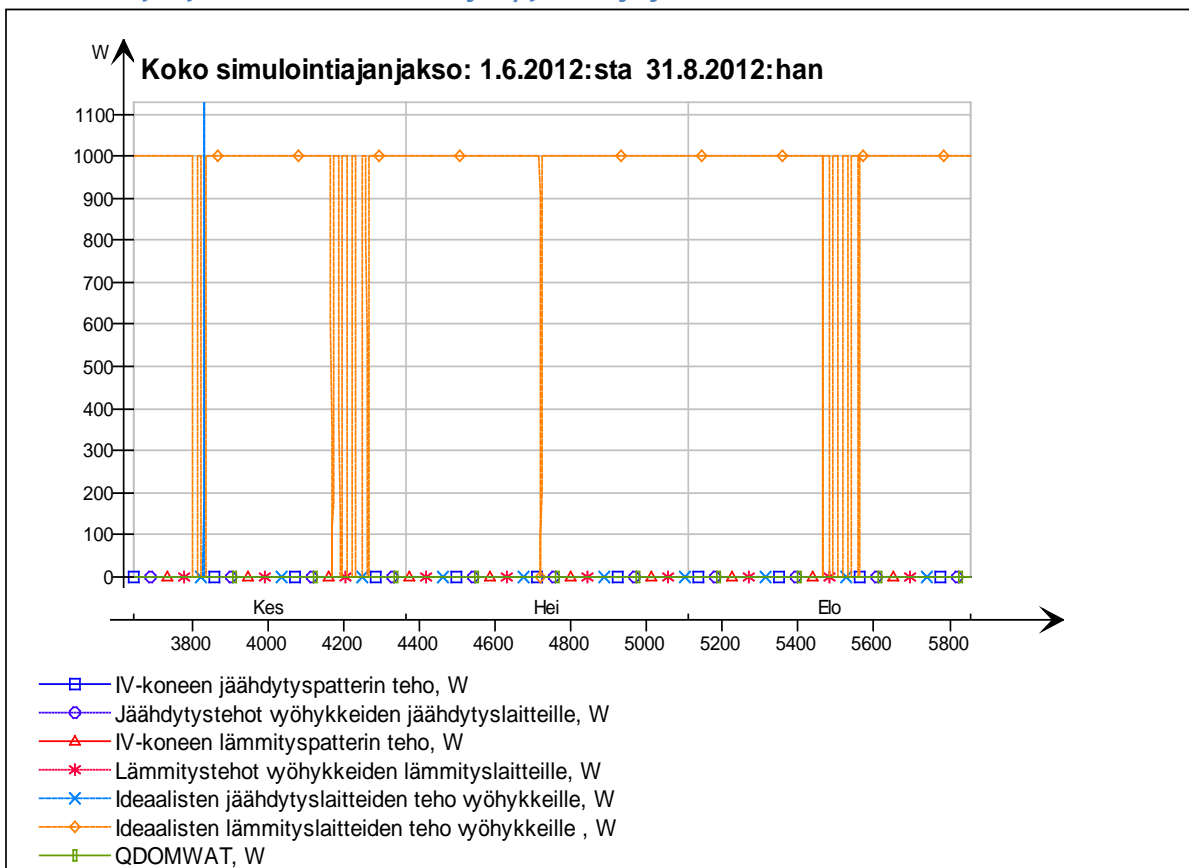


**IDA Indoor Climate and Energy** vers. 4.1021

License: IDA40:ED159  
 Simulatedby: Matias Mäkeläinen  
 Date: 28.2.2012 11:39:47 [141]

**Projektin tiedot**

Project name	6krs
Customer	
Description	
Location	Helsinki
Climate	Säättiedosto Helsinki 1979
Simulationtype	Erillinen simulointi
Simulationperiod	1.6.2012 - 31.8.2012

**Simulationresults****Primäärijärjestelmän lämmitys-/jäähdytystehot****Energia raportti****Rakennuksen viihtyisyysindeksi**

Niiden tuntien osuus, kun operatiivinen lämpötila on yli 27 °C vaikeimmassa yöhykkeessä	0 %
---	-----

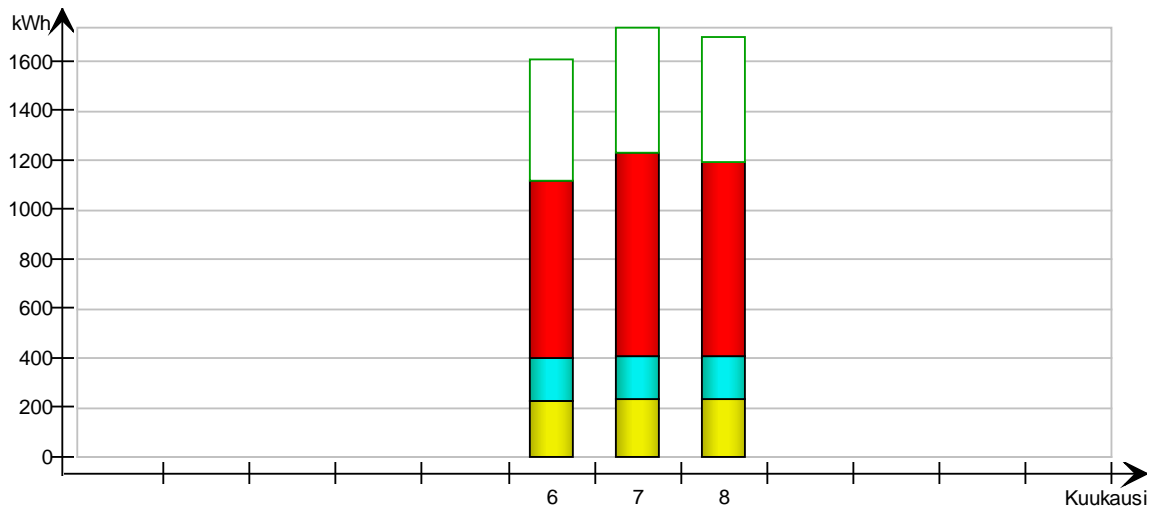
Niiden tuntien osuus, kun operatiivinen lämpötila on yli 27 °C keskimääräisessä vyöhykkeessä	0 %
Niiden tuntien osuus, jolloin vallitsee tyytymättömyys lämpöoloihin	50 %

### Ostoenergiankulutusraportti

		Ostoenergiankulutus	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>
■	Valaistus, kiinteistö	689	2.4
■	Jäähdytys	1	0.0
■	LVI sähkö	524	1.8
	<b>Yhteensä, Kiinteistösähkö</b>	<b>1214</b>	<b>4.3</b>
■	Lämmitys	2325	8.1
■	LKV	0	0.0
	<b>Yhteensä, Kiinteistö polttoaine*</b>	<b>2325</b>	<b>8.1</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>3539</b>	<b>12.4</b>
□	Laitteet, asukas	1504	5.3
	<b>Yhteensä, Asukkaan sähkö</b>	<b>1504</b>	<b>5.3</b>
	<b>Yhteensä</b>	<b>5043</b>	<b>17.7</b>

\*Lämpöarvo

### Kuukausittainen ostoenergiankulutus



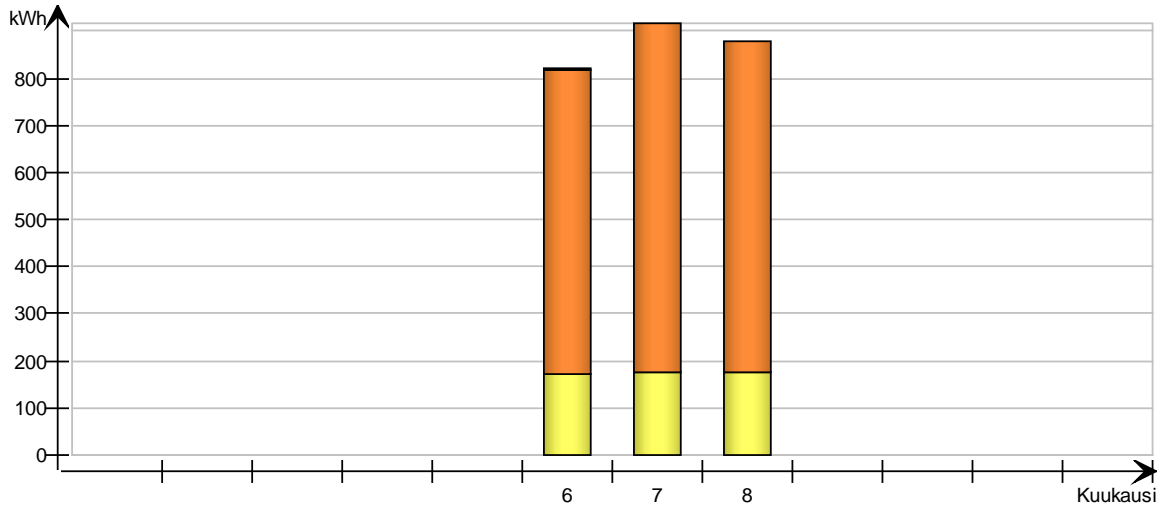
Kuukausi	Kiinteistösähkö			Kiinteistö polttoaine (Lämpöarvo)		Asukkaan sähkö
	Valaistus, kiinteistö	Jäähdytys	LVI sähkö	Lämmitys	LKV	Laitteet, asukas
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
6	224.9	0.7	171.0	718.9	0.0	490.8
7	232.4	0.0	176.7	822.6	0.0	507.1
8	232.1	0.0	176.5	783.3	0.0	506.4
Yhteensä	689.4	0.7	524.2	2324.8	0.0	1504.3

### Järjestelmien energia

## Järjestelmien energia

kWh (tuntuva ja sidottu)

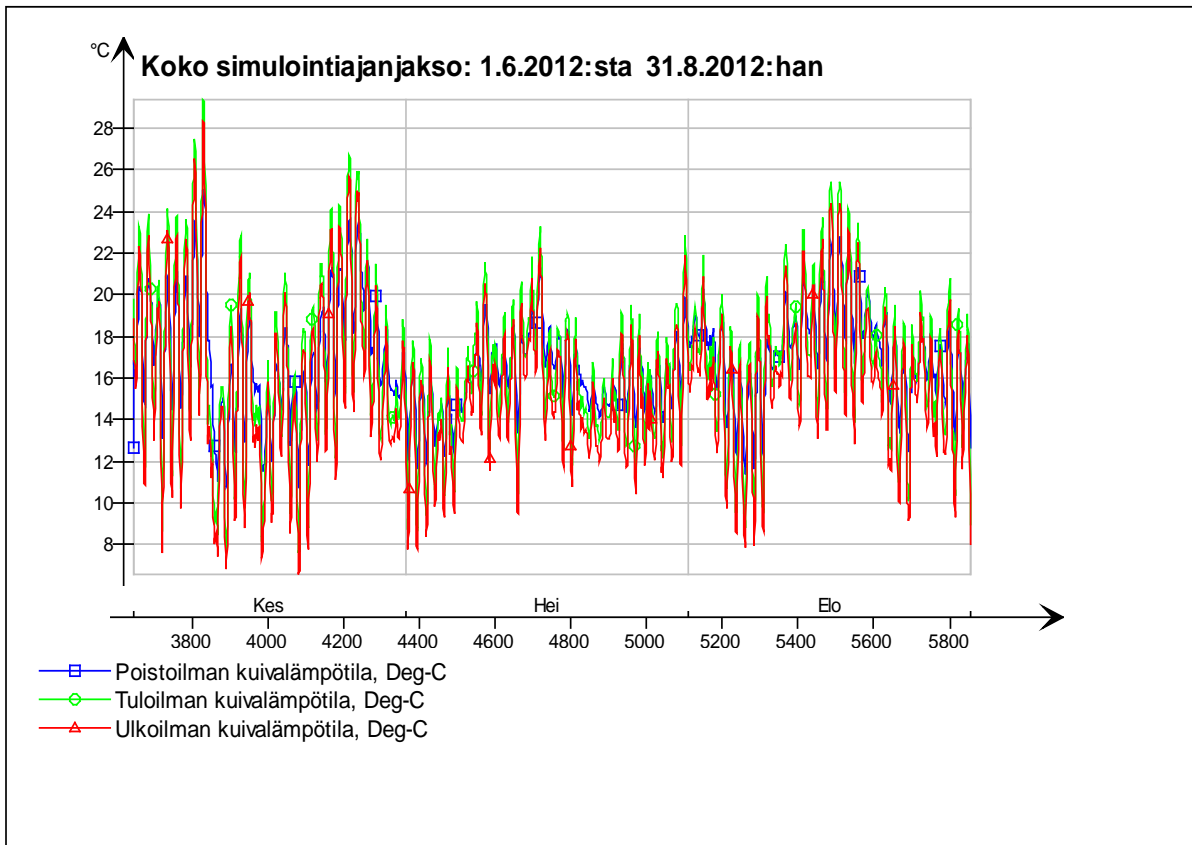
Kuukausi	Tilalämmitys	Tilajäähdytys	Lämmitys IV-koneella	Jäähdytys IV-koneella	LTO	Kylmän talteenotto	Kostutus	Puhaltimet	Pumput	Lämmin käyttövesi
6	647.0	2.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	171.0	0.0	0.0
7	740.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.7	0.0	0.0
8	704.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.5	0.0	0.0
<b>Yhteensä</b>	<b>2092.2</b>	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>524.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>



## IV-kone



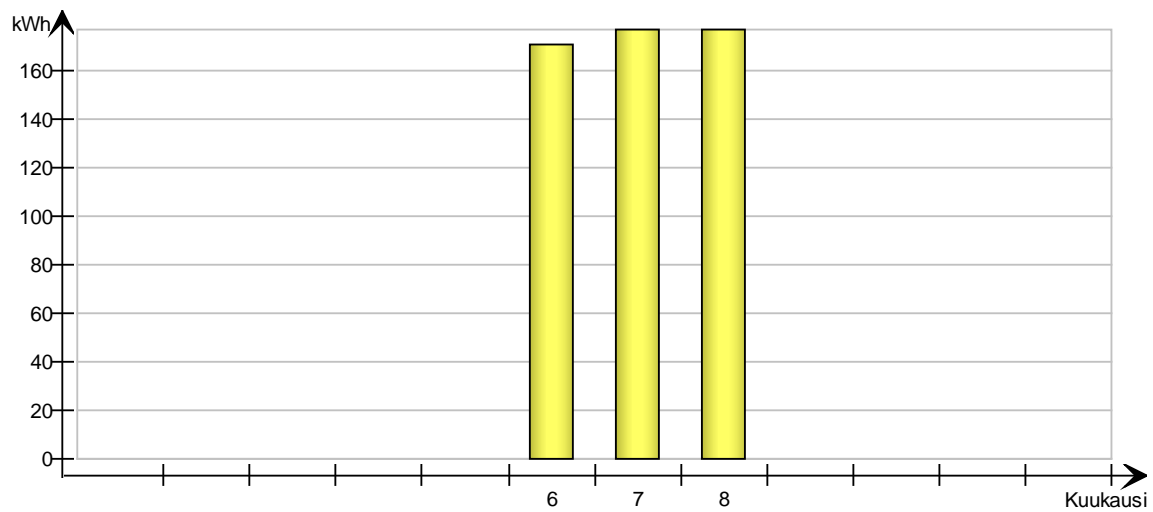
### IV-koneen lämpötilat



### Energiaraportti vyöhykkeelle "IV-kone"

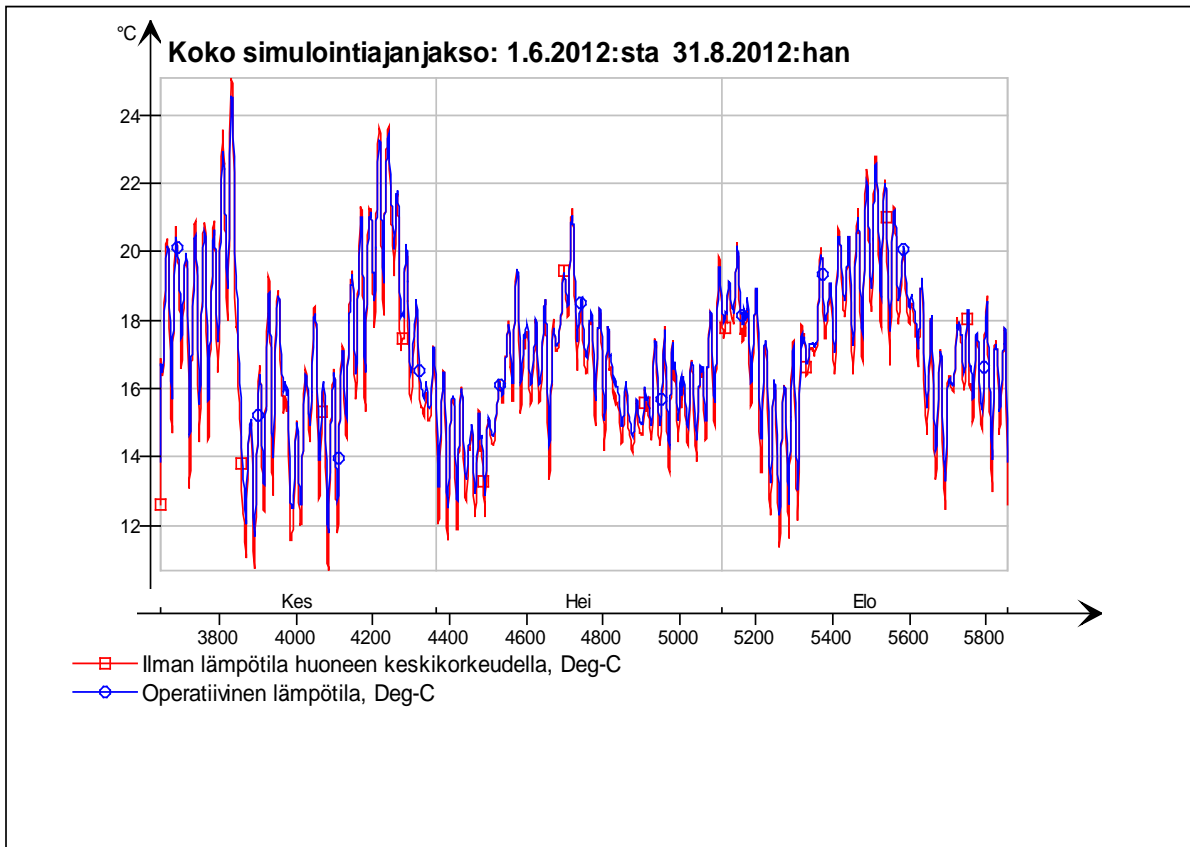
kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Lämmitys	Jäähdytys	LTO	Kylmän talteenotto	Kostutus	Puhaltimet
6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	171.0
7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.7
8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	176.5
<b>Yhteensä</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>524.2</b>

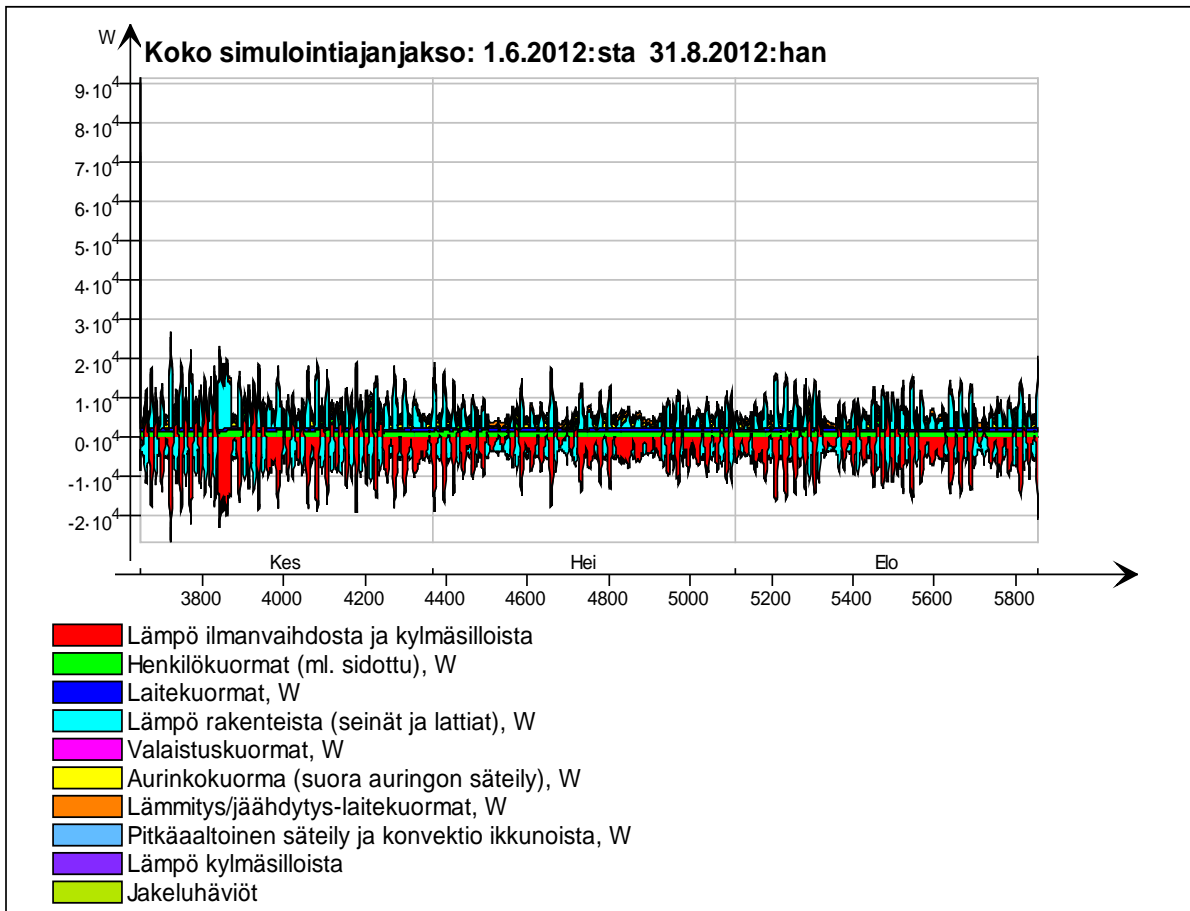


## 6krs

### Lämpötilat



### Lämpötase

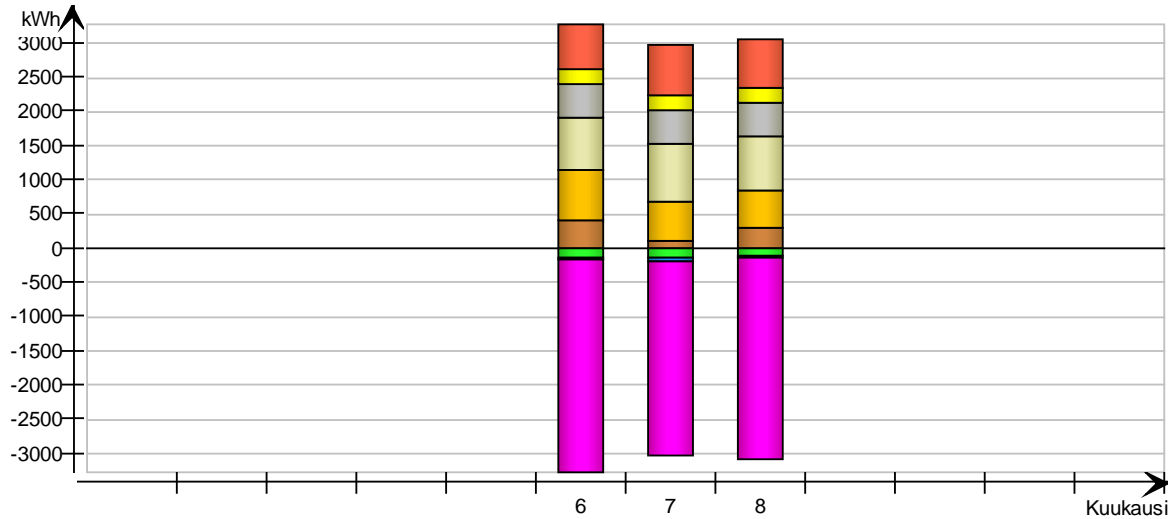


### Vyöhykkeen "6krs" energia

#### Vyöhykkeen "6krs" energia

kWh (Vain tuntuva)

Kuukausi	Vaippa ja Kylmäsiilat	Sisäseinät ja massat	Ulkoikkunat ja Auringon säteily	Kon. tuloilma	Vuotoilma & Aukot	Ihmiset	Laitteet	Valaistus	Paikalliset lämmityslaitteet	Paikalliset jäähdytyslaitteet	Jakeluhäviöt
6	399.7	-123.3	741.8	-28.4	-3121.0	774.8	490.8	224.9	647.0	-2.2	0.0
7	106.6	-140.6	585.4	-42.2	-2839.0	855.1	507.1	232.4	740.3	0.0	0.0
8	291.6	-108.6	560.0	-37.4	-2936.0	790.4	506.4	232.1	704.9	0.0	0.0
<b>Yhteensä</b>	<b>797.9</b>	<b>-372.5</b>	<b>1887.2</b>	<b>-107.9</b>	<b>-8896.0</b>	<b>2420.3</b>	<b>1504.3</b>	<b>689.4</b>	<b>2092.2</b>	<b>-2.2</b>	<b>0.0</b>
Lämmityksen aikainen	1185.0	-292.2	1773.9	-131.6	-9133.3	2375.6	1467.5	672.8	2093.3	0.0	0.0
Jäähdytyksen aikainen	-76.2	-15.0	18.0	4.4	57.6	6.0	5.2	2.4	0.0	-2.2	0.0
Muina aikoina	-310.9	-65.3	95.3	19.3	179.7	38.7	31.6	14.2	-1.1	-0.0	0.0



### Vaipan häviöt

kWh

Kuukausi	Seinät	Katto	Lattia	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat
	<span style="color: brown;">■</span>	<span style="color: red;">■</span>	<span style="color: blue;">■</span>	<span style="color: cyan;">■</span>	<span style="color: magenta;">■</span>	<span style="color: green;">■</span>
6	123.4	276.3	0.0	-67.2	0.0	0.0
7	16.5	90.1	0.0	-72.6	0.0	0.0
8	94.5	197.0	0.0	-72.9	0.0	0.0
Yhteensä	234.4	563.4	0.0	-212.8	0.0	0.0
Lämmityksen aikainen	366.9	818.3	0.0	-215.1	0.0	0.0
Jäähdytyksen aikainen	-26.0	-50.1	0.0	0.7	0.0	0.0
Muina aikoina	-106.5	-204.8	0.0	1.7	0.0	0.0

