

Sami Säisä

Compact Eco 2 -järjestelmän energiansäästöselvitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähköinen talotekniikka

Insinöörityö

17.4.2019

Tekijä Otsikko	Sami Säisä Compact Eco 2 -järjestelmän energiansäästöselvitys
Sivumäärä Aika	45 sivua + 3 liitettä 17.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	sähkötöidenjohtaja, Janne Vitie lehtori, Jarmo Tapio
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä energiansäästöselvitys Compact Eco 2 -järjestelmästä, joita on asennettu asuinkerrostalokiinteistöihin. Tutkimus toteutettiin Säästölaitehuolto Oy:lle, jonka kehittämä järjestelmä myös on. Järjestelmästä on olemassa insinööritoimiston tekemiä teoreettisia laskelmia, joiden rinnalle haluttiin saada todellisia kulutuksia kohteista.</p> <p>Tutkimus toteutettiin vertaamalla sähkön- ja kaukolämmönkulutuksia, joiden lähteenä käytettiin toteutuneita sähkö- ja kaukolämpölaskuja. Laskut saatiin kohteiden isännöitsijöiltä ja aikaväli vertailussa oli vuosi ennen järjestelmän asennusta sekä vuosi järjestelmän asennuksen jälkeen. Tutkimuksen kohteita on yhdeksän, joista kahdeksan sijaitsee Helsingissä ja yksi Vantaalla.</p> <p>Lämmitysenergiankulutuksen osalta tutkimuksessa käytettiin apuna kulutuksen normeerausta, jonka avulla voidaan seurata rakennuksen energiankulutusta riippumatta seurattavan rakennuksen eri kuukausien tai vuosien lämpötilaeroista ja sijainnista.</p> <p>Compact Eco on taajuusmuuttajajärjestelmä, joka on lähinnä suunnattu asunto-osakeyhtiöille parantamaan asumismukavuutta ja energiatehokkuutta. Järjestelmä muuttaa portaattomasti poistopuhaltimen pyörimisnopeutta huomioiden ulkolämpötilan, muuttuvien olosuhteiden ja kanavapaineen vaikutukset.</p> <p>Tutkimuksen tulokset olivat moninaiset. Osassa kohteista tuli huomattavia energiansäästöjä, kun taas osassa energiankulutus jopa kasvoi. Sähköenergiankulutuksen osalta Compact Eco näytti tuottavan hyvin säästöä, kun kohteiden säästökeskiarvo oli 9,9 % ja mediaani 8,3 %. Lämmitysenergiankulutuksen osalta tulokset eivät olleet aivan niin hyviä, kun kohteiden säästökeskiarvo oli 1,0 % ja mediaani -0,2 %.</p>	
Avainsanat	Compact Eco, älykäs taajuusmuuttaja, energiatehokkuus

Author Title	Sami Säisä Energy Saving Study for Compact Eco 2 System
Number of Pages Date	45 pages + 3 appendices 17 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Janne Vitie, Electricity Services Supervisor Jarmo Tapio, Senior Lecturer
<p>The purpose of the final year project was to conduct an energy saving study on the Compact Eco 2 system, used to improve housing comfort and energy efficiency by continuously adjusting the rotation speed of the exhaust fan, according to the outdoor temperature, changing conditions and channel pressure, in apartment buildings. The aim was to complement the theoretical calculations made by a company. Furthermore, the project aimed at establishing the real consumption of the studied buildings.</p> <p>The research was carried out by comparing the consumption of electricity and district heat in nine buildings, based on the electricity and district heating bills of one year before the installation of the Compact Eco 2 system, and one year after the installation of the system. For the heating energy consumption, the study used standardization of consumption, to make the comparison more realistic.</p> <p>The results of the study were inconclusive since some buildings saved energy while in some buildings the energy consumption increased. The Compact Eco seemed to have a positive effect on electrical energy savings, but not so on heating energy consumption.</p>	
Keywords	Compact Eco, smart frequency converter, energy efficiency

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Menetelmät	2
2.1	Kulutuksen normeeraus	2
2.1.1	Lämmitystarveluku	3
2.1.2	Lämmin käyttövesi	4
2.1.3	Lämmitysenergiankulutuksen normitus	5
3	Laitteisto	7
3.1	Compact Eco	7
3.1.1	Asumisviihtyvyys	8
3.1.2	Energiatehokkuus	10
3.1.3	Taajuusmuuttaja	10
4	Tulokset	11
4.1	Kohde 1	12
4.1.1	Sähkö	14
4.1.2	Kaukolämpö	15
4.2	Kohde 2	16
4.2.1	Sähkö	17
4.2.2	Kaukolämpö	18
4.3	Kohde 3	19
4.3.1	Sähkö	20
4.3.2	Kaukolämpö	21
4.4	Kohde 4	22
4.4.1	Sähkö	23
4.4.2	Kaukolämpö	24
4.5	Kohde 5	25
4.5.1	Sähkö	26
4.5.2	Kaukolämpö	27
4.6	Kohde 6	28
4.6.1	Sähkö	29
4.6.2	Kaukolämpö	30
4.7	Kohde 7	31

4.7.1	Sähkö	32
4.7.2	Kaukolämpö	33
4.8	Kohde 8	34
4.8.1	Sähkö	35
4.8.2	Kaukolämpö	36
4.9	Kohde 9	37
4.9.1	Sähkö	39
4.9.2	Kaukolämpö	40
4.10	Yhteenveto	41
5	Pohdinta	42
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Yhteenveto vuositasolla	
	Liite 2. Yhteenveto kuukausitasolla (sähkö)	
	Liite 3. Yhteenveto kuukausitasolla (kaukolämpö)	

Lyhenteet

brm^2	Pinta-alan yksikkö, bruttoneliömetri
$^{\circ}\text{C}$	Lämpötilan yksikkö, celsiusaste
C_p	Veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$)
dm^3	Tilavuuden yksikkö, kuutiodesimetri
Hz	Taajuuden yksikkö, hertsi
kWh	Energianmittauksen yksikkö, kilowattitunti
k_1	Paikkakuntaakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan
k_2	Paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään
MWh	Energianmittauksen yksikkö, megawattitunti
m^3	Tilavuuden yksikkö, kuutiometri
Pa	Paineen yksikkö, pascal
Q	Lämmitysenergian suure, veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)
Q_{kok}	Rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
Q_{lkv}	Käyttöveden lämmittämiseen kuluva lämmitysenergia
$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$	Käyttöveden lämmittämiseen kuluva lämmitysenergia
Q_{norm}	Rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
$Q_{\text{toteutunut}}$	Rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva lämmitysenergia

S_N kunta	Kunnan normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku
S_N vpkunta	Vertailupaikkakunnan normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku (1981–2010)
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	Vertailupaikkakunnan toteutunut kuukauden tai vuoden lämmitystarveluku
T_1	Lämmitettävän veden lämpötila (°C)
T_2	Lämmitetyn veden lämpötila (°C)
V	Vedenkulutus (m ³)
V_{lkv}	Kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m ³ /vuosi)
ρ	Veden tiheys (1 000 kg/m ³)

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Säätolaitahuolto Oy:lle energiansäästöselvitys Compact Eco 2- järjestelmästä, joita on asennettu asuinkerrostalokiinteistöihin ja jonka kehittämä järjestelmä myös on. Järjestelmästä on olemassa insinööritoimiston tekemiä teoreettisia laskelmia, joiden rinnalle haluttiin saada todellisia kulutuksia kohteista. Tutkimus ei ole absoluuttinen totuus, vaan enemmänkin antaa suuntaa järjestelmän vaikutuksista rakennuksen energiankulutukseen.

Compact Eco on Säätolaitahuolto Oy:n kehittämä taajuusmuuttajajärjestelmä, joka on lähinnä suunnattu asunto-osakeyhtiöille parantamaan asumismukavuutta ja energiatehokkuutta. Taajuusmuuttajat ovat jo yleisiä uusissa rakennuksissa ja Compact Eco -järjestelmän avulla on myös vanhojen kiinteistöjen mahdollista päästä asumisviihtyvyydessä ja energiatehokkuudessa paremmalle tasolle. Compact Eco muuttaa portaattomasti puhaltimen pyörimisnopeutta huomioiden ulkolämpötilan, muuttuvien olosuhteiden ja kanavapaineen vaikutukset.

Tutkimus toteutettiin vertaamalla sähkön ja kaukolämmön kulutuksia, joiden lähteenä käytettiin toteutuneita sähkö- ja kaukolämpölaskuja. Laskut saatiin kohteiden isännöitsijöiltä ja aikaväli vertailussa oli vuosi ennen järjestelmän asennusta sekä vuosi järjestelmän asennuksen jälkeen. Tutkimus toteutettiin yhdeksään kohteeseen, joista kahdeksan sijaitsee Helsingissä ja yksi Vantaalla.

Energiatehokkuutta voidaan taloyhtiöissä parantaa niin pienillä kuin suurillakin toimilla. Jokainen voi arkisilla toimillaan ja havainnoinneillaan vaikuttaa energiankulutukseen ja laitteistojen kunnossapitoon ilmoittamalla mahdollisista vioista ja puutteista hyvissä ajoin. Taloyhtiön hallinto pitää huolen siitä, ettei energiaa tuhleta huonosti ylläpidetyn rakennuksen ja järjestelmien toimimattomuuden takia. Näiden asioiden ohella myös rakennuksen normaalin elinkaaren korjaushankkeet ovat osa energiatehokkuutta. [15]

Kiinteistösähkön kulutus kerrostalon hoitokuluista on neljän prosentin luokkaa. Eri rakennusten kesken johtuva vaihtelu johtuu siitä, että toisissa rakennuksissa on eri toimintoja kuin toisissa, kuten hissi ja autohalli tai autopaikkoja. Lisäksi kiinteistösähköä saatetaan käyttää talosaunaan, pesutupaan, ulkovalaistukseen, yleistentilojen valaistukseen, kattokaivo- ja räystäslämmityksiin, kylmäkellariin sekä puhaltimiin ja pumppuihin. Jotkin

taloyhtiöt saattavat sisällyttää kiinteistösähköön kuuluvia kulutuseriä myös asukkaiden sähkölaskuun, kuten märkätilojen lattialämmityksen tai asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneen. [13]

Huoneisto- eli kotitaloussähkön kulutuksen jokainen kotitalous maksaa omassa sähkölaskussaan, josta on tehty oma sähkösopimuksensa. Sähkönmyyjän, jonka kanssa kotitalous tekee sähkösopimuksen, on vapaasti valittavissa. Yleisimmin huoneistosähköä käytetään televisioon, tietokoneeseen, valaistukseen, ruoanvalmistukseen, kylmälaitteisiin, astian- ja pyykinpesuun, huoneistosauunan lämmittämiseen sekä muihin kodin sähkölaitteisiin. [14]

Rakennuksen lämmitysenergia koostuu tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen viemästä energiasta, josta lämpimän käyttöveden osuus on yleensä 20–30 prosenttia. Rakennuksen lämpöhäviöt ovat suurimmat ilmanvaihdon ja ulkovaipan kautta. Ilmanvaihto ilman poistoilman lämmöntalteenottoa sekä ulkoseinät ja ikkunat aiheuttavat suurimmat lämpöhäviöt asuinkerrostalossa (kuva 1). [12]

2 Menetelmät

2.1 Kulutuksen normeeraus

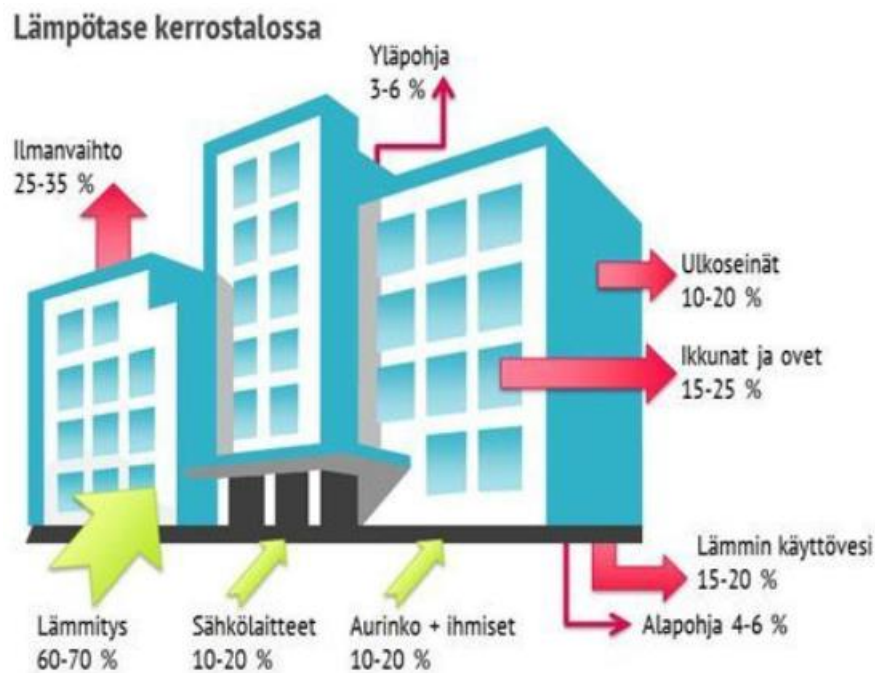
Tutkimuksessa käytettiin apuna kulutuksen normeerausta, joka auttaa kulutusseurannassa ja on lähtökohtana energiatehokkaalle käytölle. Kulutuksen normeerauksen avulla voidaan seurata rakennuksen energiankulutusta riippumatta seurattavan rakennuksen eri kuukausien tai vuosien lämpötilaeroista ja sijainnista. [2]

Normeerauksessa otetaan vain huomioon rakennuksen lämmittämiseen kuluva energia, joka on sääriippuvainen, ja tämän takia normeerauksesta täytyy erottaa lämpimän käyttöveden viemä energia [2].

Normeerausta tehtäessä tarvitaan myös lämmitystarveluvut kuukausikohtaisesti, koska lämmityksen energiankulutus on verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilan erotukseen. Tarvittavat lämmitystarveluvut saadaan Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilta maksutta. [1; 2.]

2.1.1 Lämmitystarveluku

Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Yleisimmin käytetään lämmitystarvelukua S17, joka lasketaan +17 °C:ksi oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvon erotuksen perusteella. Erilaiset sisäiset ja ulkoiset lämmönlähteet, joita ovat esimerkiksi ihmiset, valaistus, laitteet sekä auringonsäteily, pienentävät rakennuksen lämmitysenergian tarvetta (kuva 1). Näiden lämmityksessä hyödynnettävien energioiden oletetaan kattavan laskennallisen sisälämpötilan +17 °C ja todellisen sisälämpötilan eron. [5]



Kuva 1. Kerrostalojen lämpöhäviöiden osuus kokonaislämpöenergiasta [15]

Vuorokausien lämmitystarvelukujen summasta muodostuu kuukauden lämmitystarveluku ja kuukausien lämmitystarvelukujen summasta vuoden lämmitystarveluku. Lämmitystarveluku on sitä suurempi, mitä kylmempi on kyseinen päivä, kuukausi tai vuosi. Päiviä, joiden keskilämpötila on yli +10°C keväällä ja yli 12°C syksyllä, ei huomioida lämmitystarvelukua laskettaessa. Näiden päivien kohdalla oletetaan, että kiinteistöjen lämmitys aloitetaan ja lopetetaan päivittäin, kun ulkolämpötilan mainitut rajat alittuvat tai ylittyvät. [5]

2.1.2 Lämmin käyttövesi

Koska normituksessa otetaan vain huomioon sääriippuvainen rakennuksen lämmittämiseen kuluva energia, täytyy normituksesta siis erottaa lämpimän käyttöveden viemä energia. Käyttöveden lämmitykseen kuluvaan energiaan sisältyvät myös kiertojohdoissa syntyvät lämpöhäviöt, jotka saattavat olla hyvinkin merkittäviä. Vanhojen rakennusten kiertojohtojen lämpöhäviöt voivat olla samansuuruiset kuin itse käyttöveden lämmitykseen kuluva energia. [3]

Lämpimän käyttöveden energiankulutuksen arvioinnissa voi käyttää seuraavia menetelmiä:

- Lämpimän käyttöveden energiankulutuksena käytetään ensisijaisesti rakennuksen käyttöveden energiamittauksiin perustuvaa arvoa.
- Mikäli lämpimän käyttöveden energiankulutusta Q_{lkv} (kWh/vuosi) ei ole mitattu erikseen, lasketaan se kulutetun lämpimän käyttöveden perusteella yhtälöllä:

$$Q_{lkv} = 58 \times V_{lkv} \quad (1)$$

V_{lkv} on kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m³/vuosi)

58 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m³.

- Jos lämpimän käyttöveden määrää V_{lkv} ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % veden kokonaiskulutuksesta ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta.
- Mikäli veden kokonaiskulutusta ei ole mitattu, käytetään lämpimän käyttöveden määrän V_{lkv} oletusarvona asuinrakennuksissa 0,6 m³/brm² (= 600 dm³/brm²) vuodessa. Muissa kuin asuinrakennuksissa voidaan käyttää taulukon 1 mukaisia arvoja.

Taulukko 1. Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvot [3]

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti V_{lkv} (dm ³ /brm ² /vuosi)
Toimistorakennus	100
Terveydenhoito	520
Päiväkoti	460

Teatteri	120
Uimahalli	1 800
Opetusrakennus	180
Myymälä	65
Muut rakennukset	100

Kulutuksen seurantaan tehdessä voi myös käyttää seuraavia tapoja:

1. Lämpimän käyttöveden osuus, kiertojohdon häviöt mukaan luettuna, voidaan arvioida kesä-elokuun keskimääräisen kulutuksen perusteella. Edellytyksenä on, että rakennuksen lämmitys ei ole ollut päällä. Yli kymmenen asunnon asuinrakennuksessa satunnaisten poissaolojen aiheuttamat poikkeamat ovat keskimääräisen kulutuksen kannalta yleensä pieniä.
2. Jos kulutetun lämpimän käyttöveden määrä on mitattu, voidaan sen lämmittämiseen kulunut energia laskea yhtälöllä:

$$Q = \frac{\rho x c_p x V x (t_2 - t_1)}{3600} \quad (2)$$

Q on veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)
 ρ on veden tiheys (1000 kg/m³)
 c_p on veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg°C)
 V on vedenkulutus (m³)
 t_1 on lämmitettävän veden lämpötila (°C)
 t_2 on lämmitetyn veden lämpötila (°C)
 3600 on yksikkömuunnoskerroin (kJ->kWh).

2.1.3 Lämmitysenergiankulutuksen normitus

Normittamalla lämmitysenergiankulutus, saadaan keskenään vertailukelpoisia lämmitysenergiankulutuksia eri vuosien kuukausista. Normituksessa otetaan vain huomioon rakennuksen lämmittämiseen kuluva energia, ja tämän takia normituksesta täytyy erottaa lämpimän käyttöveden viemä energia. [4]

Yhtälöitä energiankulutuksen normitukseen on viisi kappaletta, mutta tässä tutkimuksessa tarvittiin vain yhtä. Seuraavia yhtälöitä on tarjolla lämmitysenergiankulutuksen normeeraukseen tapauskohtaisesti:

$$Q_{\text{toteutunut}} = Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (3)$$

Ainoastaan rakennuksen lämmittämiseen kuluva energiaa normitetaan, joten säästä riippumaton lämpimään käyttövedeen kuluva energia täytyy ensin poistaa kokonaislämmityskulutuksesta yhtälöllä 3.

$$Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (4)$$

Yhtälö 4 ei ole vertailukelpoinen muilla paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten kulutuksiin ilman korjauskertoimen käyttöä.

$$Q_{norm} = k_2 \times \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (5)$$

Yhtälöllä 5 normeeratessa rakennuksen energiankulutuksia kuukausi- tai vuositasolla valtakunnalliseen vertailupaikkakuntaan Jyväskylään, voidaan esimerkiksi verrata eri puolilla maata olevia rakennuksia toisiinsa.

$$Q_{norm} = k_1 \times \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (6)$$

Kun halutaan verrata saman alueen normitettuja kulutuksia keskenään kuukausi- tai vuositasolla, käytetään yhtälöä 6.

$$S_N \text{ kunta} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{k_1} \quad (7)$$

Kun rakennuksen toteutunut kiinteistökohtainen lämmitystarveluku on rakennusautomaatiojärjestelmän laskema, voidaan yhtälöllä 7 ratkaista rakennuksen normaalivuoden lämmitystarveluku sijaintipaikkakunnalle.

$$Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (8)$$

Kunnalle normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku $S_N \text{ kunta}$ saadaan, kun vertailupaikkakunnan normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku $S_N \text{ vpkunta}$ jaetaan kertoimella k_1 . Tarkin normitus rakennuksen kulutukselle saadaan yhtälöllä 8.

- Q_{kok} on rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
- $Q_{\text{toteutunut}}$ on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva lämmitysenergia
- $Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$ on käyttöveden lämmittämiseen kuluva lämmitysenergia
- Q_{norm} on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
- $S_N \text{ vpkunta}$ on vertailupaikkakunnan normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku (1981-2010)
- $S_N \text{ kunta}$ on kunnan normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku
- $S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ on vertailupaikkakunnan toteutunut kuukauden tai vuoden lämmitystarveluku
- k_1 on paikkakunta-kohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan
- k_2 on paikkakunta-kohtainen korjauskerroin Jyväskylään

Yhteistä näille yhtälöille lämmitystarvelukujen kuukausitason normituksen osalta on se, että normitusta ei tehdä, mikäli kyseisen kuukauden toteutunut lämmitystarveluku on

nolla. Tässä tapauksessa kuukauden mitattu lämmitysenergia vastaa normitettua lämmitysenergiankulutusta. [4]

Normituksessa on havaittu epäkohta tavallista lämpimimpien touko- ja syyskuiden osalta, minkä takia mitattu lämmönkulutus normituksessa moninkertaistuu. Tämä johtuu siitä, että kyseessä olevan kuukauden toteutunut lämmitystarveluku on jäänyt huomattavasti pienemmäksi kuin vastaava ”normaalivuoden” lämmitystarveluku, joka määräytyy pidemmältä ajanjaksolta. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa tämä ”normaalivuoden tai -kuukauden” lämmitystarveluku määräytyy vuosilta 1981–2010. [4]

Ongelman korjaamiseksi on suositeltu, että jos kertoimesta tulee epärealistinen niin kyseessä olevien kuukausien normeeraus jätettäisiin tekemättä, jotta vertailun tarkoituksenmukaisuus säilyisi. Jos tähän normituksen tekemättä jättämiseen päädytään, olisi se aina tehtävä tapauskohtaisesti. Etelä-Suomessa myös kesäkuukausien, eli kesä-, heinä- ja elokuun lämmitysenergiankulutuksen normeeraus voidaan jättää tekemättä tästä samaisesta syystä. [4; 10; 11]

3 Laitteisto

3.1 Compact Eco

Compact Eco on Säätolaittehuolto Oy:n kehittämä taajuusmuuttajajärjestelmä, joka on lähinnä suunnattu asunto-osakeyhtiöille parantamaan asumismukavuutta ja energiatehokkuutta. Järjestelmän tehtävä on huolehtia yksittäisen asukkaan ilmanvaihdosta vakiomalla talokohtaisen imupaineen. Järjestelmä on helppohoitoinen, asumismukavuutta ja -viihtyisyyttä lisäävä, sekä energiatehokas ja ekologinen. [6; 7]

Compact Eco muuttaa portaattomasti puhaltimen pyörimisnopeutta huomioiden ulkolämpötilan, muuttuvien olosuhteiden ja kanavapaineen vaikutukset. Kierrosnopeuksien portaaton säätö puhaltimissa ei vain säästä energiaa, vaan myös pienentää laitteiston rasi-
tusta, eli pidentää laitteiston käyttöikää sekä huollon tarve vähenee. [7; 8]



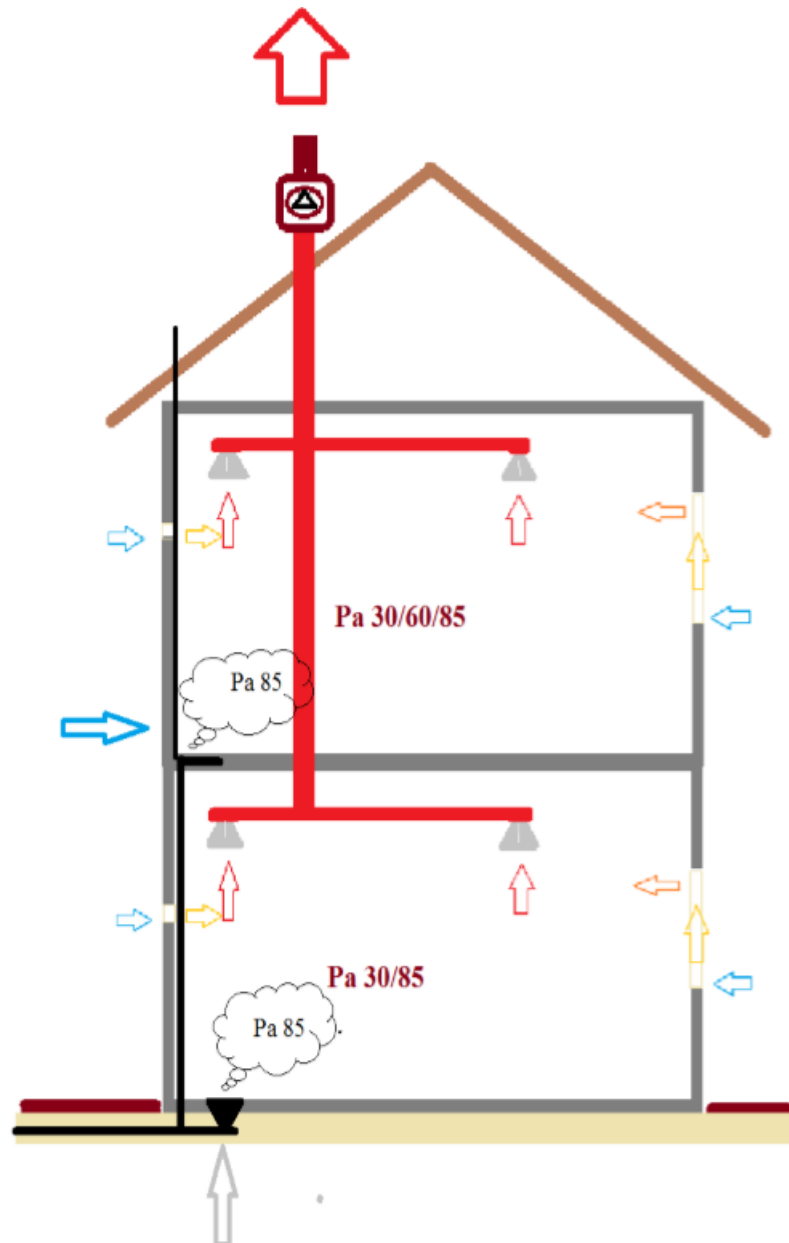
Kuva 2. Compact Eco -taajuusmuuttaja asennettuna

Compact Eco -järjestelmässä käytetään ABB:n taajuusmuuttajia niiden luotettavien ominaisuuksien takia, jotka on käytössä testattu (kuva 2). Lisäksi tarvitaan paine-eroanturi ja ulkolämpötila-anturi antamaan tietoa kanavapaineesta imukammiossa sekä ulkolämpötilasta. Järjestelmän hankintahinta on noin 2 500 euroa, ja sillä voidaan toteuttaa älykäs ohjaus hyödyntäen jo valmiina olevat kaksinopeus poistopuhaltimet sekä niiden kaapelit. Järjestelmä ei tarvitse ulkoisia käyttöjärjestelmiä, vaan kaikki toteutetaan sisäisellä toiminnolla. [6; 7]

3.1.1 Asumisviihtyvyys

Poistoilmajärjestelmissä, jotka perustuvat pelkästään puhaltimien vakiokierroksien vaihteluun, on yleisenä ongelmana huoneistokohtaisten säätöjen vuoksi kanavapaineen heittäminen. Jos naapuri esimerkiksi tukkii poistokanavansa, tämä aiheuttaa ylisuuren alipaineen muissa asunnoissa. Tämän seurauksena korvausilma asunnoissa saa aikaan äänihaittoja ja vedontunnetta, esimerkiksi ikkunoista, parvekkeen ovista ja jopa viemäristä, jolloin syntyy myös hajuhaittoja (kuva 3). [7; 8]

Compact Eco -järjestelmä vakioi portaattomasti imupainetta huomioimalla ulkolämpötilassa ja kanavapaineessa tapahtuvat muutokset, mitoittaen näin ilmanvaihdon jokaisessa asunnossa oikeaksi, joten enää eivät naapureiden säädöt päätelaitteissa vaikuta muihin asukkaisiin (kuva 3). [7; 8]



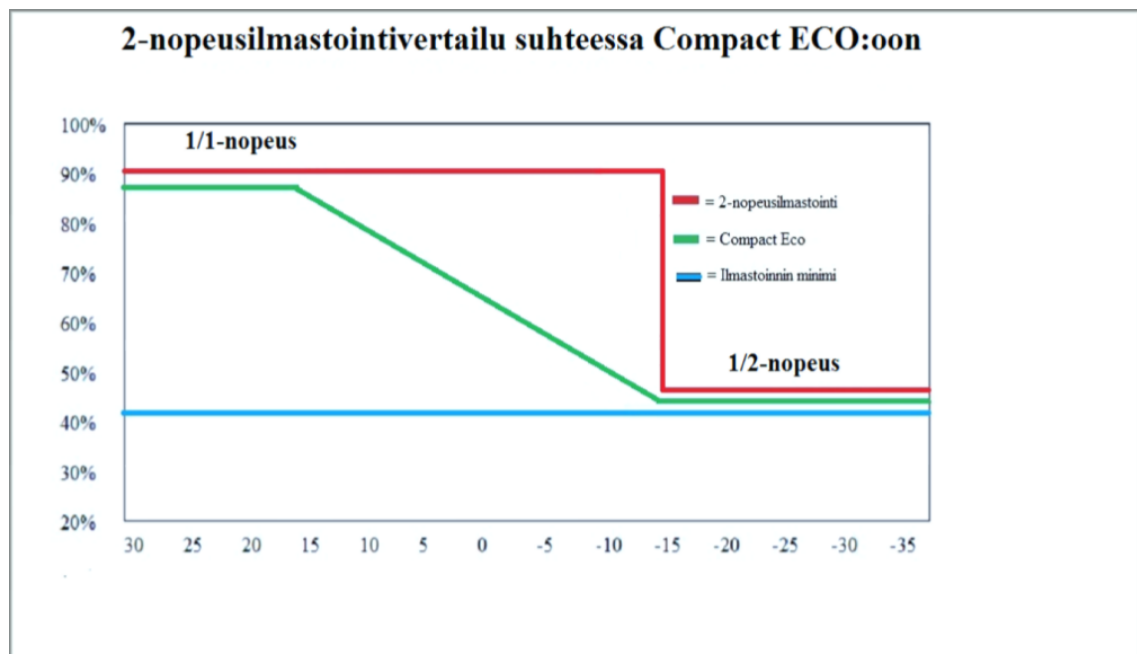
Kuva 3. Vakiopaine kanavistossa [8]

Järjestelmään on myös mahdollista saada helleviilennystoiminto, joka mahdollistaa paremman asumismukavuuden myös kuumina ajanjaksoina. Esimerkki helletuuletuksesta: kun ulkolämpötila on ollut x tunnin ajan yli +25 °C:n ja kun ulkolämpötila laskee alle +20 °C:n, puhallin menee maksimiteholle x tunnin ajaksi. [7; 8]

3.1.2 Energiätehokkuus

Compact Eco -taajuusmuuttajajärjestelmän energiansäästö saadaan vähentämällä puhaltimen moottorin pyörimisnopeutta portaattomasti (kuva 4). Sähkön osalta säästöä syntyy siitä, että mitä alempi on puhaltimen pyörimisnopeus niin sitä vähemmän se vaatii tehoa. Lämmitysenergian säästö syntyy taas siitä, että lämmitettyä ilmaa imetään vähemmän ulos. [8; 9, s. 45.]

Compact Eco on ohjelmoitu niin, että se täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet. Kuvassa 4 näkyvä ilmastoinnin minimi kuvaa D2:n mukaista ilmanvaihdon alarajaa asuintaloissa.

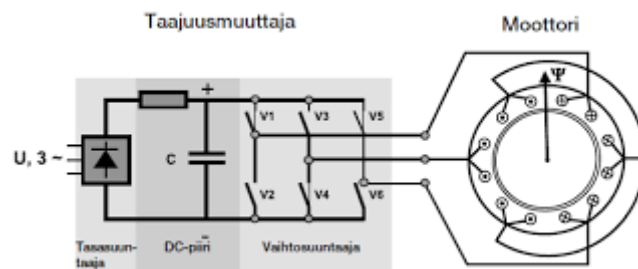


Kuva 4. Portaaton säätö [8]

3.1.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajan tehtävä on muuttaa vaihtojännitteen ja -virran taajuutta, ja siihen kuuluu kolme pääosaa, jotka ovat tasasuuntaaja, välipiiri sekä vaihtosuuntaaja (kuva 5). Kolmivaiheista 50 Hz:n vaihtovirtaa syötetään tasasuuntaajaosaan, jossa virta muunnetaan tasavirraksi. Seuraavaksi tasajännite kulkee tasajännitevälipiirin lävitse, jossa siitä suodatetaan sykkivä jännite. Lopuksi vaihtosuuntaajayksikkö kytkee jokaisen

moottorivaiheen tietyssä järjestyksessä joko positiiviseen tai negatiiviseen tasajännitevälipiiriin. [9, s. 35–36.]



Kuva 5. Taajuusmuuttajan lohkokaavio

Taajuusmuuttaja ja oikosulkumoottori on yhdistelmänä hyvä ja taloudellinen ratkaisu, koska taajuus ja pyörimisnopeus ovat suoraan verrannollisia. Siten kun moottorin taajuutta muutetaan portaattomasti, pyörimisnopeus muuttuu myös vastaavasti. [9, s. 37.]

Taajuusmuuttaja mahdollistaa myös moottorin pehmeän käynnistyksen ja pysäytyksen riippumatta kuormituksesta. Raskaatkin käytöt on mahdollista saada käyntiin ylittämättä moottorin nimellisvirtaa. [9, s. 37.]

Puhallin- ja pumppusovelluksissa portaattomalla nopeudensäädöllä moottorissa energiankulutus vähenee niin paljon, että taajuusmuuttajan on mahdollista maksaa itsensä takaisin parissa vuodessa (kuva 4) [9, s. 45].

4 Tulokset

Tutkimus toteutettiin käyttäen yhdeksän asunto-osakeyhtiön toteutuneita kaukolämpö- ja sähkölaskuja, joista lämmitysenergiankulutus normeerattiin vertailukelpoisuuden vuoksi. Vertailut kohteista ovat ajalta: vuosi ennen järjestelmän asentamista, sekä vuosi järjestelmän asentamisen jälkeen. Kohteet 1–7 ja 9 sijaitsevat Helsingin alueella ja kohde 8 Vantaalla. Kohteet 1–6 sijaitsevat samalla alueella, joten vain kohteen 1 kohdalla on esitetty niiden sijainti kartalla.

Lämpimän käyttöveden viemä lämmitysenergia arvioitiin luvun ”2.1.2 Lämmin käyttövesi” mukaan seuraavasti: lämpimän käyttöveden osuus energiankulutuksen arvioinnissa,

mukaan lukien kiertojohdon lämpöhäviöt, arvioitiin kesä-, heinä- ja elokuun keskimääräisen kulutuksen perusteella. Tämä edellyttää sitä, että rakennusta ei ole lämmitetty tänä aikana, eli kun $S_{\text{toteutunut vpkunta}} = 0$.

Vertailussa käytettiin yhtälöitä 3 ja 4, jotka on esitetty luvussa ”2.1.3 Lämmitysenergiankulutuksen normitus”, jossa verrataan saman rakennuksen lämmitysenergiankulutusta eri ajankohtina. Toisin kuin yhtälössä 4 lämmintä käyttövedtä ei ole lisätty takaisin tulokseen, koska tutkimuksessa vertailtiin vain rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energiaa.

Vertailusta on jätetty pois touko-, kesä-, heinä-, elo- ja syyskuun lämmitysenergiankulutukset. Asia on kerrottu luvun ”2.1.3 Lämmitysenergiankulutuksen normitus” loppupuolella. Näiden kuukausien osalta olisi voitu käyttää näiden kuukausien toteutuneita kuluksia, mutta päätin jättää ne pois ja verrata vain niitä kuukausia, joista saatiin järkevä normeeraus toteutettua.

Lisäksi lämmitysenergiankulutuksen suhteen oli tarkoitus tutkia tilojen lämmittämiseen kuluvan energian muutoksia, joten tämä olisi sotkenut näitä tuloksia. Esimerkiksi jos kuukauden $S_{\text{toteutunut vpkunta}} = 0$, tällöin sen kuukauden toteutunut lämmitysenergiankulutus on mennyt käyttöveden lämmittämiseen.

Tuloksissa esitetyissä kuvissa on positiivisia ja negatiivisia lukuja sekä värimerkintöjä, jotka tarkoittavat seuraavaa: vihreä ja positiivinen arvo ovat säästöjä, kun taas punainen ja negatiivinen arvo tarkoittaa kulutuksen kasvua.

4.1 Kohde 1

Kohde sijaitsee Helsingin Siltämäessä (kuva 6) ja on vuonna 1968 valmistunut taloyhtiö, joka koostuu kuudesta betonielementtikerrostalosta. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 14 638 m², ja rakennusten tilavuus on 23 870 m³. Rakennukset ovat 2-kerroksisia ja rappuja on 15 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 80 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 6 158 m². Väestönsuojissa on tilaa 290 henkilölle.



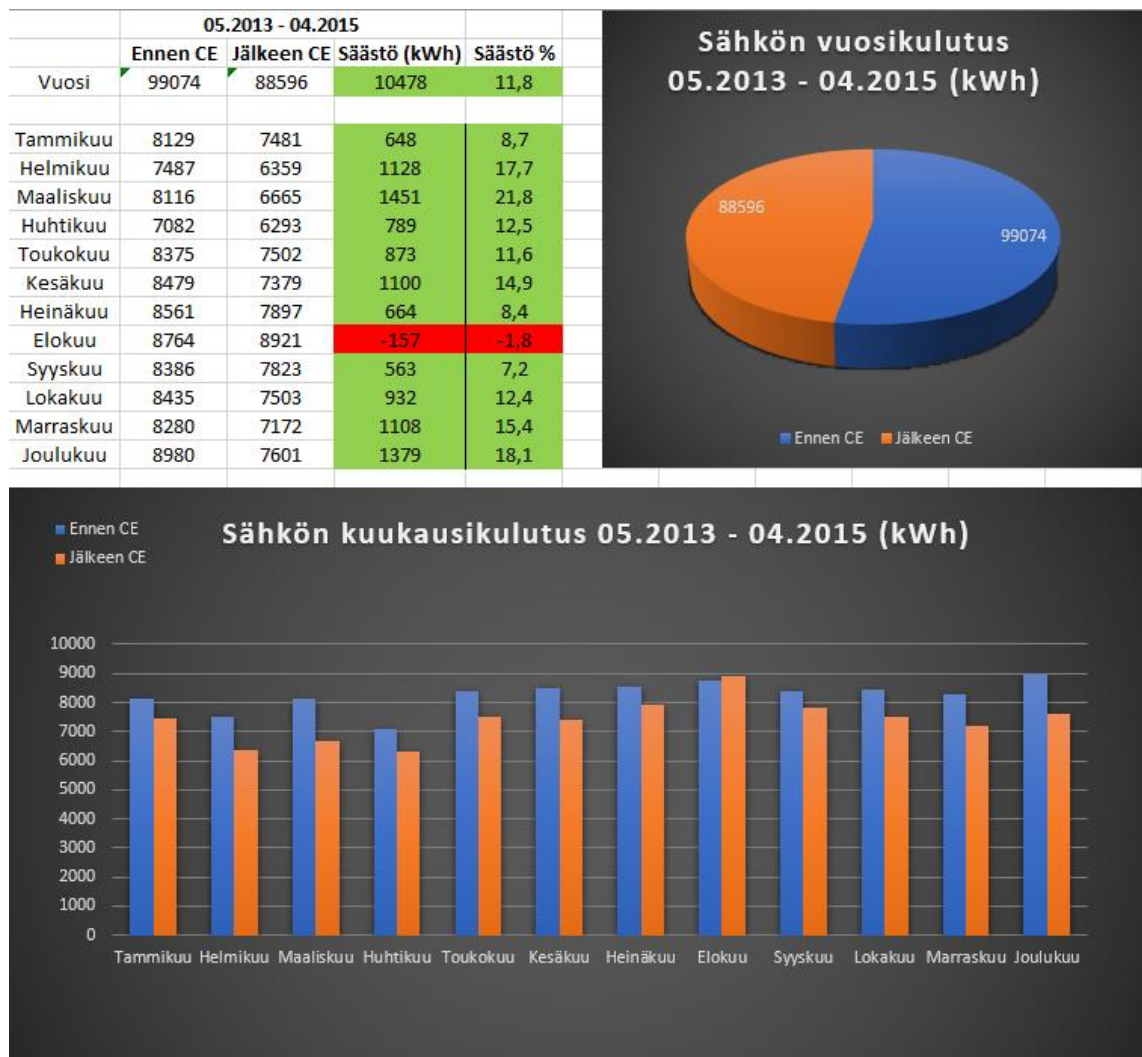
Kuva 6. Kohteiden 1–6 sijainti

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Etuikkunoiden asennus (1988)
- Kattopinnoitteiden uusiminen (1992)
- Elementtien saumaus (1992)
- Lämpö- ja vesijohtojen uusiminen, talojen 1 ja 2 välistä (2003)
- Saunaremontti, talo 3 (2008)
- Bauer-vedenkäsittelylaitteistot käyttöveteen ja patteriverkostoon (2010–2011)
- Kaukolämmön säätölaitteiden uusiminen sekä pihavalojen, ilmanvaihdon, ulko-ovienlukituksen ja saunojen ohjauksen liittäminen rakennusautomaatioon (2011–2012)
- IV-hormien nuohous ja säätö (2013)
- Lämmönsiirtimet uusittu (2014).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 8 kappaletta ja loppuohjelmoinnit on suoritettu huhtikuussa vuonna 2014. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 5.2013–4.2015.

4.1.1 Sähkö

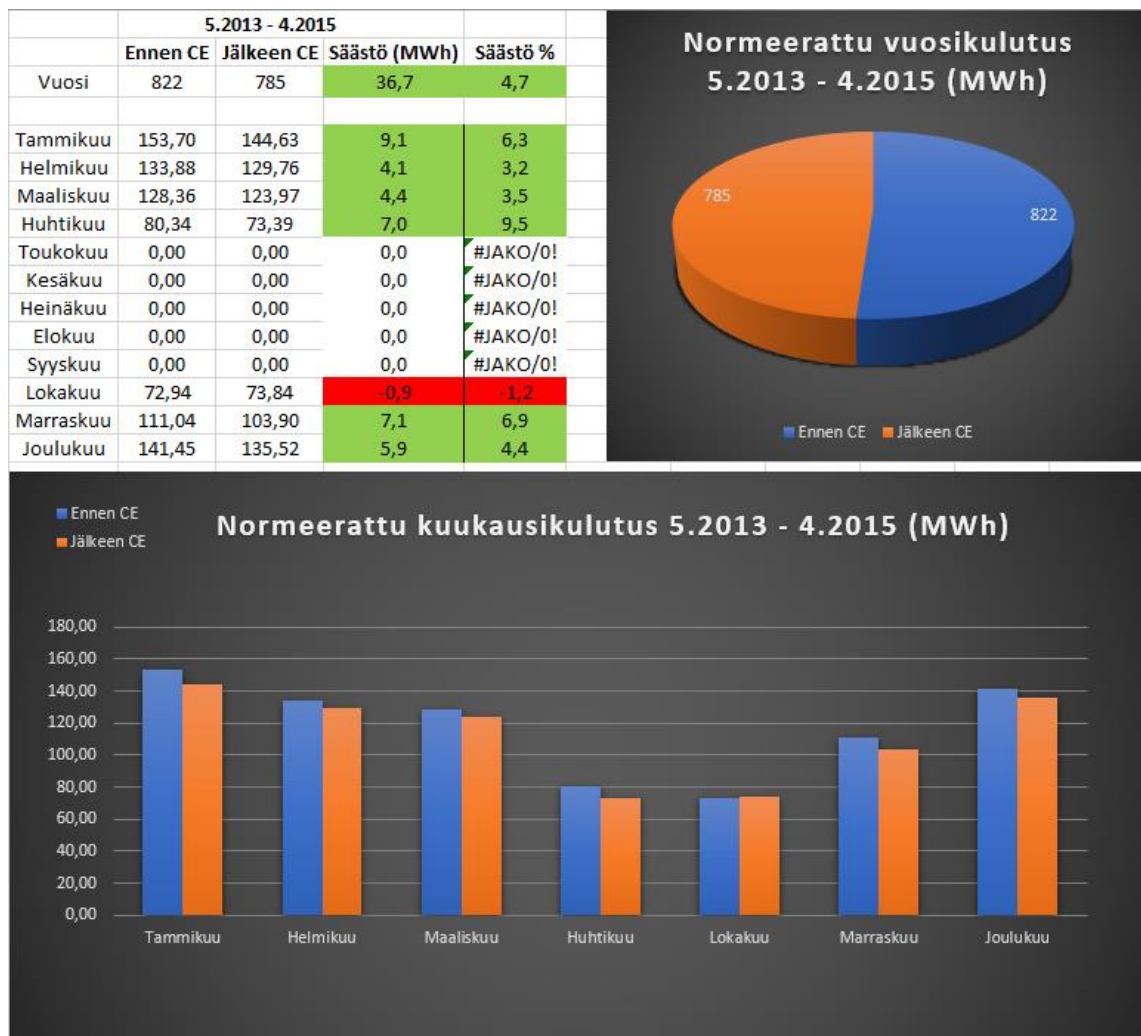


Kuva 7. Kohteen 1 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 7 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 7 nähdään, kohteessa 1 säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 10 478 kWh, eli 11,8 %. Kuukausitasolla maaliskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 1 451 kWh, eli 21,8 % ja elokuu jäi ainoana kuukautena negatiiviseksi, kun kulutus kasvoi –157 kWh, eli –1,8 %.

4.1.2 Kaukolämpö



Kuva 8. Kohteen 1 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan kahdesta lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 8 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia yhdistettynä sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 8 nähdään, kohteessa 1 säästöä lämmitysenergian osalta syntyi 4,7 MWh, eli 4,7 % vuositasolla. Prosentuaalisesti kuukausitasolla huhtikuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 9,5 %, ja lämmitysenergian osalta tammikuu, jolloin säästöä kertyi 9,1 MWh. Lokakuu jäi ainoana kuukautena negatiiviseksi, kun kulutus kasvoi -0,9 MWh, eli -1,2 %.

4.2 Kohde 2

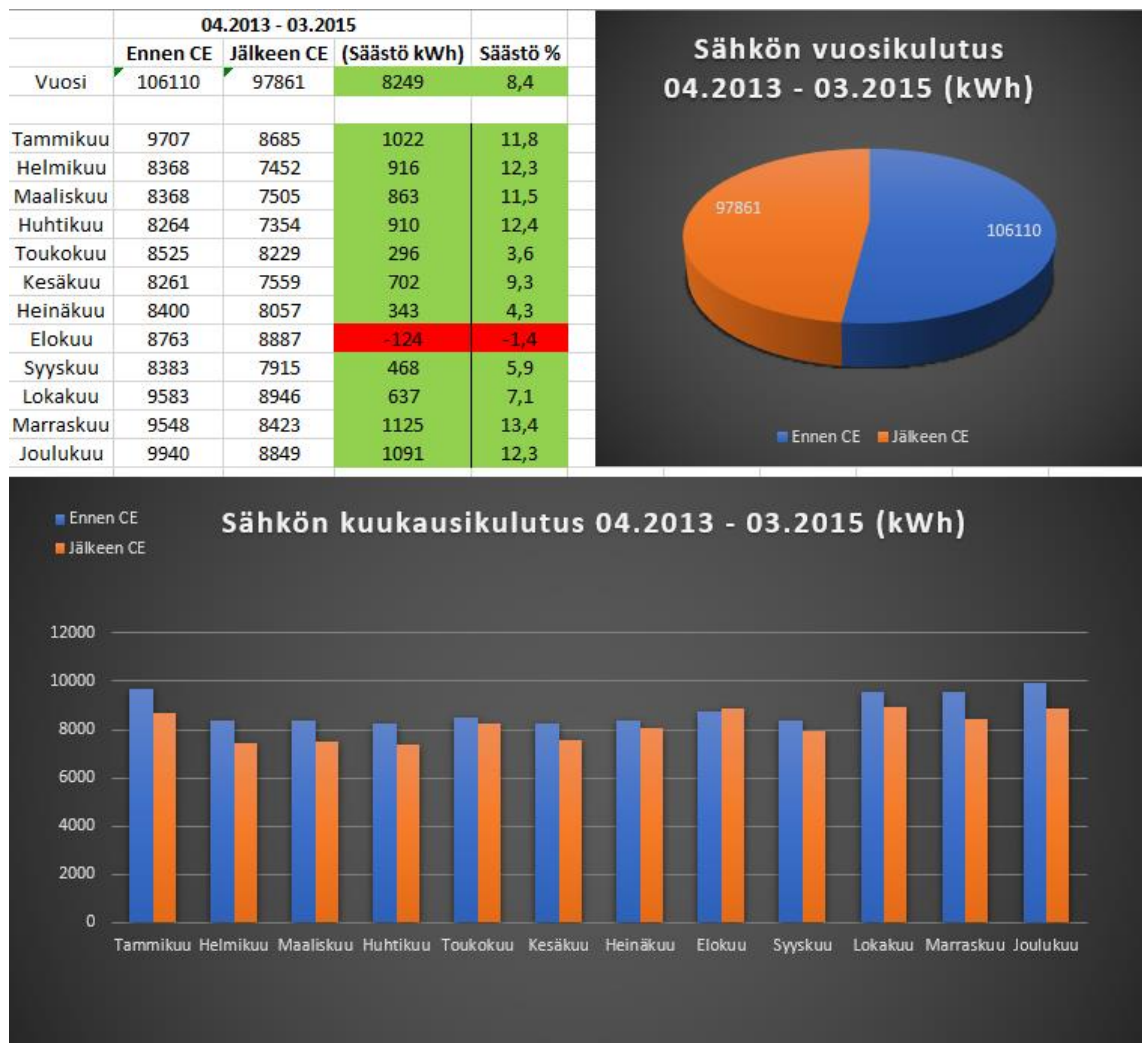
Kohde sijaitsee Helsingin Siltämäessä (kuva 6) ja on vuonna 1973 valmistunut taloyhtiö, joka koostuu viidestä betonielementtikerrostalosta. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 16 396 m², ja rakennusten tilavuus on 34 040 m³. Rakennukset ovat 3-kerroksisia ja rappuja on 15 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 120 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 8 025,50 m². Väestönsuojissa on tilaa 290 henkilölle.

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Etuikkunoiden uusiminen (1989)
- Elementtien saumaus (1989)
- Kattopinnoitteiden uusiminen (1992)
- Saunan korjaus, talot 40 ja 42 (1999), talo 44 (2000–2001)
- Ilmastoinnin nuohous ja säätö (2004)
- Bauer-vedenkäsittelylaitteistot käyttövedeen ja patteriverkoston (2006)
- Lämmönsiirtimen korjaus ja lämmönjakohuoneen säätölaitteiden uusiminen (2007)
- IV-hormien nuohous ja säätö (2013)
- Lämmönsiirtimien uusiminen 2 kpl (2014–2015).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 8 kappaletta ja loppuohjelmoinnit on suoritettu maaliskuussa vuonna 2014. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 4.2013–3.2015.

4.2.1 Sähkö

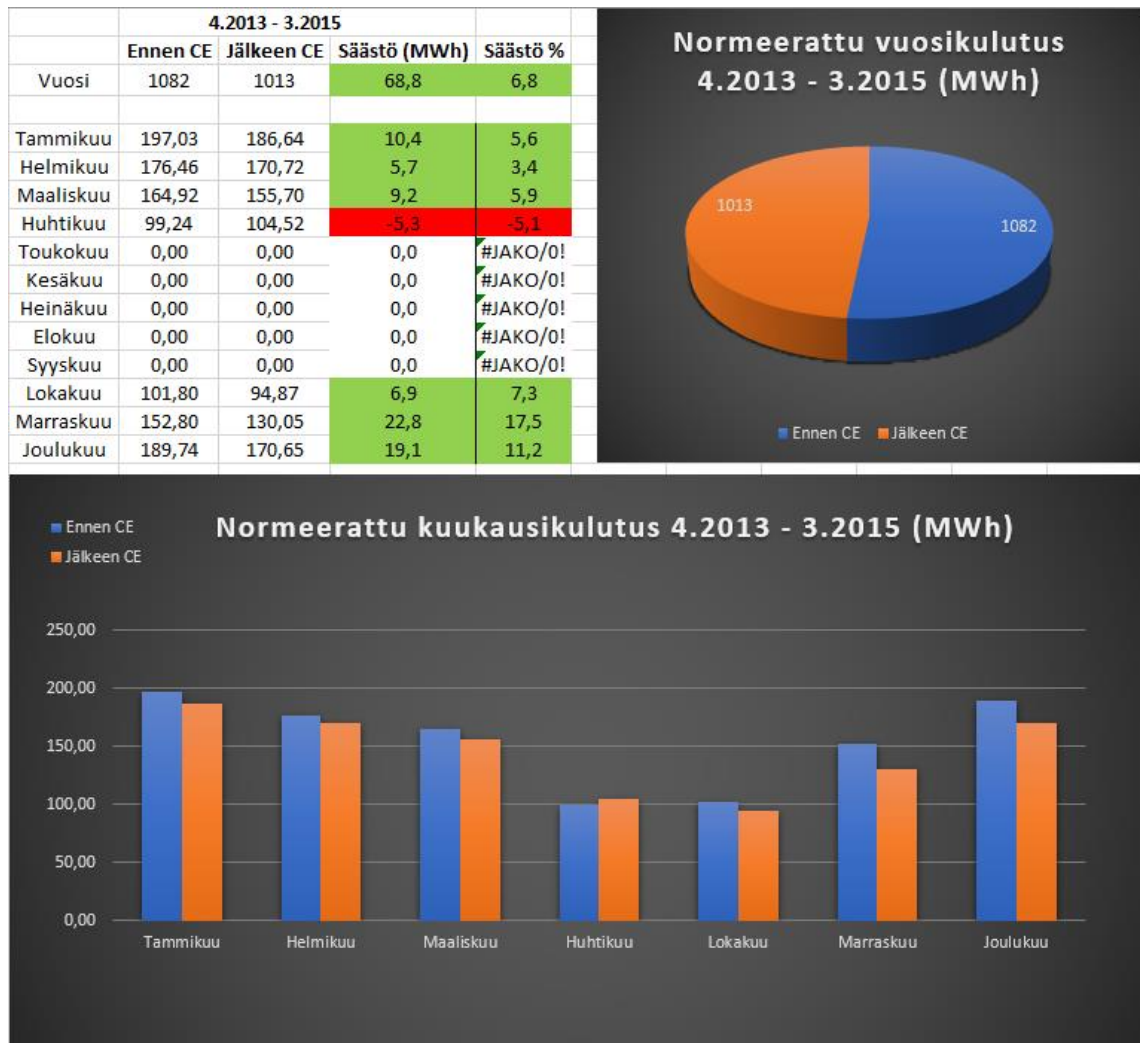


Kuva 9. Kohteen 2 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 9 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 9 nähdään, kohteessa 2 säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 8 249 kWh, eli 8,4 %. Kuukausitasolla marraskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 1 125 kWh, eli 13,4 %, ja elokuu jäi ainoana kuukautena negatiiviseksi, kun kulutus kasvoi –124 kWh, eli –1,4 %.

4.2.2 Kaukolämpö



Kuva 10. Kohteen 2 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan kahdesta lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 10 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia yhdistettynä sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 10 nähdään, kohteessa 2 säästöä lämmitysenergian osalta syntyi 68,8 MWh, eli 6,8 % vuositasolla. Kuukausitasolla marraskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 22,8 MWh, eli 17,5 %. Huhtikuu jäi ainoana kuukautena negatiiviseksi, kun kulutus kasvoi -5,3 MWh, eli -5,1 %.

4.3 Kohde 3

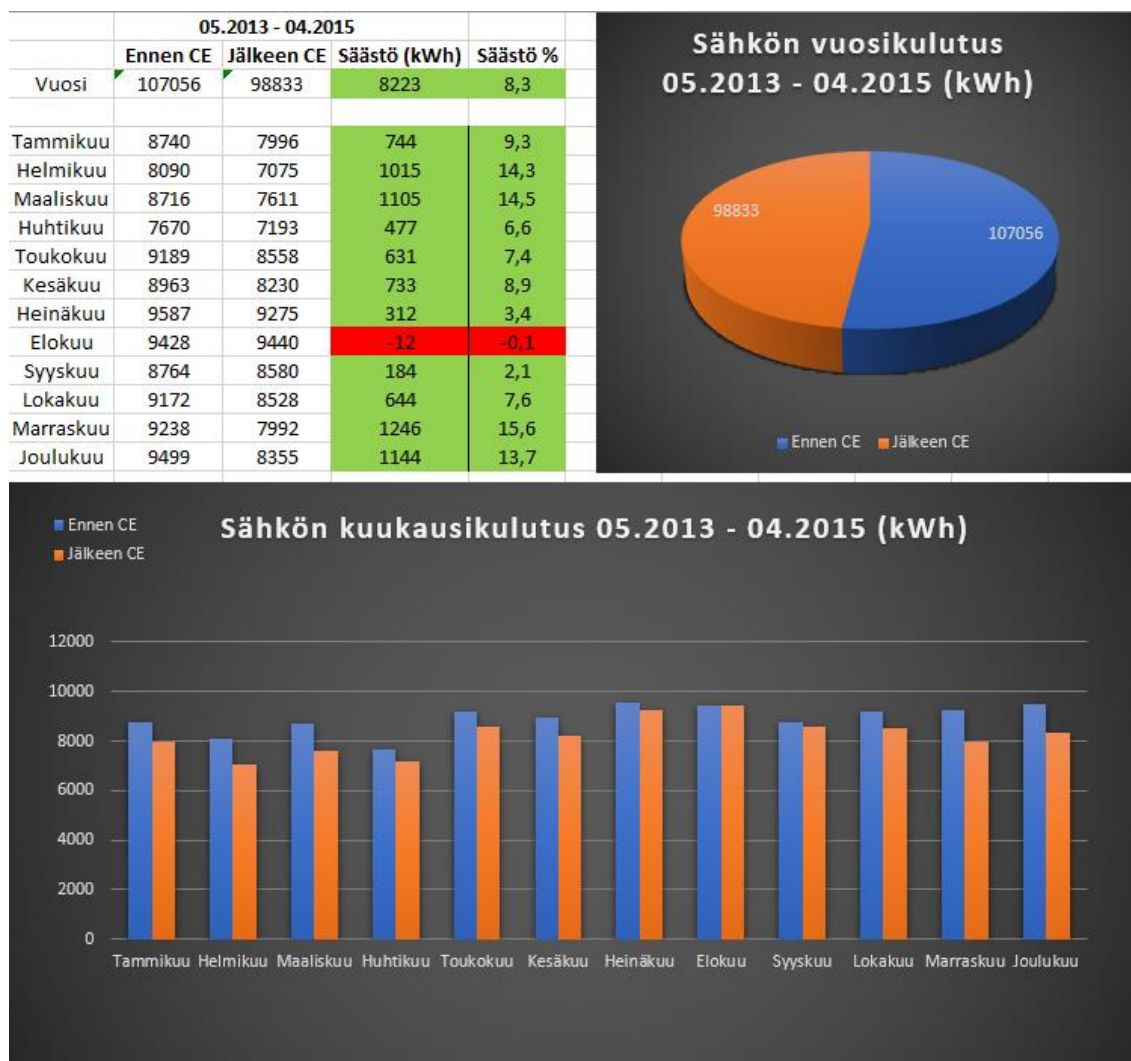
Kohde sijaitsee Helsingin Siltämäessä (kuva 6) ja on vuonna 1969 valmistunut taloyhtiö, joka koostuu seitsemästä betonielementtikerrostalosta. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 17 661 m², ja rakennusten tilavuus on 26 400 m³. Rakennukset ovat 2-kerroksisia ja rappuja on 18 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 108 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 6 368 m². Väestönsuojissa on tilaa 290 henkilölle.

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Etuikkunoiden asennus (1988)
- Elementtien saumaus (1989)
- Kattopinnoitteiden uusiminen (1993–1995)
- Ilmastoinnin nuohous (2002)
- Saunaremontti, talo 11 (2006)
- Bauer-vedenkäsittelylaitteisto patteriverkoston ja käyttöveteen (2006–2007)
- Ulkovalot, saunan ohjaus, ilmanvaihto ja porrashuoneiden lukitus rakennusautomaatioon (2011)
- Lämmönvaihtimien ja -siirtimien uusinta (2014).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 10 kappaletta ja loppuohjelmointi on suoritettu huhtikuussa vuonna 2014. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 5.2013–4.2015.

4.3.1 Sähkö

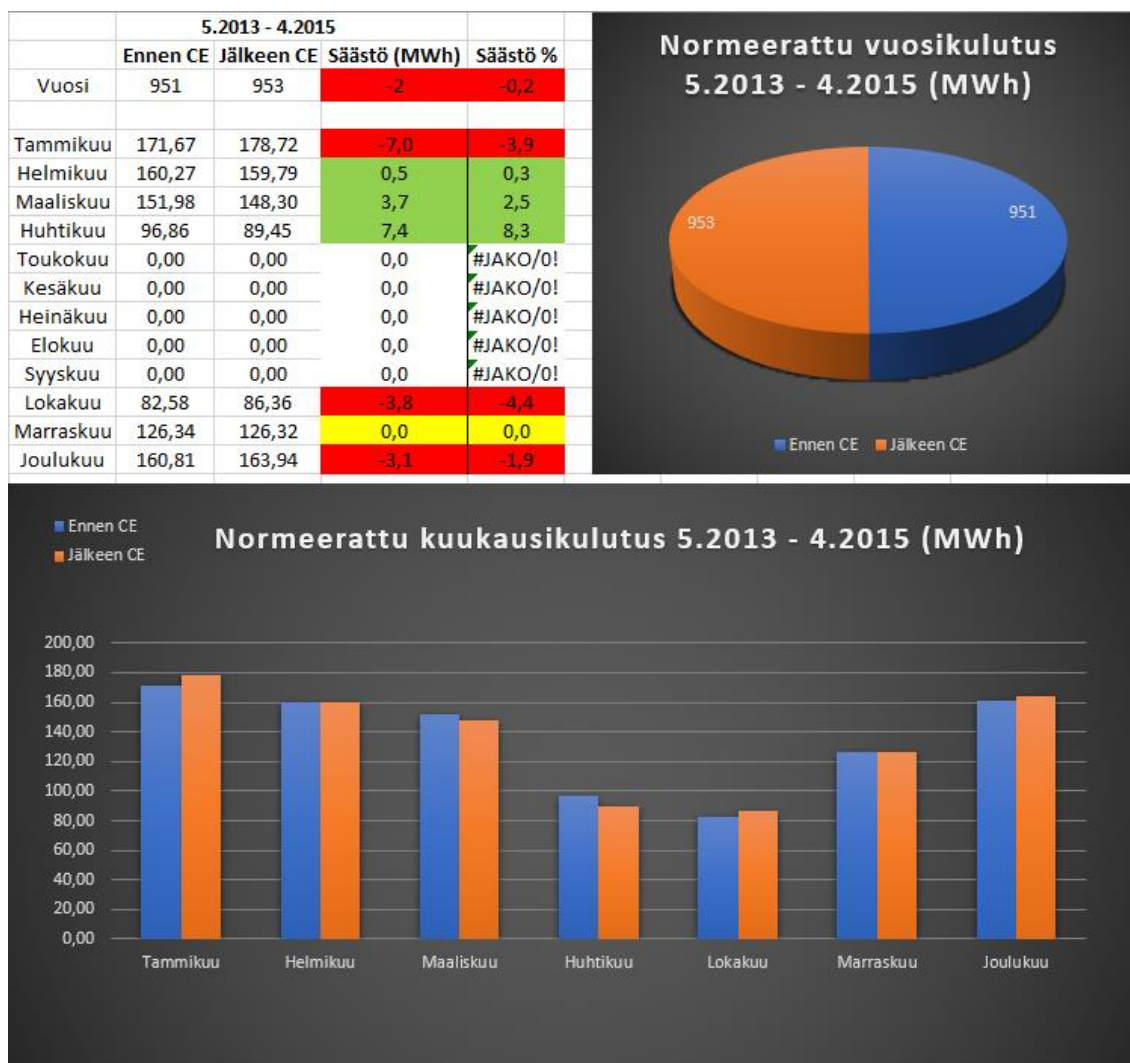


Kuva 11. Kohteen 3 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 11 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 11 nähdään, kohteessa 3 säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 8 223 kWh, eli 8,3 %. Kuukausitasolla marraskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 1 246 kWh, eli 15,6 %, ja elokuu jäi niukasti ainoana kuukautena negatiiviseksi, kun kulutus kasvoi vain -12 kWh, eli -0,1 %.

4.3.2 Kaukolämpö



Kuva 12. Kohteen 3 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan kolmesta lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 12 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia yhdistettynä sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 12 nähdään, kohteessa 3 kulutus lämmitysenergian osalta kasvoi –2 MWh, eli –0,2 % vuositasolla. Kuukausitasolla huhtikuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 7,4 MWh, eli 8,3 %. Tammikuu oli lämmitysenergiankulutuksen osalta kuukausista negatiivisin, kun kulutus kasvoi –7 MWh, ja prosentuaalisesti negatiivisin kuukausi oli lokakuu, jolloin kasvua syntyi –4,4 %.

4.4 Kohde 4

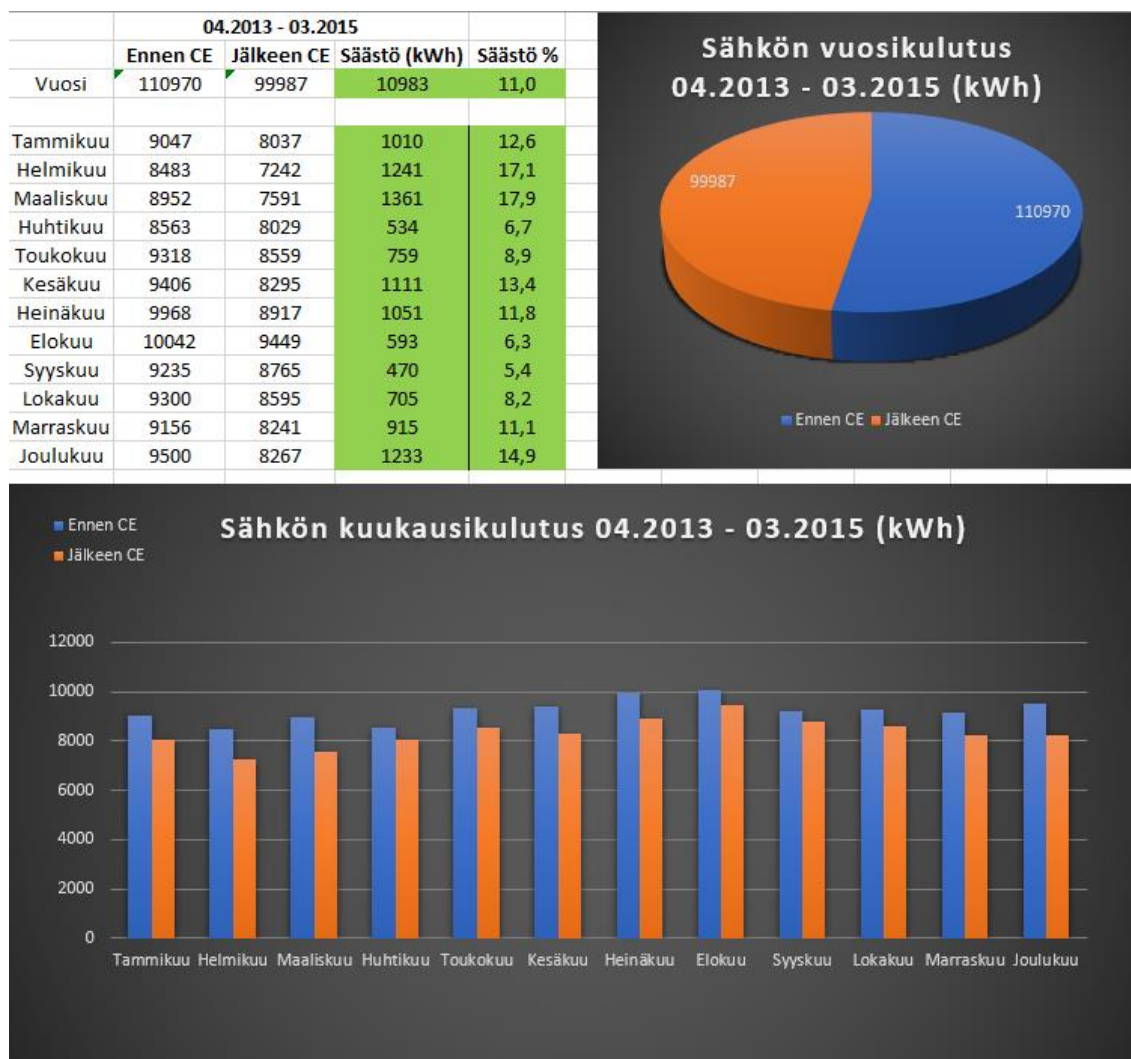
Kohde sijaitsee Helsingin Siltämäessä (kuva 6) ja on vuonna 1971 valmistunut taloyhtiö, joka muodostuu viidestä betonielementtikerrostalosta. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 14 462 m², ja rakennusten tilavuus on 22 470 m³. Rakennukset ovat 2-kerroksisia, ja rappuja on 17 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 112 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 6 016 m². Väestönsuojissa on tilaa 290 henkilölle.

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Etuikkunoiden asennus (1989)
- Kattopinnoitteiden uusiminen (1992-1994)
- Elementtien saumaus (1993)
- Bauer-vedenkäsittelylaitteisto käyttöveteen ja patteriverkoston (2009–2011)
- Kaukolämmön säätölaitteiden uusiminen ja porrashuoneiden lukituksen, ulkovalojen, ilmanvaihdon ja saunojen ohjauksen liittäminen rakennusautomaatioon (2012)
- IV-hormien nuohous ja säätö (2013)
- Poistoilmakanavien puhdistustyöt (2014).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 9 kappaletta ja loppuohjelmoinnit on suoritettu maaliskuussa vuonna 2014. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 4.2013–3.2015.

4.4.1 Sähkö

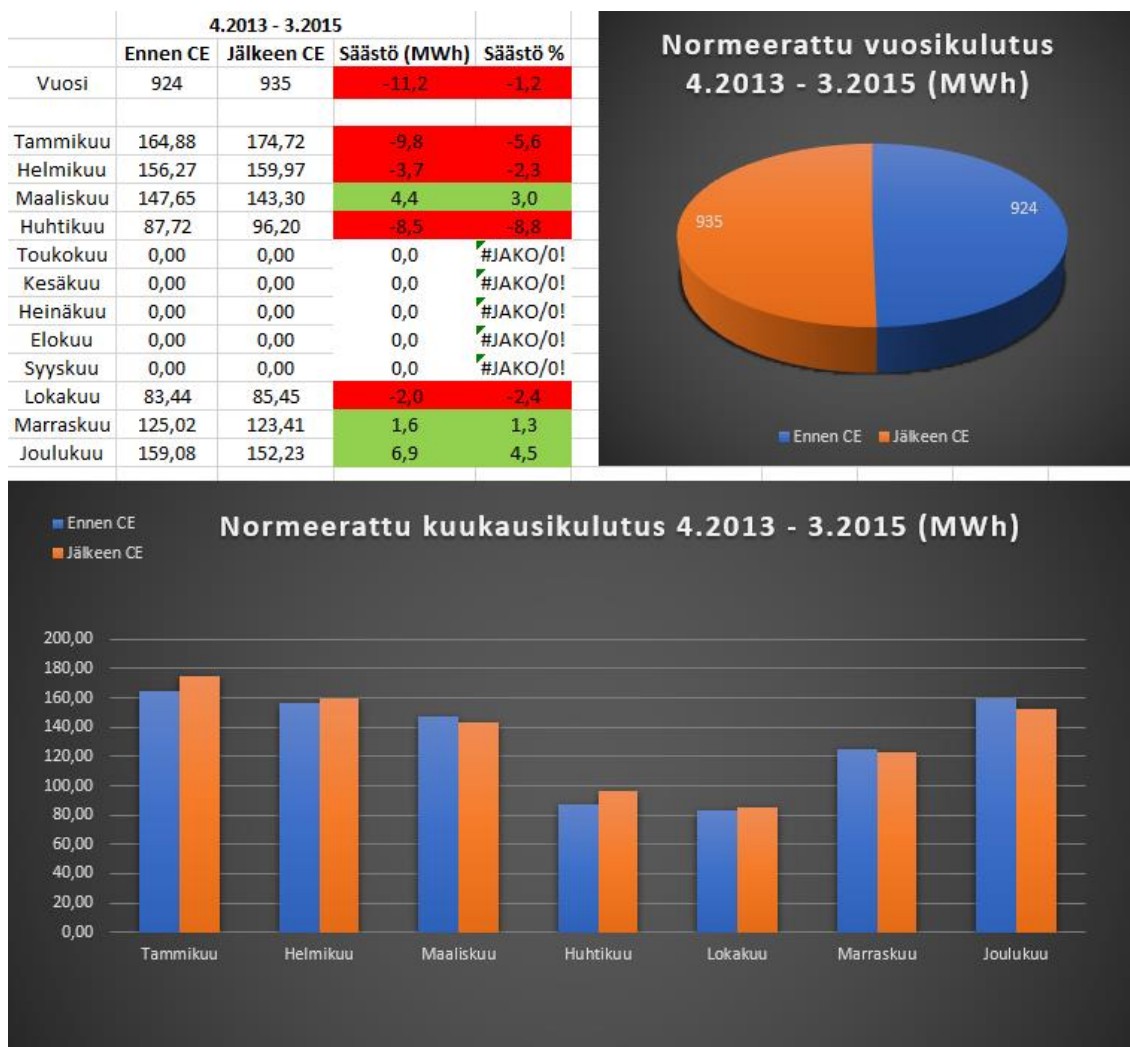


Kuva 13. Kohteen 4 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 13 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 13 nähdään, kohteessa 4 päästiin jokaisen kuukauden osalta positiivisiin tuloksiin ja säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 10 983 kWh, eli 11 %. Kuukausitasolla maaliskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 1 361 kWh, eli 17,9 %.

4.4.2 Kaukolämpö



Kuva 14. Kohteen 4 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan kahdesta lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 14 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia yhdistettynä sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 14 nähdään, kohteessa 4 kulutus lämmitysenergian osalta kasvoi –11,2 MWh, eli –1,2 % vuositasolla. Kuukausitasolla joulukuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 6,9 MWh, eli 4,5 %. Eniten lämmitysenergiankulutus kasvoi tammikuussa –9,8 MWh ja prosentuaalisesti huhtikuussa –8,8 %.

4.5 Kohde 5

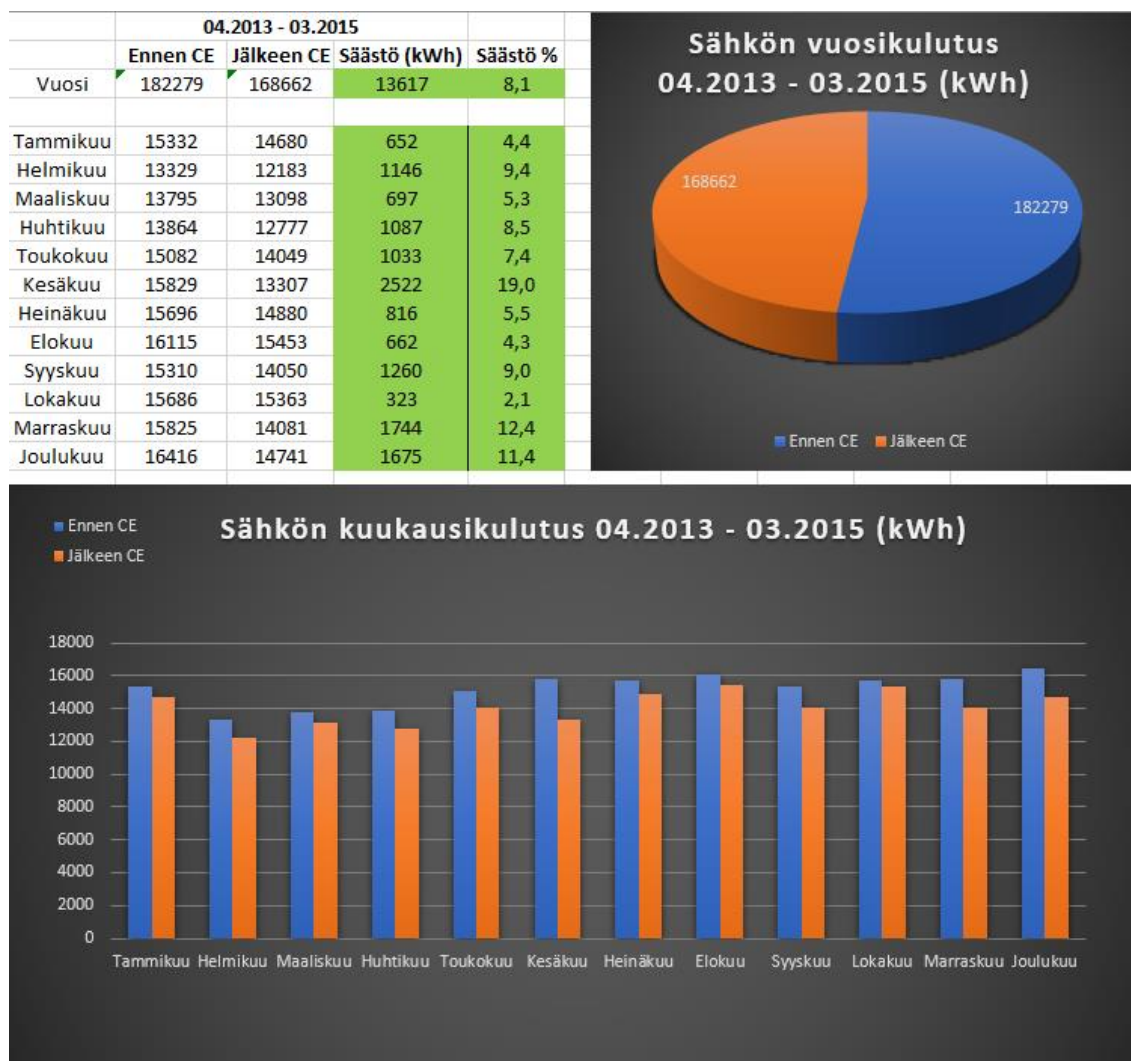
Kohde sijaitsee Helsingin Siltämäessä (kuva 6) ja on vuonna 1971 valmistunut taloyhtiö, joka koostuu seitsemästä betonielementtikerrostalosta. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 18 089 m², ja rakennusten tilavuus on 56 400 m³. Rakennukset ovat 3-kerroksisia, ja rappuja on 23 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 201 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 12 918 m². Väestönsuojissa on tilaa 435 henkilölle.

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Elementtien saumaus (1988)
- Kattopinnoitteiden uusiminen (1992)
- Bauer-vedenkäsittelylaitteistot käyttöveteen ja patteriverkostoon (2005–2006)
- Elementtikorjauksia (2010)
- Saunan peruskorjaus, talot 30, 32 ja 33 (2010–2012)
- Kaukolämmön säätölaitteiden uusiminen ja porrashuoneiden lukitus, ulkovalot, ilmanvaihto ja saunan ohjaus rakennusautomaatioon (2012)
- IV-hormien nuohous (2013)
- Alapohjien tuuletusjärjestelmä (2014)
- Lämmönsiirtimien ja säätölaitteiden uusiminen (2014).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 14 kappaletta ja loppuohjelmointi on suoritettu maaliskuussa vuonna 2014. Sähkö- kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 4.2013–3.2015.

4.5.1 Sähkö

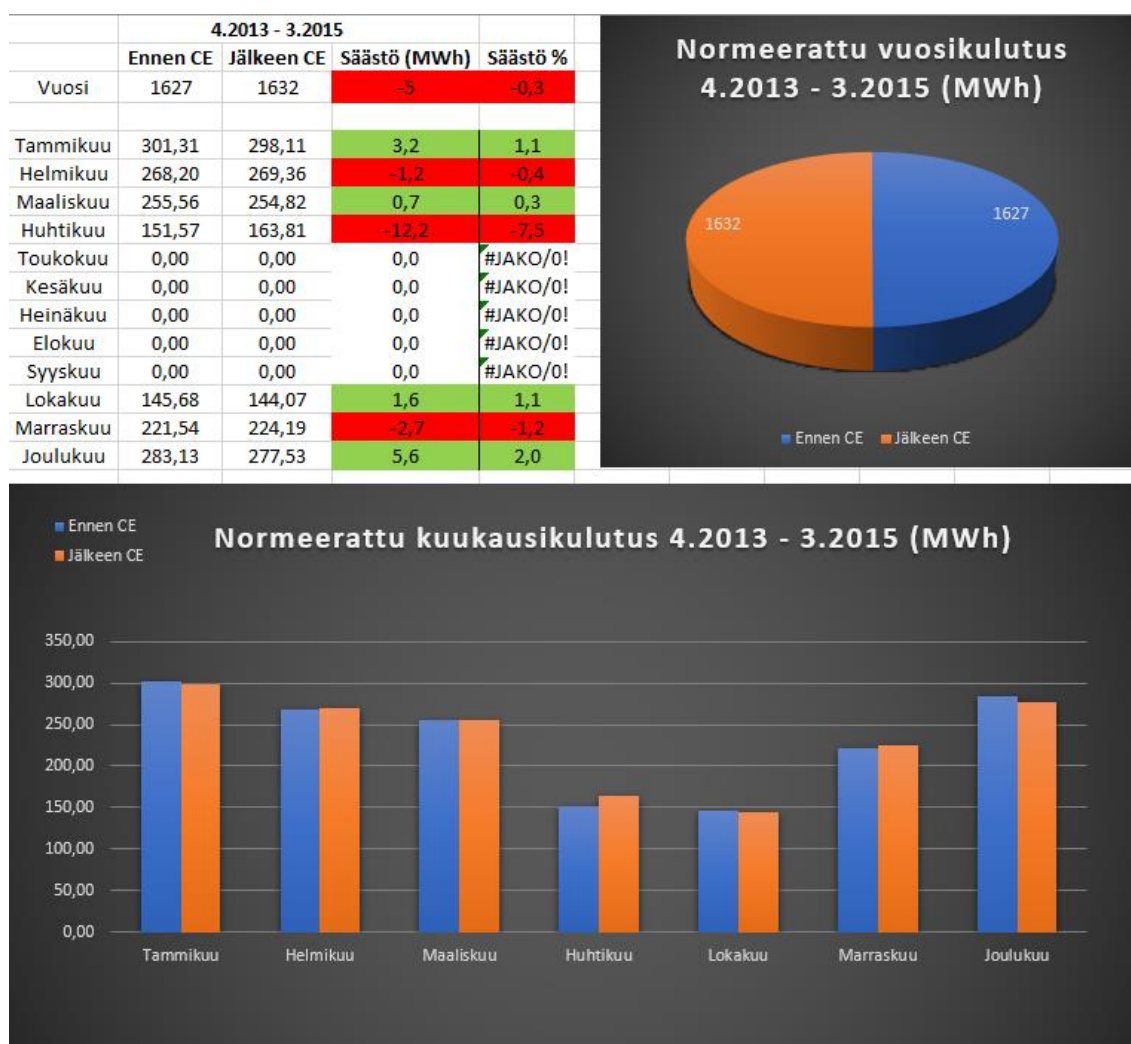


Kuva 15. Kohteen 5 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 15 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 15 nähdään, kohteessa 5 päästiin jokaisen kuukauden osalta positiivisiin tuloksiin ja säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 13 617 kWh, eli 8,1 %. Kuukausitasolla kesäkuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 2 522 kWh, eli 19 %.

4.5.2 Kaukolämpö



Kuva 16. Kohteen 5 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan neljästä lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 16 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia yhdistettynä sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 16 nähdään, kohteessa 5 kulutus lämmitysenergian osalta kasvoi –5 MWh, eli –0,3 % vuositasolla. Kuukausitasolla joulukuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 5,6 MWh, eli 2 %. Huhtikuu oli negatiivisin, kun kulutus kasvoi –12,2 MWh, eli –7,5%.

4.6 Kohde 6

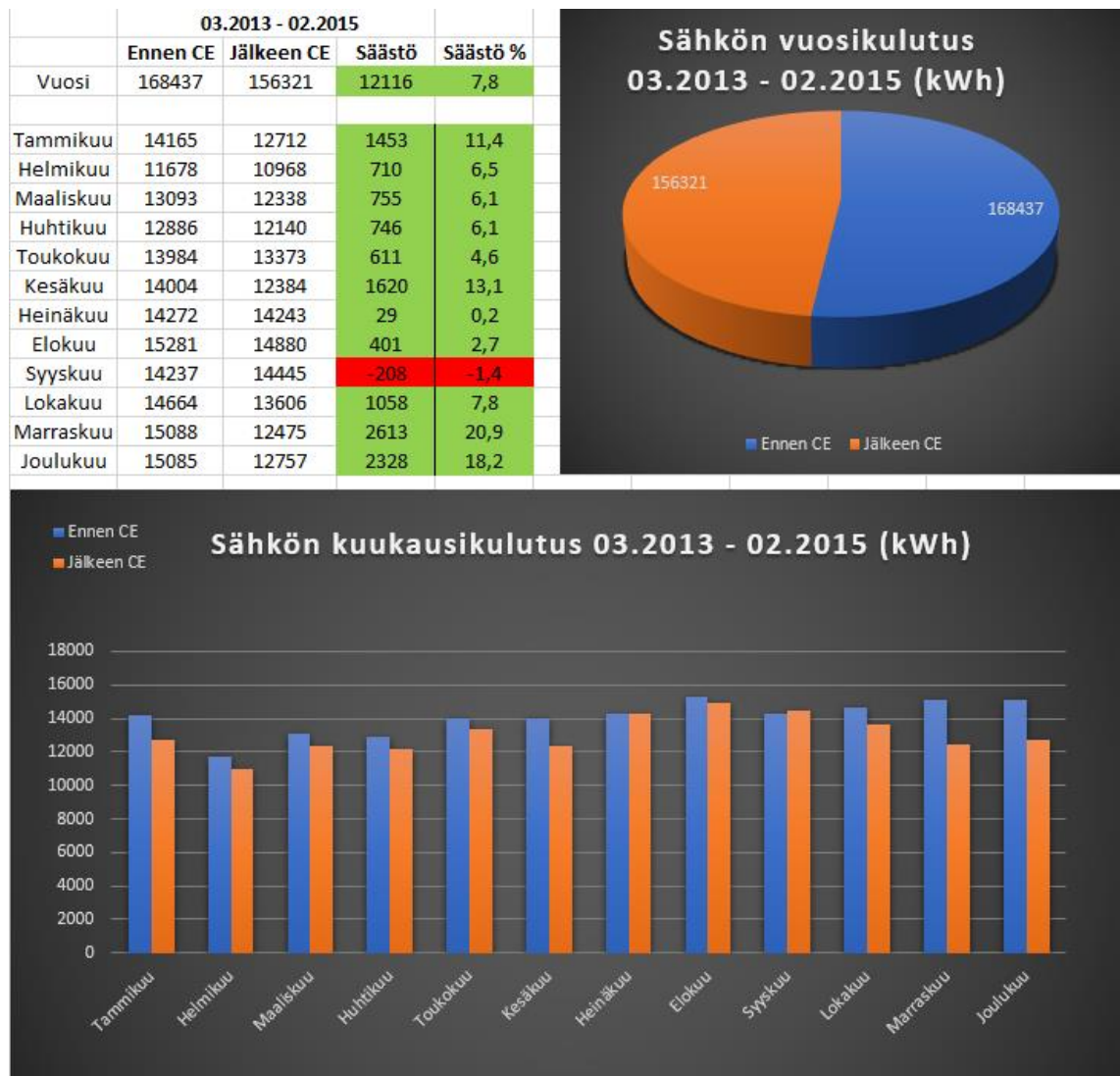
Kohde sijaitsee Helsingin Siltämäessä (kuva 6) ja on vuonna 1968 valmistunut taloyhtiö, joka koostuu yhdestätoista betonielementtikerrostalosta. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 21 044 m², ja rakennusten tilavuus on 64 010 m³. Rakennukset ovat 3-kerroksisia, ja rappuja on 28 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 225 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 15 764,50 m². Väestönsuojissa on tilaa 580 henkilölle.

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Kattopinnoitteiden uusiminen (1991)
- Elementtien saumaus (1992)
- Etuikkunoiden asennus (1999–2002)
- Ilmastoinnin nuohous (2003)
- Bauer-vedenkäsittelylaitteistot käyttöveteen ja patteriverkostoon (2006–2007)
- Saunaremontti, talo 23 (2010)
- Kaukolämmön säätölaitteiden uusiminen ja ilmanvaihdon, ulkovalojen, saunan ohjauksen ja rappujen lukituksen liittäminen rakennusautomaatioon (2012)
- IV-hormien nuohous ja säätö (2013)
- Lämmönsiirtimien uusiminen (2014).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 16 kappaletta ja loppuohjelmointi on suoritettu helmikuussa vuonna 2014. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 3.2013–2.2015.

4.6.1 Sähkö

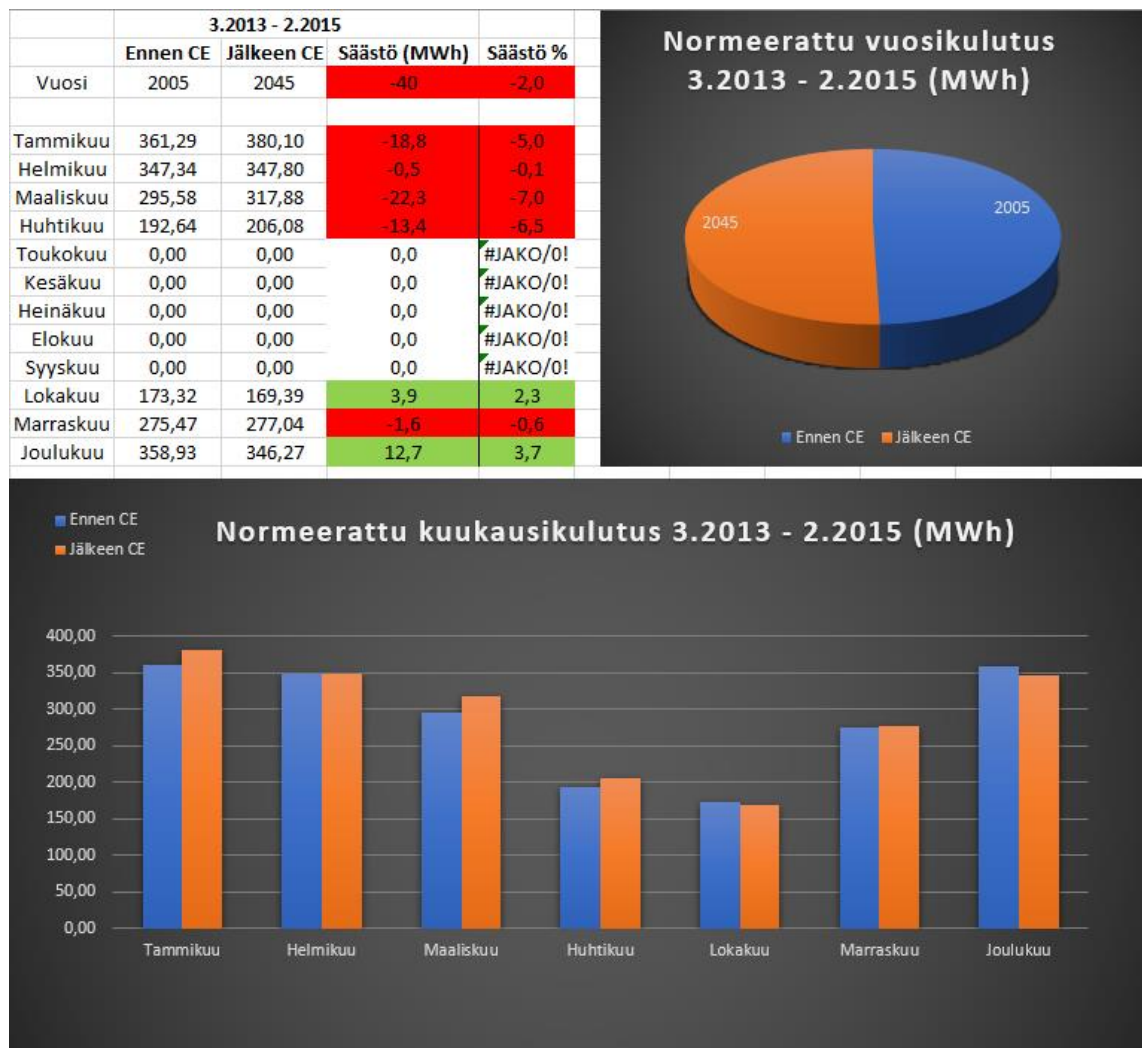


Kuva 17. Kohteen 6 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu kahdesta paikasta. Kuvassa 17 on esitetty kohteen yhdistetty sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 17 nähdään, kohteessa 6 säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 12 116 kWh, eli 11,8 %. Kuukausitasolla marraskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 2 613 kWh, eli 20,9 % ja syyskuu jäi ainoana kuukautena negatiiviseksi, jolloin kulutus kasvoi -208 kWh, eli -1,4 %.

4.6.2 Kaukolämpö



Kuva 18. Kohteen 6 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan seitsemästä lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 18 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia yhdistettynä sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 18 nähdään, kohteessa 6 kulutus lämmitysenergian osalta kasvoi -40 MWh, eli -2 % vuositasolla. Kuukausitasolla joulukuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 12,7 MWh, eli 3,7 %. Maaliskuu oli negatiivisin kuukausi, jolloin lämmitysenergiankulutus kasvoi -22,3 MWh, eli -7 %.

4.7 Kohde 7

Kohde sijaitsee Helsingin Pihlajamäessä (kuva 19), ja on vuonna 1963 valmistunut ja 115 metriä pitkä kerrostalo. Kohteessa on 4 kerrosta + kellarikerros, 5 rappua, 64 asuntoa sekä noin 100 asukasta.



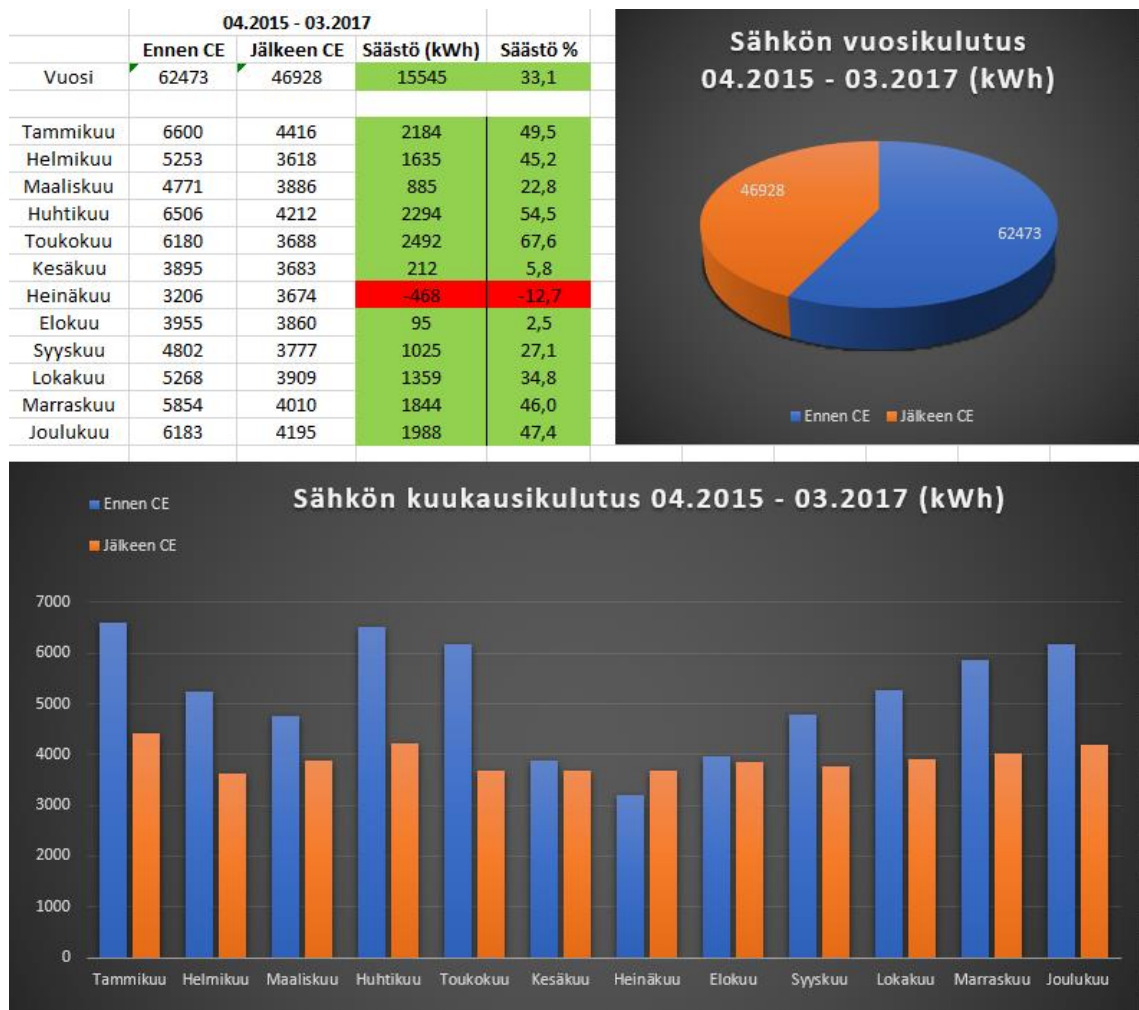
Kuva 19. Kohteen 7 sijainti

Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Uusittu ikkunat sekä tehty julkisivun lisälämmöneristys (n. 10 cm perusvilla) + levytys. (1990-luvun loppu)
- Hybridi linjasaneeraus, jossa uusittiin mm. sähköt, viestintäverkot ja käyttövesiputket sekä tehtiin viemäreiden sukitus. Myös patteriventtiilit ja lämmitysverkosto tasapainotettiin. (2014)
- Compact Eco 2 -järjestelmän yhteydessä asennettiin Dir-Air PRV -tuloilmaikkunaventtiilit. (2016).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 2 kappaletta ja loppuohjelmoinnit on suoritettu maaliskuussa vuonna 2016. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 4.2015–3.2017.

4.7.1 Sähkö

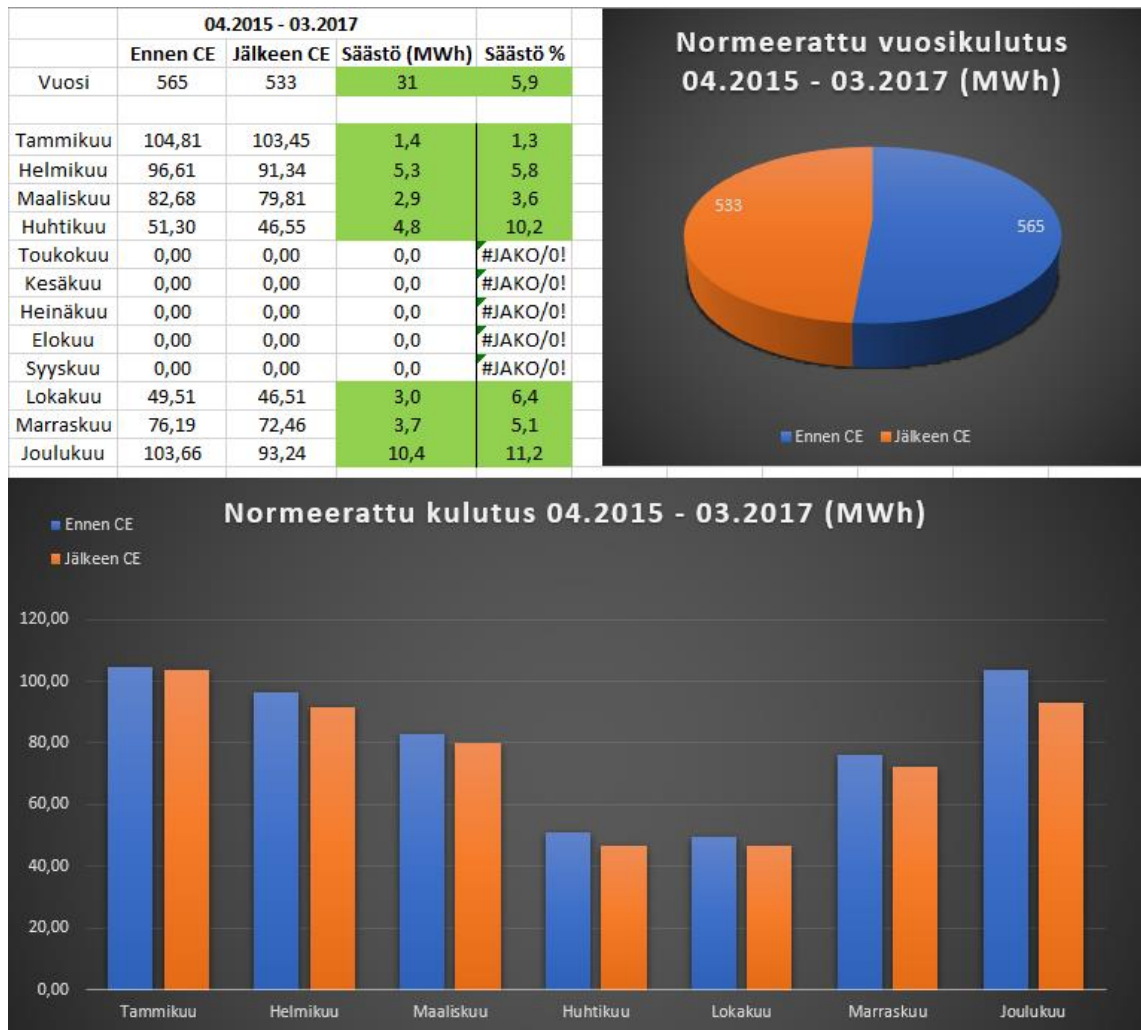


Kuva 20. Kohteen 7 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 20 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 20 nähdään, kohteessa 7 säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 15 545 kWh, eli 33,1 %. Kuukausitasolla tammikuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 2 184 kWh, eli 49,5 % ja heinäkuu jäi ainoana kuukautena negatiiviseksi, kun kulutus kasvoi -468 kWh, eli -12,7 %.

4.7.2 Kaukolämpö



Kuva 21. Kohteen 7 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan yhdestä lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 21 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 21 nähdään, kohteessa 7 säästöä lämmitysenergian osalta syntyi jokaiselta kuukaudelta, mikä tarkoittaa vuositasolla 31 MWh, eli 5,9 %. Kuukausitasolla joulukuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 10,4 MWh, eli 11,2 %.

4.8 Kohde 8

Kohde sijaitsee Vantaan Martinlaaksossa (kuva 22), ja on vuonna 1971 valmistunut taloyhtiö. Taloyhtiön omistaman tontin pinta-ala on 4 296 m². Viisi asuinkerrosta käsittävän rakennuksen tilavuus on 18 080 m³ ja rappuja on 5 kappaletta. Asuinhuoneistoja on 65 kappaletta, ja niiden pinta-ala on 40 954 m². Taloyhtiössä asuu keskimäärin 94 henkilöä, ja autotalleja on 12 kappaletta.



Kuva 22. Kohteen 8 sijainti

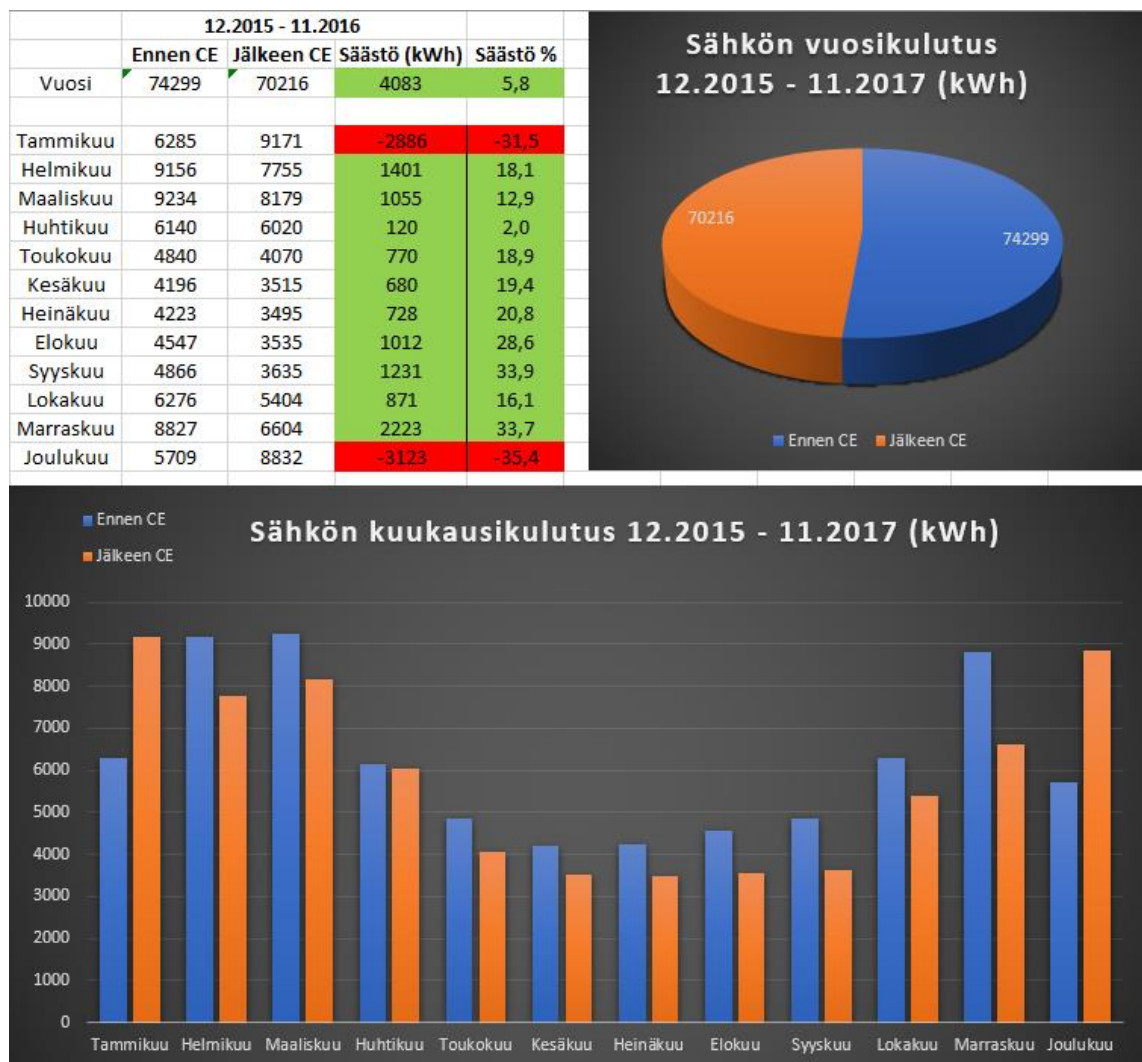
Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Elementtisaumauksien uusiminen (1994)
- Patteriverkoston perussäätö ja termostaattiventtiilien uusiminen (1998)
- Julkisivuremontti (2003)
- Peltikaton kunnostus (2010)
- Saunojen uusiminen (2010–2011)
- Pesukoneen uusiminen / lingon poisto (2011)
- Linjasäätöventtiilien uusiminen (2013)
- Lämmönvaihtimien uusiminen (2014)

- Parvekkeiden peruskunnostus, parvekelasien asennus (2015)
- Rappujen ulko-ovien uusiminen (2015)
- Ilmanvaihtokoneiden uusiminen (2016)
- Katon huoltokorjauksia (2016)
- Takaovien uusiminen (2017).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 5 kappaletta ja loppuohjelmoinnit on suoritettu marraskuussa vuonna 2016. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 12.2015–11.2017.

4.8.1 Sähkö

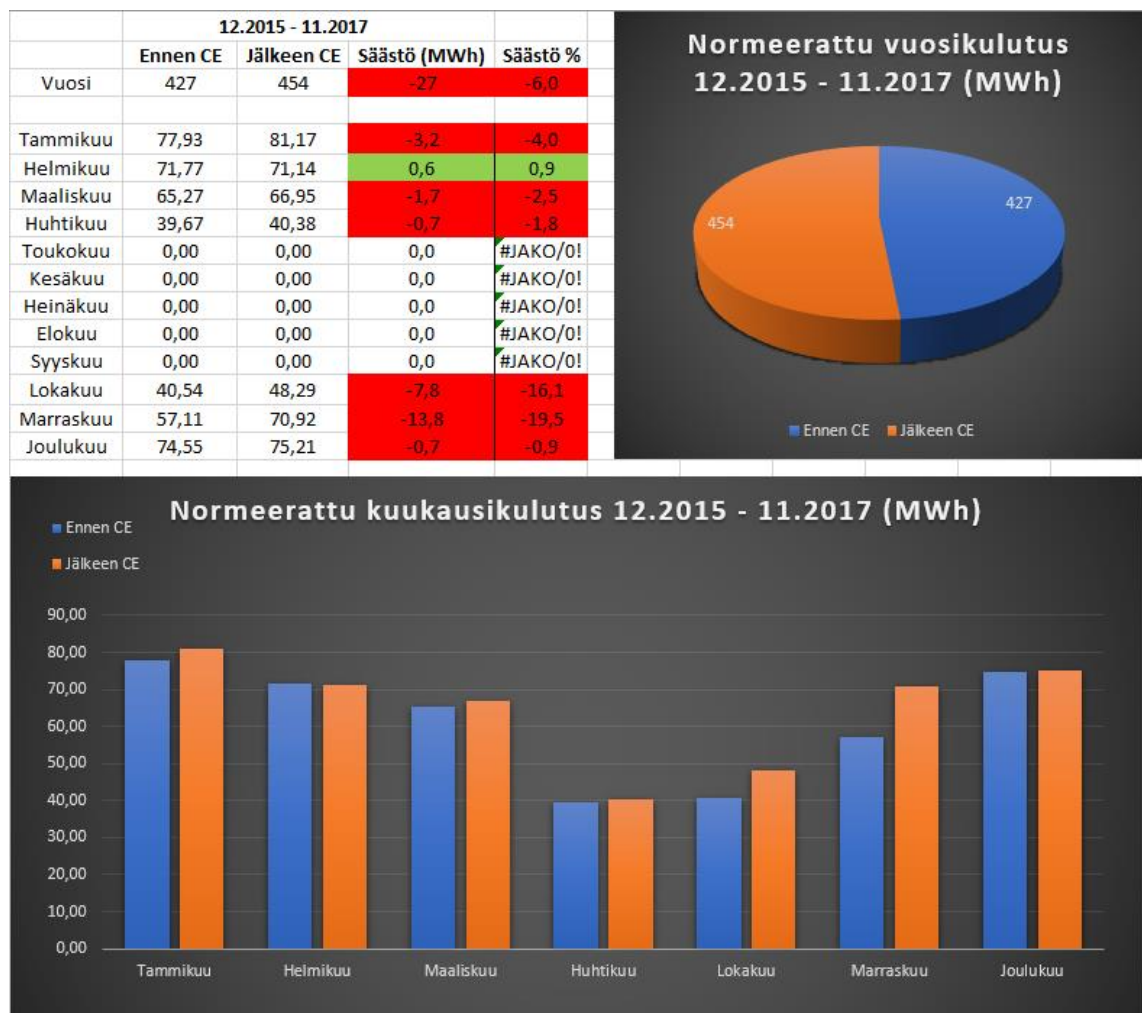


Kuva 23. Kohteen 8 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 23 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 23 nähdään, kohteessa 8 säästöä sähköenergian osalta syntyi vuositasolla 4 083 kWh, eli 11,8 %. Kuukausitasolla marraskuu osoittautui sähköenergiankulutuksen osalta positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 2 223 kWh ja prosentuaalisesti positiivisin kuukausi oli syyskuu, jolloin säästöä syntyi 33,9 %. Sähköenergiankulutus kasvoi joului- ja tammikuussa, joista joulukuun oli negatiivisempi tuloksella –3 123 kWh, eli –35,4 %.

4.8.2 Kaukolämpö



Kuva 24. Kohteen 8 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan yhdestä lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 24 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 24 nähdään, kohteessa 8 kulutus lämmitysenergian osalta kasvoi –27 MWh, eli –6 % vuositasolla. Kuukausitasolla ainoastaan helmikuu osoittautui positiiviseksi, kun säästöä syntyi 0,6 MWh, eli 0,9 %. Kaikkina muina kuukausina lämmitysenergiankulutus kasvoi, joista suurin kasvu oli marraskuussa –13,8 MWh, eli –19,5 %.

4.9 Kohde 9

Kohde sijaitsee Helsingin Niemenmäessä (kuva 25), ja on vuonna 1962 valmistunut taloyhtiö, jonka tilavuus on 7 300 m³. Rakennuksessa on 7 kerrosta + kellari ja 22 asuinhuoneistoa.



Kuva 25. Kohteen 9 sijainti

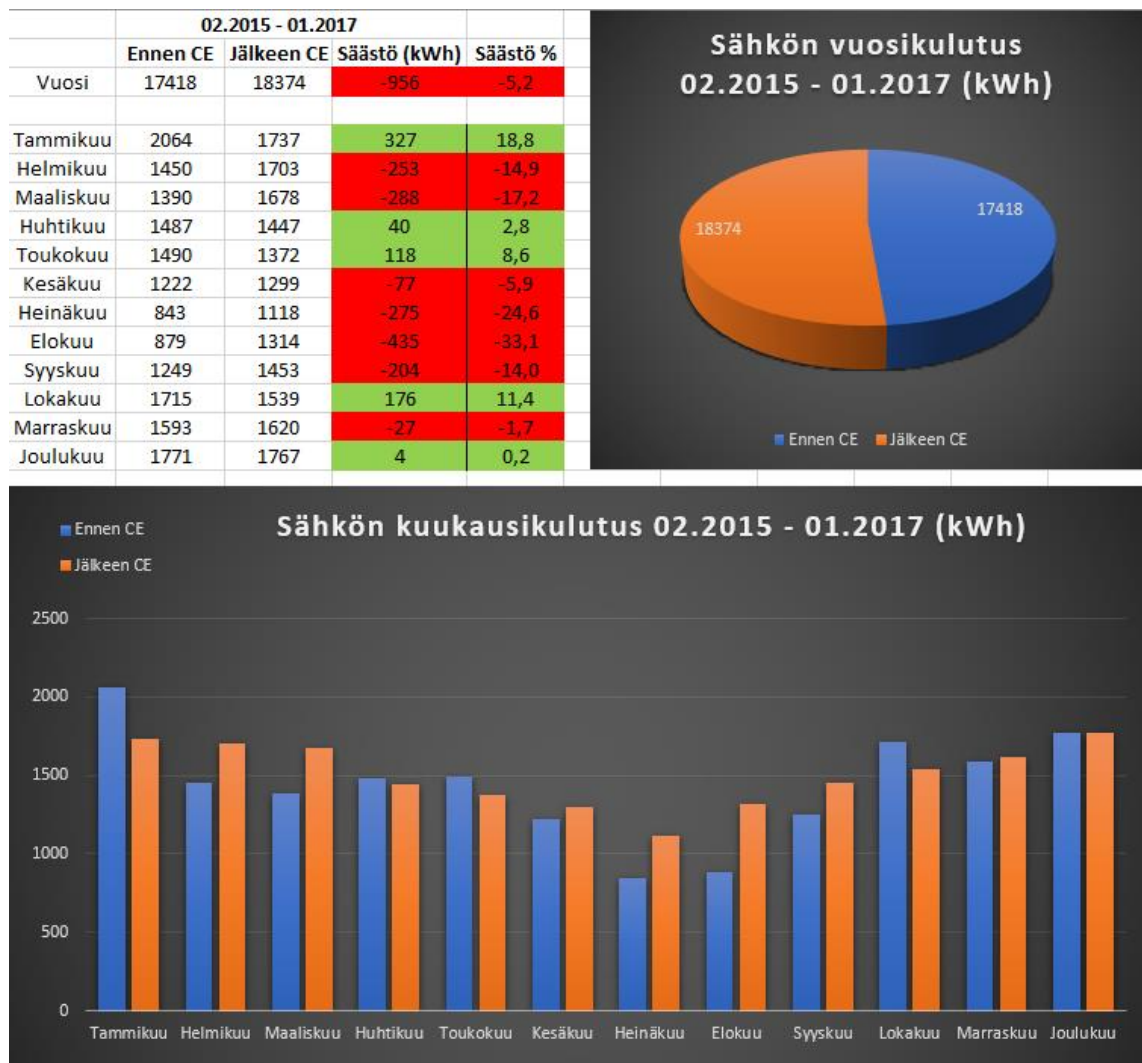
Kohteeseen on tehty mm. seuraavia korjauksia:

- Julkisivukunnostus (1994)
- Julkisivun osakorjaus (2000)

- Ikkunoiden ja parvekeovien uusiminen (2005)
- LVV-kuntotutkimus (2006)
- Ilmanvaihdon mittaus (2010)
- Parvekkeiden uusinta, lasien asennus (2010)
- Julkisivun kolmikerrosrappaus (2010)
- Pyykinpesukone uusittu (2013)
- Julkisivukorjausten loppuunsaattaminen (2014)
- Perinteinen linjasaneeraus, lukuun ottamatta viemäreitä, jotka on sukitettu (2015)
- Pesulaan hankittiin kuivausrumpu (2016).

Kohteeseen on asennettu Compact Eco 2 -järjestelmiä 1 kappale ja loppuohjelmointi on suoritettu tammikuussa vuonna 2016. Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteessa toteutettiin ajalta 2.2015–1.2017.

4.9.1 Sähkö

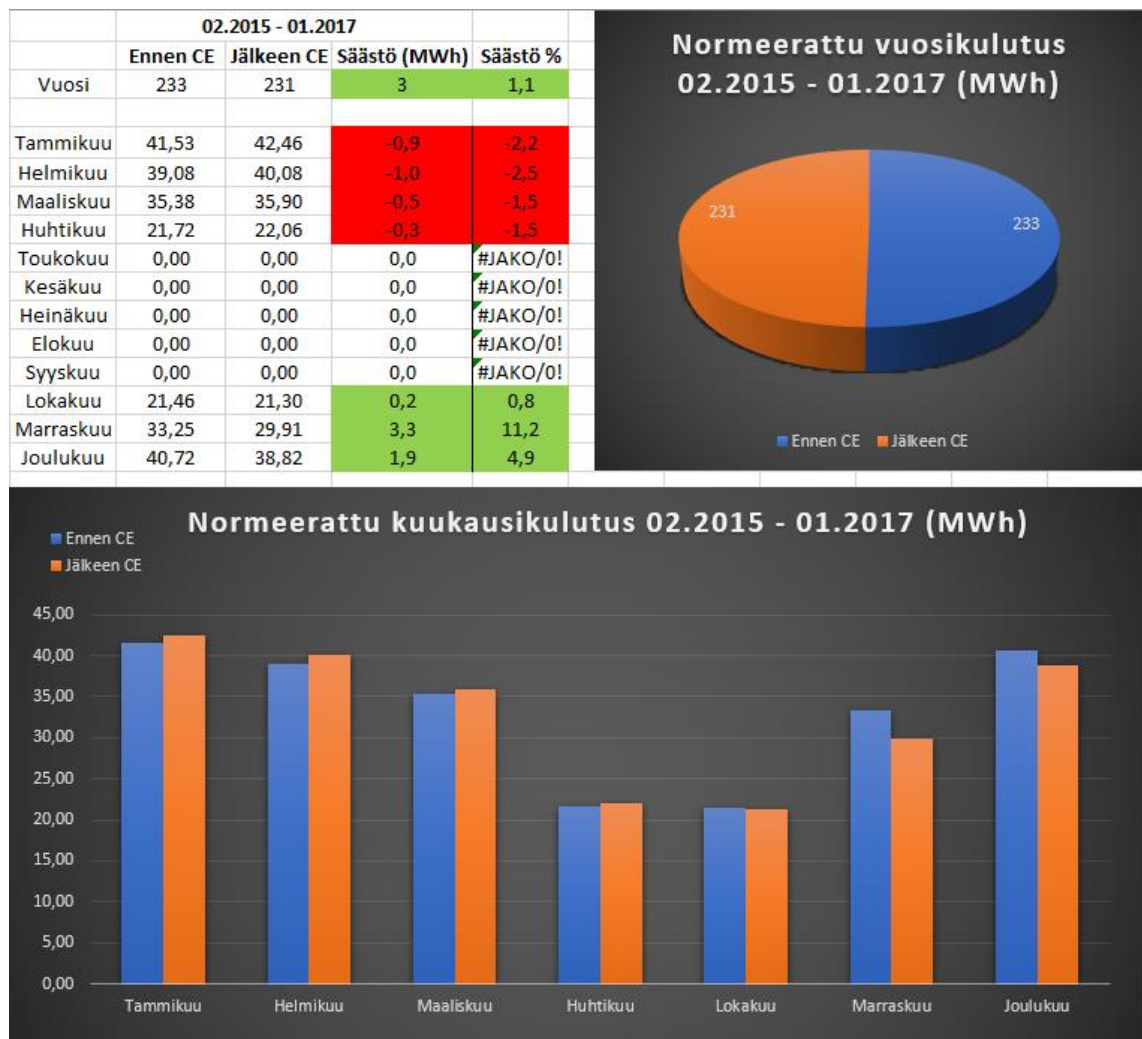


Kuva 26. Kohteen 9 sähköenergiankulutukset

Kohteen sähköenergianmittaus on toteutettu yhdestä paikasta. Kuvassa 26 on esitetty kohteen sähköenergiankulutus kuukausi- ja vuositasolla.

Kuten kuvasta 26 nähdään, kohteessa 9 kulutus sähköenergian osalta kasvoi vuositasolla -956 kWh, eli $-5,2$ %. Kuukausitasolla tammikuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 327 kWh, eli $18,8$ %. Negatiivisin kuukausi oli elokuu, jolloin sähköenergiankulutus kasvoi -435 kWh, eli $-33,1$ %.

4.9.2 Kaukolämpö



Kuva 27. Kohteen 9 normeeratut lämmitysenergiankulutukset

Kohteen lämmittäminen toteutetaan yhdestä lämmönjakohuoneesta. Kuvassa 27 on esitetty kohteen normeerattu tilojen lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia sekä kuukausi- että vuositasolla.

Kuten kuvasta 27 nähdään, kohteessa 9 säästöä lämmitysenergian osalta syntyi 3 MWh, eli 1,1 % vuositasolla. Kuukausitasolla marraskuu osoittautui positiivisimmaksi, kun säästöä kertyi 3,3 MWh, eli 11,2 %. Negatiivisin tulos syntyi helmikuussa, jolloin lämmitysenergiankulutus kasvoi -1 MWh, eli -2,5 %.

4.10 Yhteenveto

Kohteiden 1, 2 ja 7 osalta päädyttiin positiiviseen tulokseen, niin sähkö- kuin lämmitysenergiankin osalta. Muiden kohteiden osalta päädyttiin siihen, että säästöä syntyi sähköenergiasta ja lämmitysenergiankulutus kasvoi, paitsi kohteessa 9, jossa säästöä syntyi juuri päinvastoin (taulukko 2).

Taulukko 2. Kohteiden yhteenveto

Kaukolämpö				
Kohde	Ennen (MWh)	Jälkeen (MWh)	Säästö (MWh)	Säästö (%)
Kohde 1	822	785	36,7	4,7
Kohde 2	1082	1013	68,8	6,8
Kohde 3	951	953	-2,4	-0,2
Kohde 4	924	935	-11,2	-1,2
Kohde 5	1627	1632	-4,9	-0,3
Kohde 6	2005	2045	-40,0	-2,0
Kohde 7	565	533	31,4	5,9
Kohde 8	427	454	-27,2	-6,0
Kohde 9	233	231	2,6	1,1
		Säästö (KA)	6,0	1,0
		Säästö (Md)	-2,4	-0,2
Sähkö				
Kohde	Ennen (MWh)	Jälkeen (MWh)	Säästö (MWh)	Säästö (%)
Kohde 1	99	89	10,5	11,8
Kohde 2	106	98	8,2	8,4
Kohde 3	107	99	8,2	8,3
Kohde 4	111	100	11,0	11,0
Kohde 5	182	169	13,6	8,1
Kohde 6	168	156	12,1	7,8
Kohde 7	62	47	15,5	33,1
Kohde 8	74	70	4,1	5,8
Kohde 9	17	18	-1,0	-5,2
		Säästö (KA)	9,1	9,9
		Säästö (Md)	10,5	8,3

Sähköenergiankulutuksen osalta Compact Eco näytti tuottavan hyvin säästöä kohteissa. Näiden yhdeksän kohteen yhteenlaskettu säästökeskisarvo oli 9,1 MWh (9,9 %) ja mediानी 10,5 MWh (8,3 %). Sähköenergian osalta suurin säästö tehtiin kohteessa 7, jossa säästöä syntyi 15,5 MWh (33,1 %). Huonoin tulos sähköenergian osalta oli kohteessa 9, jossa sähköenergiankulutus kasvoi –1 MWh (–5,2 %) ja oli myös kohteista ainoa, jossa näin kävi (taulukko 2).

Sähköenergian osalta suurimmat säästöt kuukausitasolla syntyivät marraskuussa, kun kohteiden yhteenlaskettu sähköenergiankulutuksen säästö keskiarvo oli 1,42 MWh (18,5 %) ja mediaani 1,25 MWh (15,4%). Vähiten säästöä kertyi elokuussa, jolloin sähköenergiankulutuksen säästö keskiarvo oli 0,23 MWh (0,9 %) ja mediaani 0,10 MWh (2,5 %). [Liite 2.]

Lämmitysenergiankulutuksen osalta tulokset eivät näytä aivan niin hyviltä, kun kohteiden yhteenlaskettu säästökeskiarvo oli 6 MWh (1,0 %) ja mediaani -2,4 MWh (-0,2 %). Lämmitysenergian osalta suurin säästö tehtiin kohteessa 2, jossa säästöä syntyi 68,8 MWh (6,8 %). Huonoimmat tulokset lämmitysenergian osalta olivat kohteissa 6 ja 8, joissa kohteen 6 lämmitysenergiankulutus kasvoi -40 MWh (-2 %) ja kohteen 8 lämmitysenergiankulutus kasvoi -27,2 MWh (-6 %) (taulukko 2).

Lämmitysenergian osalta suurimmat säästöt kuukausitasolla syntyivät joulukuussa, kun kohteiden yhteenlaskettu lämmitysenergiankulutuksen säästökeskiarvo oli 6,52 MWh (4,3 %) ja mediaani 5,93 MWh (4,4%). Huonoimmat tulokset syntyivät tammikuulta ja huhtikuulta, joiden kulutus kasvoi seuraavasti: tammikuun keskiarvo -1,73 MWh (-0,7 %) ja mediaani -0,93 MWh (-2,2 %) sekä huhtikuun keskiarvo -2,38 MWh (-0,4%) ja mediaani -0,71 MWh (-1,8 %). [Liite 3.]

Liitteessä 1 on esitetty kohteiden vuotuiset kulutukset pylväsdiagrammin muodossa ja liitteissä 2 ja 3 on esitetty kohteiden tarkempi yhteenvedo kulutuksista eri kuukausina, niin taulukkona kuin pylväsdiagramminakin.

5 Pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli tehdä sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen energiansäästö selvitys, jotta saataisiin selville todellisia kulutuksia kohteista, joihin Compact Eco 2- järjestelmiä on asennettu. Tutkimus onnistui hyvin, vaikka alkua lähtikin hitaammin käyntiin, kuin oli suunniteltu. Kohteet tutkimukseen valikoituivat niinkin yksinkertaisesti, että tutkimuksen kannalta potentiaalisten kohteiden isännöitsijöihin oltiin yhteydessä sähköpostitse ja puhelimitse ja lopulta tutkimukseen saatiin yhdeksän taloyhtiötä.

Tutkimuksesta ei saa absoluuttista totuutta siitä, paljonko juuri tämän järjestelmän ansiosta on tullut säästöä tai kasvua energiankulutuksessa, koska sähkö- ja

lämmitysenergiankulutuksiin vaikuttaa moni muukin asia, kuten johdannosta ja menetelmät-osioista käy ilmi. Tutkimus on enemmänkin suuntaa antava myös siksi, että vertailuaikaväli oli lyhyt, sekä ulkolämpötilojen muutokset eri vuosien kuukausina voivat olla hyvinkin suuret ja niiden vaikutukset ovat suuressa osassa Compact Econ toimintaa. Jotta kuitenkin päästäisiin lähemmäs totuutta, vertailukelpoisuuden takia lämmitysenergiankulutus normeerattiin.

Erikoisin vaihtelu tuloksissa oli mielestäni kohteiden 2 ja 6 välillä, jossa kohteessa 2 säästöä syntyi 68,8 MWh (6,8 %), kun taas kohteessa 6 kulutus kasvoi –40 MWh (–2 %). Kohteet 1–6 sijaitsevat samalla alueella, minkä lisäksi nämä kohteet ovat myös samaa ikäluokkaa, kohteisiin on tehty samanlaisia korjauksia ja vertailuaikavälikin poikkesi vain parin kuukauden välillä saman vuoden sisällä. Silti näiden kohteiden lämmitysenergiankulutuksissa oli paljon eroja. Kohteissa 1 ja 2 syntyi huomattavia säästöjä, niin sähköenergian kuin lämmitysenergiankin osalta, kun taas kohteissa 3–6 säästöä syntyi vain sähköenergian osalta ja lämmitysenergian osuus kasvoi (taulukko 2).

Lämmitysenergiankulutuksen kasvun syyksi kohteissa 3–6 selvisi se, että näiden kohteiden lämmitysjärjestelmien lämmönsäätöön oli tehty muutoksia vuosina 2013–2015. Taloyhtiöiden hallitukset olivat päättäneet asukkaiden toiveesta, että asuntojen sisälämpötilaa nostetaan asumisviihtyvyyden parantamiseksi. Tämä luonnollisesti on aiheuttanut kohonneita kulutuslukemia näissä taloyhtiöissä tarkastelujakson aikana.

Kohde 8 herätti huomiota lämmitysenergiankulutuksen osalta (taulukko 2). Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteeseen toteutettiin ajalta 12.2015–11.2017. Kohteen lämmitysenergiankulutus kasvoi –27,2 MWh (–6 %), vaikka kohteessa on uusittu muun muassa linjasäätöventtiilit (2013), lämmönvaihtimet (2014) sekä ilmanvaihtokoneet (2016).

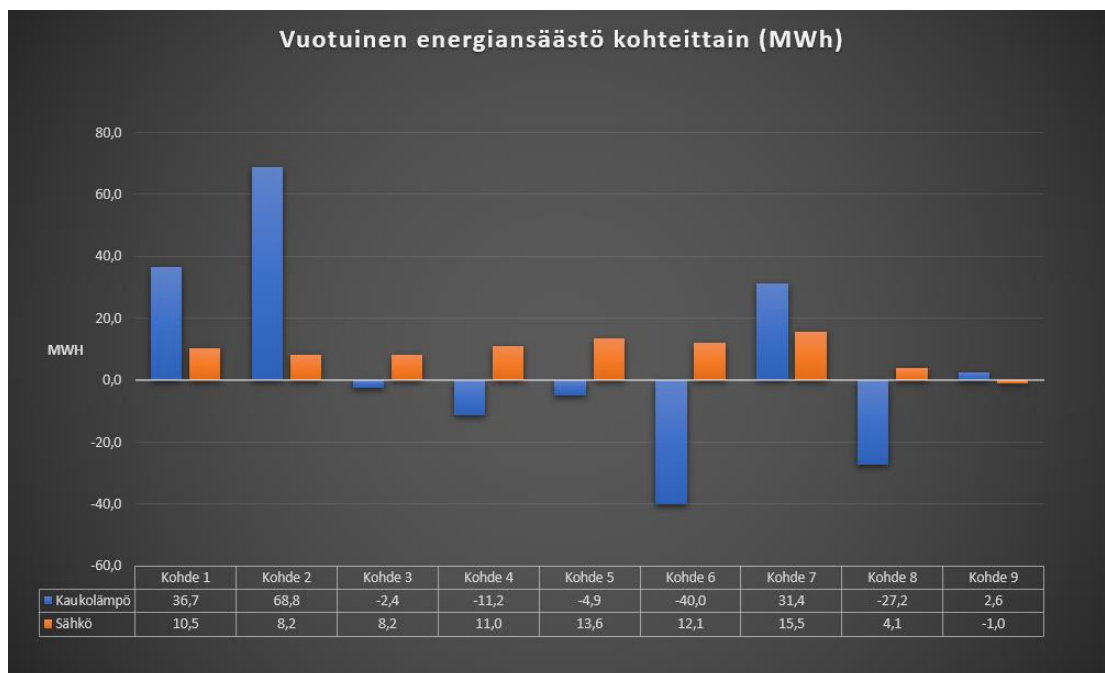
Kohde 9 oli taas ainoa kohteista, jossa sähköenergiankulutus kasvoi (taulukko 2), tässä tapauksessa –1 MWh (–5,2 %). Sähkö- ja kaukolämpölaskupohjainen vertailu kohteeseen toteutettiin ajalta 2.2015–1.2017 ja kohteeseen oli hommattu uusi kuivausrumpu vuonna 2016. Voisiko tämä mahdollisesti vaikuttaa kasvaneeseen sähköenergiankulutukseen?

Lähteet

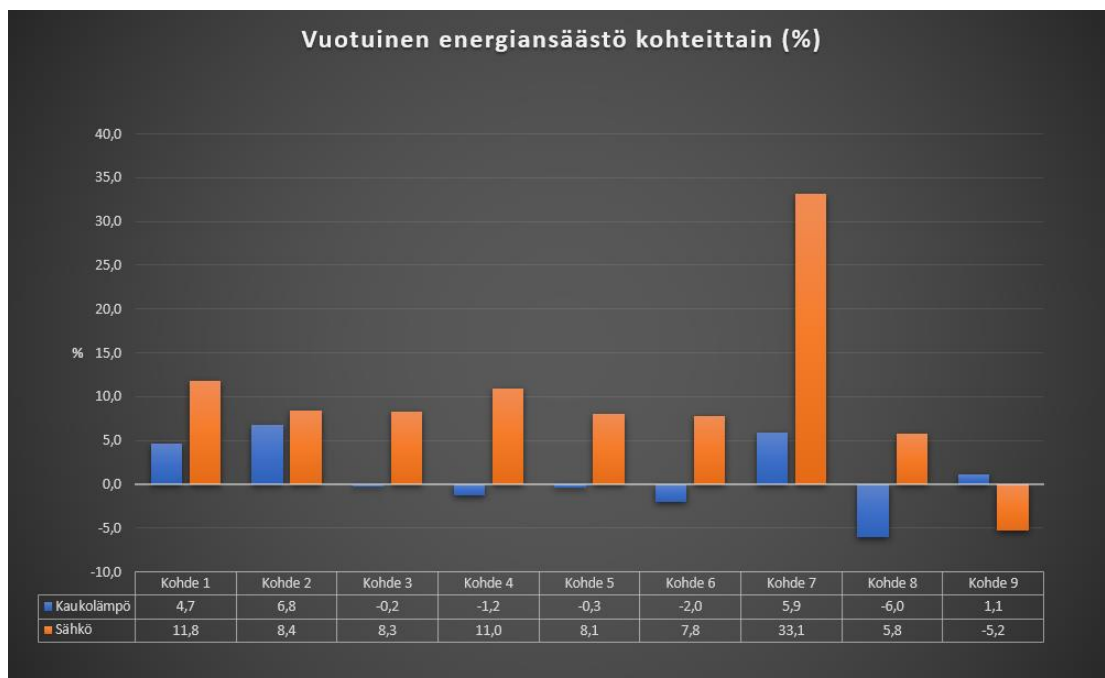
- 1 Lämmitystarveluvut. 2014. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>>. Luettu 02.2019.
- 2 Kulutuksen normitus. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus>. Luettu 03.2019.
- 3 Lämmin käyttövesi. 2019. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi>. Luettu 03.2019.
- 4 Lämmitysenergiankulutus. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergian kulutus>. Luettu 03.2019.
- 5 Lämmitystarveluvut. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/mita_ovat_lammitystarveluvut>. Luettu 03.2019.
- 6 Taajuusmuuttajat. 2019. Verkkoaineisto. Säätolaittehuolto. <<http://saatolaittehuolto.fi/palvelut/taajuusmuuttajat>>. Luettu 03.2019.
- 7 Rakennusten ilmastoinnista älykkäämpää. 2013. Verkkoaineisto. <<http://mb.cision.com/Main/336/9402126/113743.pdf>>. Luettu 03.2019.
- 8 Compact Eco ja IV-Eco. 2013. Esite. Pdf-tiedosto
- 9 Kauppila Juha. Tiainen Esa. Ylinen Timo. 2009. Sähköasennukset 3. Espoo. Sähköinfo Oy
- 10 Heinaro Harri. 2019. Johtava asiantuntija. Motiva. Kiinteistöjen energiatehokkuus. Helsinki. Sähköpostin liite: Lämmitystarveluku ja normittaminen 2013 Loppuraportti. 5.4.2019
- 11 Heinaro Harri. 2019. Johtava asiantuntija. Motiva. Kiinteistöjen energiatehokkuus. Helsinki. Sähköpostikeskustelu. 5.4.2019
- 12 Lämmitysenergiankulutus. 2016. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/lammitysenergian kulutus>. Luettu 04.2019.
- 13 Kiinteistösähkönkulutus. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/kiinteistosahkonkulutus>. Luettu 04.2019.

- 14 Huoneistosähkönkulutus. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian-_ja_ve-denkulutuksesta/huoneistosahkonkulutus>. Luettu 04.2019.
- 15 Energiatehokkuuden parantaminen taloyhtiössä. 2016. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energia-tehokkuuden_parantaminen_taloyhtiossa>. Luettu 04.2019.

Yhteenveto vuositasolla



Kuva 1. Sähkö- ja kaukolämpöenergian (MWh) säästöt vuositasolla kohteittain



Kuva 2. Sähkö- ja kaukolämpöenergian prosentuaaliset (%) säästöt vuositasolla kohteittain

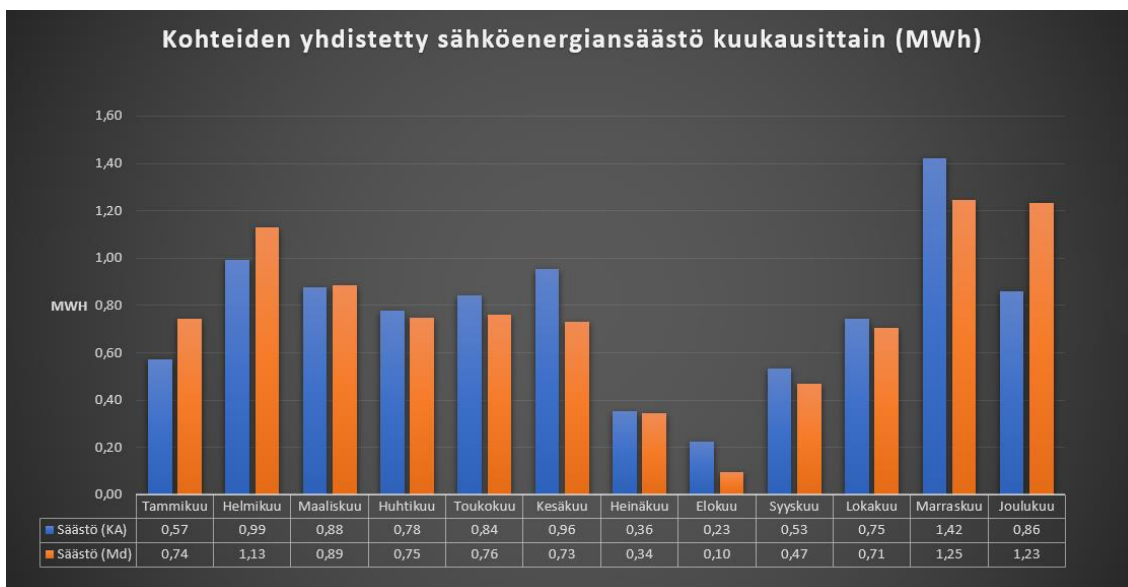
Yhteenveto kuukausitasolla (sähkö)

Taulukko 1. Sähköenergiankulutus (MWh) kuukausitasolla kohteittain

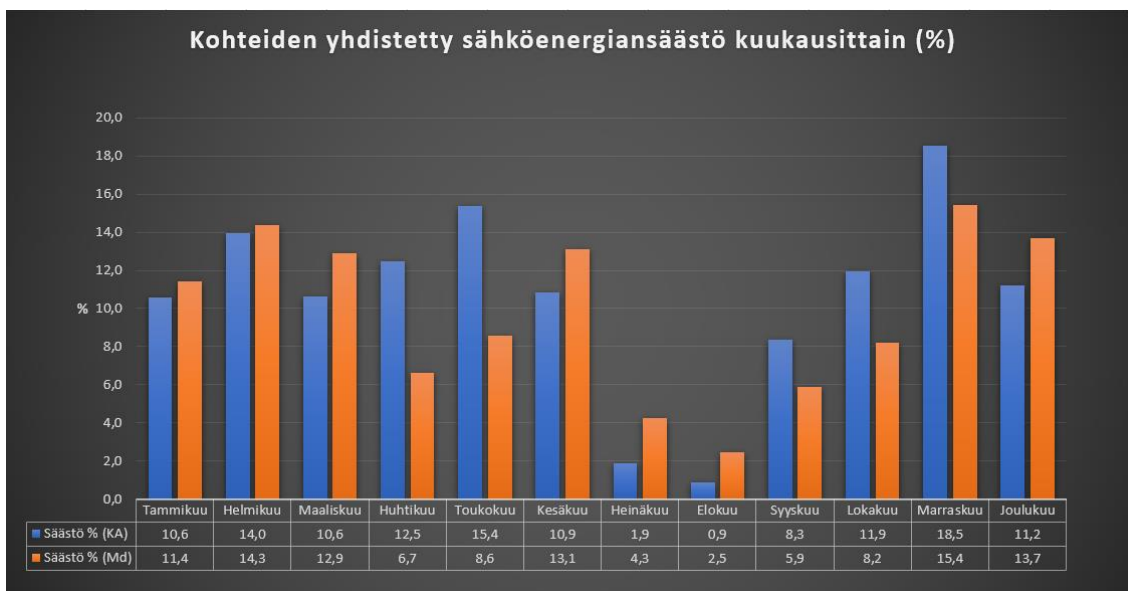
Sähkö (MWh)												
Kohde	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
Kohde 1	0,65	1,13	1,45	0,79	0,87	1,10	0,66	-0,16	0,56	0,93	1,11	1,38
Kohde 2	1,02	0,92	0,86	0,91	0,30	0,70	0,34	-0,12	0,47	0,64	1,13	1,09
Kohde 3	0,74	1,02	1,11	0,48	0,63	0,73	0,31	-0,01	0,18	0,64	1,25	1,14
Kohde 4	1,01	1,24	1,36	0,53	0,76	1,11	1,05	0,59	0,47	0,71	0,92	1,23
Kohde 5	0,65	1,15	0,70	1,09	1,03	2,52	0,82	0,66	1,26	0,32	1,74	1,68
Kohde 6	1,45	0,71	0,76	0,75	0,61	1,62	0,03	0,40	-0,21	1,06	2,61	2,33
Kohde 7	2,18	1,64	0,89	2,29	2,49	0,21	-0,47	0,10	1,03	1,36	1,84	1,99
Kohde 8	-2,89	1,40	1,06	0,12	0,77	0,68	0,73	1,01	1,23	0,87	2,22	-3,12
Kohde 9	0,33	-0,25	-0,29	0,04	0,12	-0,08	-0,28	-0,44	-0,20	0,18	-0,03	0,00
Säästö (KA)	0,57	0,99	0,88	0,78	0,84	0,96	0,36	0,23	0,53	0,75	1,42	0,86
Säästö (Md)	0,74	1,13	0,89	0,75	0,76	0,73	0,34	0,10	0,47	0,71	1,25	1,23

Taulukko 2. Sähköenergiankulutus prosentuaalisesti (%) kuukausitasolla kohteittain

Sähkö (%)												
Kohde	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
Kohde 1	8,7	17,7	21,8	12,5	11,6	14,9	8,4	-1,8	7,2	12,4	15,4	18,1
Kohde 2	11,8	12,3	11,5	12,4	3,6	9,3	4,3	-1,4	5,9	7,1	13,4	12,3
Kohde 3	9,3	14,3	14,5	6,6	7,4	8,9	3,4	-0,1	2,1	7,6	15,6	13,7
Kohde 4	12,6	17,1	17,9	6,7	8,9	13,4	11,8	6,3	5,4	8,2	11,1	14,9
Kohde 5	4,4	9,4	5,3	8,5	7,4	19,0	5,5	4,3	9,0	2,1	12,4	11,4
Kohde 6	11,4	6,5	6,1	6,1	4,6	13,1	0,2	2,7	-1,4	7,8	20,9	18,2
Kohde 7	49,5	45,2	22,8	54,5	67,6	5,8	-12,7	2,5	27,1	34,8	46,0	47,4
Kohde 8	-31,5	18,1	12,9	2,0	18,9	19,4	20,8	28,6	33,9	16,1	33,7	-35,4
Kohde 9	18,8	-14,9	-17,2	2,8	8,6	-5,9	-24,6	-33,1	-14,0	11,4	-1,7	0,2
Säästö % (KA)	10,6	14,0	10,6	12,5	15,4	10,9	1,9	0,9	8,3	11,9	18,5	11,2
Säästö % (Md)	11,4	14,3	12,9	6,7	8,6	13,1	4,3	2,5	5,9	8,2	15,4	13,7



Kuva 1. Yhdistetyt sähköenergiansäästöt (MWh) kuukausittain keskiarvona ja mediaanina



Kuva 2. Yhdistetyt prosentuaaliset (%) sähköenergiansäästöt kuukausittain keskiarvona ja mediaanina

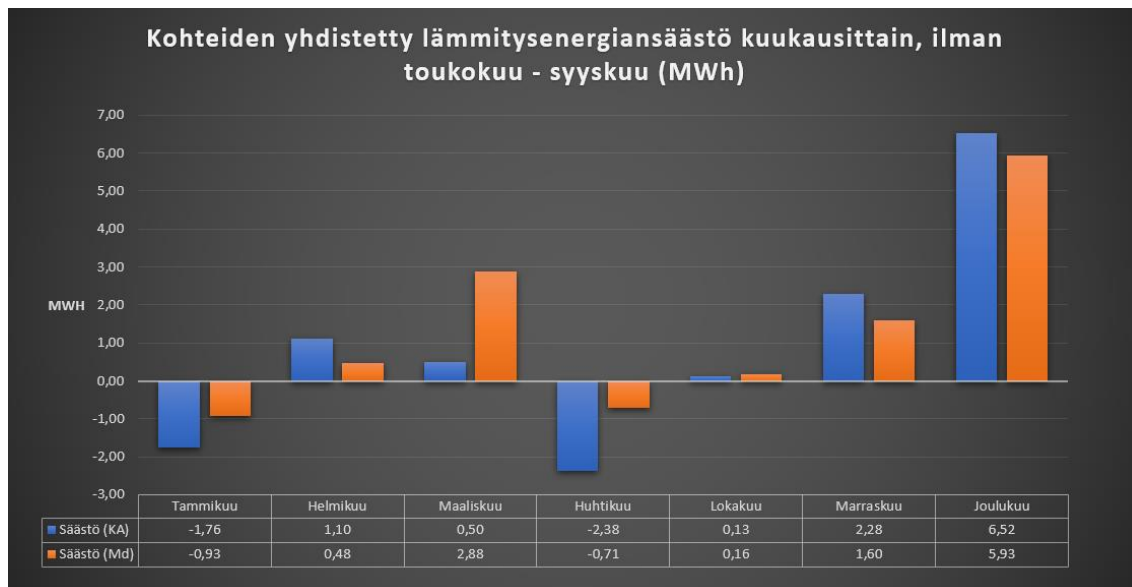
Yhteenveto kuukausitasolla (kaukolämpö)

Taulukko 1. Lämmitysenergiankulutus (MWh) kuukausitasolla kohteittain

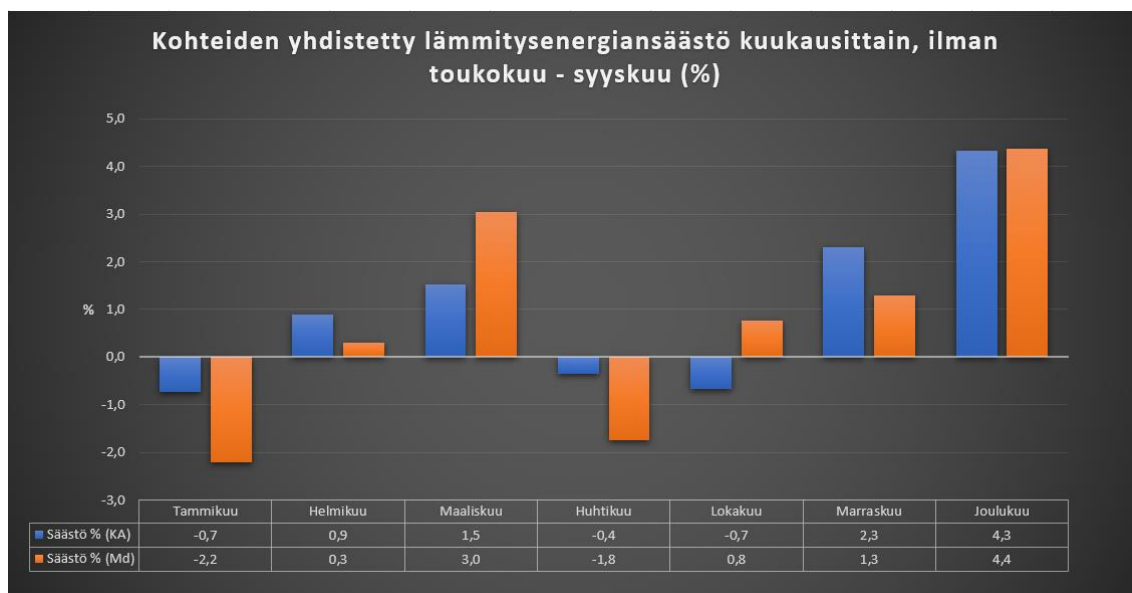
Kaukolämpö (MWh)												
Kohde	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
Kohde 1	9,07	4,12	4,39	6,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,90	7,14	5,93
Kohde 2	10,39	5,73	9,21	-5,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,92	22,75	19,09
Kohde 3	-7,04	0,48	7,40	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,78	0,03	-3,13
Kohde 4	-9,84	-3,71	4,36	-8,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,01	1,60	6,86
Kohde 5	3,20	-1,16	0,74	-12,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	-2,65	5,61
Kohde 6	-18,82	-0,46	-22,30	-13,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,93	-1,57	12,66
Kohde 7	1,36	5,27	2,88	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	3,73	10,42
Kohde 8	-3,24	0,62	-1,67	-0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,75	-13,81	-0,66
Kohde 9	-0,93	-1,00	-0,52	-0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	3,34	1,89
Säästö (KA)	-1,76	1,10	0,50	-2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	2,28	6,52
Säästö (Md)	-0,93	0,48	2,88	-0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	1,60	5,93

Taulukko 2. Lämmitysenergiankulutus prosentuaalisesti (%) kuukausitasolla kohteittain

Kaukolämpö (%)												
Kohde	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
Kohde 1	6,3	3,2	3,5	9,5	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	-1,2	6,9	4,4
Kohde 2	5,6	3,4	5,9	-5,1	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	7,3	17,5	11,2
Kohde 3	-3,9	0,3	8,3	8,3	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	-4,4	0,0	-1,9
Kohde 4	-5,6	-2,3	3,0	-8,8	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	-2,4	1,3	4,5
Kohde 5	1,1	-0,4	0,3	-7,5	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	1,1	-1,2	2,0
Kohde 6	-5,0	-0,1	-7,0	-6,5	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	2,3	-0,6	3,7
Kohde 7	1,3	5,8	3,6	10,2	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	6,4	5,1	11,2
Kohde 8	-4,0	0,9	-2,5	-1,8	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	-16,1	-19,5	-0,9
Kohde 9	-2,2	-2,5	-1,5	-1,5	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	0,8	11,2	4,9
Säästö % (KA)	-0,7	0,9	1,5	-0,4	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#####	#JAKO/0!	-0,7	2,3	4,3
Säästö % (Md)	-2,2	0,3	3,0	-1,8	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#####	#JAKO/0!	0,8	1,3	4,4



Kuva 1. Yhdistetyt lämmitysenergiesäästöt (MWh) kuukausittain keskiarvona ja mediaanina



Kuva 2. Yhdistetyt prosentuaaliset (%) lämmitysenergiesäästöt kuukausittain keskiarvona ja mediaanina