



Jussi-Pekka Krankkala

**ENERGIANKULUTUKSEN JATKUVATOIMINEN SEURANTA
PIEN- JA KERROSTALOISSA**

**ENERGIANKULUTUKSEN JATKUVATOIMINEN SEURANTA
PIEN- JA KERROSTALOISSA**

Jussi-Pekka Krankkala
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Jussi-Pekka Krankkala

Opinnäytetyön nimi: Energiankulutuksen jatkuvatoiminen seuranta pien- ja kerrostaloissa

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 35 + 14 liitettä

Opinnäytetyö on osa Euroopan Unionin rahoittamaa SuLA-projektia. Opinnäytetyössä tutkitaan kahden kerrostalon energiankulutusta kaukoluetavien mittareiden lähettämän datan pohjalta. Mitattujen energian ja tehon perusteella analysoidaan mahdollisia epäkohtia laitteiden toimivuudesta ja toiminnan muutoksista. Lisäksi työssä tarkastellaan vapaa-ajan asunnon ilmalämpöpumpun kokonaistehoa ja varaavan takan lämmityksen vaikutusta sähkönkulutukseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää uusia tapoja energian säästämiseen puuttamalla mahdollisimman nopeasti lämmityslaitteissa esiintyviin ongelmiin. Tähän käytetään konduktanssikäyrää, jolla saadaan päätettyä tehon käyttö suhteutettuna ulkoilman ja sisäilman lämpötilan erotukseen. Konduktanssikäyriä piirretään mittauksien perusteella, ja niiden avulla muutoksia on helppo seurata eri tilanteissa.

Konduktanssikäyrästä näkee selvästi muutokset toimilaitteiden häiriössä ja lämpökäyrän säätämisessä. Konduktanssia voidaan pitää hyvänä keinona löytää näitä ongelmia reaaliajassa. Mittausdata konduktanssista pitää huomioida vain yöllisestä kulutuksesta, jotta saatu lämmitystehon arvo menee pelkästään asunnon lämmittämiseen.

Varaavan takan vaikutus sähkön kulutukseen lasketaan vertailemalla sähköenergian kulutusta kolmen päivän jaksoissa ennen takan lämmittämistä ja sen jälkeen. Loistehon osuus ilmalämpöpumpusta mitattiin suoraan kojeesta.

Varaava takka ei tuonut säästöä sähkön kulutukseen. Varaavan takan tarvitsema kylmä korvausilmaa saa sähköpattereiden termostaatit päälle, mikä nostaa sähkön kulutusta takan lämmityksen aikana. Huonelämpötilan nousu yli halutun tuhlaa suurimman osan takkaan varautuneesta lämmöstä. Varaavalle takalle kannattaa kanavoida oma korvausilmakanava.

Asiasanat: Konduktanssi, energia, lämpöenergia, e-luku, loisteho

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services

Author: Jussi-Pekka Krankkala

Title: Remote Monitoring of Energy Consumption of Residential Buildings

Instructor: Mikko Niskala

Date: May 2013

Number of Pages: 35 + 14 appendices

This thesis is a part of a project entitled SuLA, which is financed by the European Union. In this thesis the energy consumption of two apartment buildings is studied based on automated remote meter reading. Possible defects in the functionality and the operational changes of the devices are analysed on the grounds of the energy and the power measured. Added to this the total output of an air heat pump for holiday houses as well as the effect of heating a heat-storing fireplace on the consumption of electricity are examined.

The purpose of the thesis is to find new ways to save energy by interfering in the problems of the heating systems as soon as possible. To do so, a curve of electric conductance is applied in order to deduct the power consumption from the difference between the outside and inside air temperatures. The curves of conductance are drawn based on the measurements, which makes it easy to follow up changes in different situations.

The conductance curve clearly indicates the changes in the interferences of the devices and in the adjustments of a heat curve. Conductance can be regarded as a good way of monitoring real-time problems. The data for the analysis of the conductance has to be collected at nights in order to make sure that the values for the heating efficiency cover only the heating of a residence.

The influence of the heat-storing fireplace on the consumption of electricity is calculated by comparing the consumption of electricity in three days' cycles before and after heating of the fireplace. The share of the air pump's reactive power was directly measured from the device itself.

The heat-storing fireplace did not bring any savings to the consumption of electricity. Exchanging cold air from outside required by the fireplace switches on the thermostats of electric heaters, which increases the consumption of electricity during heating. Therefore it is useful to provide the heat-storing fireplace with an own channel for exchanging air from outside.

Keywords: Conductance, energy, heating energy

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 MITTAUSKOHTEET	8
2.1 VV	8
2.1.1 Lämmitys	8
2.1.2 Ilmastointi	8
2.2 AK	9
2.2.1 Lämmitys	9
2.2.2 Ilmastointi	9
2.3 Pirttikoski	10
2.3.1 Ilma-ilmalämpöpumppu	10
2.3.2 Varaava takka	11
3 E-LUVUN, KONDUKTANSSIN JA LOISTEHON LASKEMINEN	12
3.1 E-luku	12
3.2 Lämpökonduktanssin laskeminen	15
3.3 Loistehon laskeminen	15
3.4 Lämpö- ja sähköenergian mittaaminen	16
3.5 Sähkötehon mittaaminen	17
3.6 Lämpö- ja sähköenergian sekä sähkötehon mittaamiseen tarvittavat mittauslaitteet	18
3.6.1 Kamstrup multical 601	18
3.6.2 SchellCount 5/32 A	19
3.6.3 EnviR CurrentCost -pihtivirtamittari	20
4 MITTAAMINEN JA MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI	21
4.1 AK ja VV	21
4.2 Pirttikoski	21
4.3 Konduktanssin ero yöllä ja päivällä	22
4.4 Laitevian havaitseminen konduktanssin avulla	24
4.5 Liian suuren lämpöenergiamittarin vaikutus konduktanssiin	25

4.6 Lämpökäyrän muuttamisen vaikutus konduktanssiin	26
4.7 Ilmalämpöpumpun sammuttamisen vaikutus konduktanssiin	27
4.8 Varaavan takan vaikutus sähkönkulutukseen	28
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
5.1 Konduktanssin muutokset	29
5.2 E -lukujen vertailu	29
5.3 Loistehon osuus ilma-ilmalämpöpumpun kokonaissähkötehosta	30
5.4 Varaavan takan lämmittämisen vaikutus asunnon kokonaissähkönkulutukseen	30
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä seurataan asuntojen eri lämmitysjärjestelmien energian kulutusta ja yritetään löytää mahdollisia keinoja vähentää sitä. Kohteina on kaksi kerrostaloa, joita työssä kutsutaan nimillä VV ja AK, sekä vapaa-ajan asunto, josta käytetään nimeä Pirttikoski. VV ja AK ovat salassapitosopimuksen alaisia tutkimuskohteita, joten niiden tarkempia tietoja ja lähteitä ei saa työssä julkaista.

VV ja AK ovat matalaenergiataloiksi suunniteltuja, pääosin asumiskäyttöön tarkoitettuja kerrostaloja. VV:n pinta-ala on 4324 m² ja AK:n pinta-ala 2380 m². Molempien kohteiden ensisijainen lämmitysmuoto on kaukolämmöstä lämpöenergian saava patteriverkosto. VV:ssä ja AK:ssa on myös ilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla ja sähköisellä jälkilämmitysvastuksella. Märkätiloissa on sähköllä toimiva lattialämmitys.

Pirttikoski on vapaa-ajan asunto, jonka pinta-ala on 65 m² ja asunnon lämmitys toteutetaan pääosin sähköllä. Sähkön lisäksi lämmitysmuotona on varaava takka.

VV:stä ja AK:sta tehdään mittaustulosten perusteella konduktanssikäyrä, ja sen avulla analysoidaan mahdollisuuksia puuttua toimilaitteiden ja säätökäyrien virheisiin nopeammin. Lisäksi rakennuksista lasketaan laskennallinen ostoenergian kulutus sekä e-luku ja verrataan saatuja arvoja todellisiin arvoihin.

Pirttikoskesta analysoidaan mittaustuloksia takan vaikutuksesta sähkönkulutukseen ja loistehon osuutta ilmalämpöpumpun pätehosta. Varaavan takan mittaustuloksista piirretään lämpötila ja sähkökäyrä 3 päivää ennen lämmittämistä ja 3 päivää lämmittämisen jälkeen tilanteessa, jossa ulkolämpötila pysyy mittauksen ajan mahdollisimman tasaisena. Näitä käyriä verrataan keskenään, jotta nähdään varaavan takan todellinen hyöty sähkönkulutuksessa.

2 MITTAUSKOHTEET

2.1 VV

Ensimmäinen mittauskohde on asumiskäyttöön tarkoitettu kerrostalo, jonka lämmitettävä pinta-ala on 4324 m² ja tilavuus 11754 m³ (liite 2). Kiinteistö on valmistunut vuonna 2010, ja se on suunniteltu matalaenergiataloksi. Kiinteistössä on asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä, jossa on sähkökäyttöisellä jälkilämmittimellä ja levylämmönvaihtimella varustettu lämmöntalteenotto-laite.

2.1.1 Lämmitys

Kiinteistö kuuluu kaukolämpöverkoston piiriin. Kaukolämmön lämmönvaihtimien teho lämmityspuolella mitoituslämpötiloilla 70/40 °C on 95 kW. Kiinteistön lämmitysmuotona on 2-putkijärjestelmällä toteutettu patterilämmitys. Lämmityspattereita kiinteistössä on yhteensä 95 kappaletta (liite 7). Lämmityspattereiden lisäksi kiinteistössä on sähköllä toimiva lattialämmitys märkätiloissa, wc-tiloissa, sekä ajoliuskan päällä sijaitsevilla huoneistoissa.

2.1.2 Ilmanvaihto

Kiinteistön asunnot on varustettu huoneistokohtaisilla Swegon-270M-ilmanvaihtokoneella. Ilmanvaihtokoneessa on tulo- ja poistoilmapuhaltimet, tulo- ja poistoilmasuodattimet sekä lämmöntalteenotto, joka tapahtuu ristivirtatekniikalla toimivalla levylämmönvaihtimella. Ilmanvaihtokoneita kiinteistössä on yhteensä 67 kappaletta. (liite 8.)

Swegon-270M-levylämmönvaihtimen sisällä on alumiinista valmistettuja lamelleja, joiden läpi lämpö siirtyy ilmavirtojen välillä. Ilmavirrat eivät kohtaa koneen sisällä, mikä estää epämiellyttävien hajujen siirtymisen. Koneessa on mekaaninen ohituspelti, joka ohjaa poistoilman lämmönvaihtimen ohi, silloin kun lämpöä ei tarvita. Lämmönvaihdin on varustettu jäätymisenestotermostaatilla, ja tilanteessa, jossa lämmönvaihdin uhkaa jäätymä, tuloilmapuhallin pysähtyy ja lämmin poistoilma estää lämmönvaihdinta jäätymästä. Jälkilämmitys toteutetaan sähköisellä 500 W:n jälkilämmitysvastuksella, joka sijaitsee lämmönvaihtimen taka-

na. Säädettävä termostaatti kytkee vastuksen päälle, kun tuloilman lämpötila alittaa asetetun arvon. (1.)

2.2 AK

Toinen mittauskohde on pääasiassa asumiskäyttöön tarkoitettu kerrostalo, jonka lämmitettävä pinta-ala on 2380 m² ja tilavuus 7139 m³ (liite 3). Kiinteistössä toimii myös kaksi liiketilaa, joiden yhteispinta-ala on 228 m² (liite 9). Kiinteistö on valmistunut vuonna 2011, ja se on suunniteltu matalaenergiataloksi. Kiinteistössä on asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä, jossa on sähkökäyttöisellä etu- ja jälkilämmityspatterilla ja levylämmönvaihtimella varustettu lämmöntalteenottolaite.

2.2.1 Lämmitys

Kiinteistö kuuluu kaukolämpöverkoston piiriin. Kaukolämmön lämmönvaihtimien teho lämmityspuolella mitoituslämpötiloilla 60/30 °C on 65 kW. Kiinteistön lämmitysmuotona on 2-putkijärjestelmällä toteutettu patterilämmitys. Lämmityspattereiden lisäksi kiinteistössä on sähköllä toimiva lattialämmitys märkätiloissa ja wc-tiloissa. (liite 10.)

2.2.2 Ilmanvaihto

Kiinteistön asunnot on varustettu huoneistokohtaisilla Swegon-W80-ilmanvaihto-koneilla ja liiketilat on varustettu Swegon-650-ilmanvaihtokoneilla (liite 11).

Swegon-W80:ssa on lämmön talteenotto vastavirtatekniikalla toimivalla levylämmönvaihtimella. Vastavirtatekniikalla toimiva kone perustuu ristivirtatekniikan tavoin alumiinilamelleihin, joiden välissä lämpö siirtyy lämpimästä ilmasta kylmään ilmaan ja edelleen huoneistoon. Vastavirtatekniikalla saavutetaan parempi lämpötilahyötysuhde joka on noin 75–85 %, kun taas ristivirtatekniikalla saavutetaan noin 60–65 % lämpötilahyötysuhde. Ilmanvaihtokonetta pystytään säättämään portaattomasti EC-tasavirtapuhaltimien avulla, joten hyötysuhde säilyy hyvänä myös matalilla kierroksilla. Ilmanvaihtokoneessa on sähköinen 1000 W:n etulämmitysvastus, jotta lämmöntalteenotto ei pääse jäätymään. Se sijait-

see lämmönvaihtimen edessä. Säädettävä termostaatti kytkee vastuksen päälle, kun ulkoilman lämpötila alittaa asetetun arvon. Jälkilämmitys toteutetaan sähköisellä 500 watin jälkilämmitysvastuksella. (2.)

Swegon-650 on ristivirtatekniikalla toteutettu levylämmönvaihtimella toimiva lämmöntalteenottolaite, jossa on hyötysuhde noin 60 %. Mallissa on 1800 watin etulämmitysvastus, joka on tarkoitettu jäätymisenestotilanteisiin. Jälkilämmitys hoidetaan 2000 W:n jälkilämmitysvastuksella, joka sijaitsee lämmönvaihtimen takana. (3.)

2.3 Pirttikoski

Kolmas mittauskohteeni on vapaa-ajan asunto, jonka lämmitettävä pinta-ala on noin 65 m² ja tilavuus noin 146 m³ (4, s. 7). Opinnäytetyössä tarkastellaan vapaa-ajan asunnon ilmalämpöpumpun loistehon osuutta kokonaistehosta ja varaavan takan lämmityksen todellista vaikutusta sähkönkulutukseen.

2.3.1 Ilma-ilmalämpöpumppu

Ilma-ilmalämpöpumpussa lämpö otetaan ulkoilmasta ja luovutetaan suoraan huoneistoon. Ilmalämpöpumppu koostuu kahdesta eri osasta: ulko- ja sisäyksiköstä. Ulkoyksikössä on ilmasta lämpöä ottava höyrystin, kompressori ja ohjauslaitteita. Sisäyksikössä on puhallinpatteri, joka kierrättää lämmitettävää tai jäähdytettävää ilmaa. (5.) Ilma-ilmalämpöpumppu vaatii lisälämmitysjärjestelmän, koska se tuo lämpöä ulkoilmasta ja on näin riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Ulkoilman lämpötilan laskiessa myös höyrystymislämpötila laskee, mikä aiheuttaa tehon ja lämpökertoimen pienenemisen. Kompressorin käyttöalueen rajat eivät normaalisti salli lämpöpumpun käyntiä alle -20 °C:n ulkolämpötilalla. (6, s. 387.)

Pirttikosken vapaa-ajan asunnossa on Daikin FTXSDVMW/L -ilmalämpöpumppu, jolle valmistaja lupaa -10 °C:n lämpötilassa lämpökertoimeksi 2,5 (4, s. 8).

2.3.2 Varaava takka

Tämän päivän rakentamisessa tulisija on yleinen täydentävä lämmönlähde, ja sillä voidaan kattaa merkittävä osa rakennuksen lämmitystarpeista etenkin uusissa pientaloissa ja vapaa-ajan asunnoissa, joissa eristeet ja eristykset ovat kehittyneet. Tulisija on hyvä lämmönlähde, koska se ei ole riippuvainen sähköstä ja mahdolliset sähkökatkokset ja lämmitysjärjestelmien toimintahäiriöt eivät vaikuta sen käyttöön. Varalämmönlähteenä tulisija on erinomainen. (7.)

Paras lämmityshyöty saadaan massiivisella tulisijalla, jonka rakenteisiin varastoitunut lämpö vapautuu huonetiloihin pienellä teholla pitkän ajan kuluessa. Parasta lämmityshyötyä haettaessa on tärkeää huomata, ettei huoneiden lämpötila nouse liian korkeaksi, jolloin syntyy lämpöhävikkiä. Varaavalla tulisijalla on mahdollista saavuttaa parhaimmillaan 80-85 % hyötysuhde, ja huoneiden lämmitykseen sopivan kokoisella tulisijalla voidaan tuottaa jopa kolmannes asunnon lämmitystarpeesta. Varaavan tulisijan rakentaminen ja puun polttaminen lämmityksen lähteenä on erityisen kannattavaa sähkölämmitteisissä taloissa, joissa lämmitysenergia on kallista ja pakkasjaksojen aikana tulisija ei tuota liian korkeita lämpötiloja. (7.)

Pirttikosken vapaa-ajan asunnossa ei kuitenkaan saavutettu energian säästöä takan lämmittämisellä. Petri Pirttilän mukaan Pirttikosken tulisijan palamisen höytysuhde on noin 72,5 % (taulukko 1) (4, s. 8). Palamisen hyötysuhteesta vähennetään vielä tuhkahäviöt, jolloin keskimääräiseksi hyötysuhteeksi saadaan noin 67,8 %. (4, s. 8.)

TAULUKKO 1. Savukaasumittauksen tulokset (4, s. 8)

	$^{\circ}\text{C}_{\text{netto}}$	O_2	CO	η	CO_2	Sk lpt	YMP lpt
	180	11,3	4,73	87,3	9,5	197	19,6
	161	14,7	3	82,7	6,1	178	19,5
	114	18,1	3,86	72,9	2,9	136	18,9
	126	17,9	10,7	70	2,9	143	19
	114	18,2	7,1	61	2	131	19,2
	84	19,5	1,2	60,9	1,4	98	18,5
ka	129,8	16,6	5,1	72,5	4,1	147,2	19,1

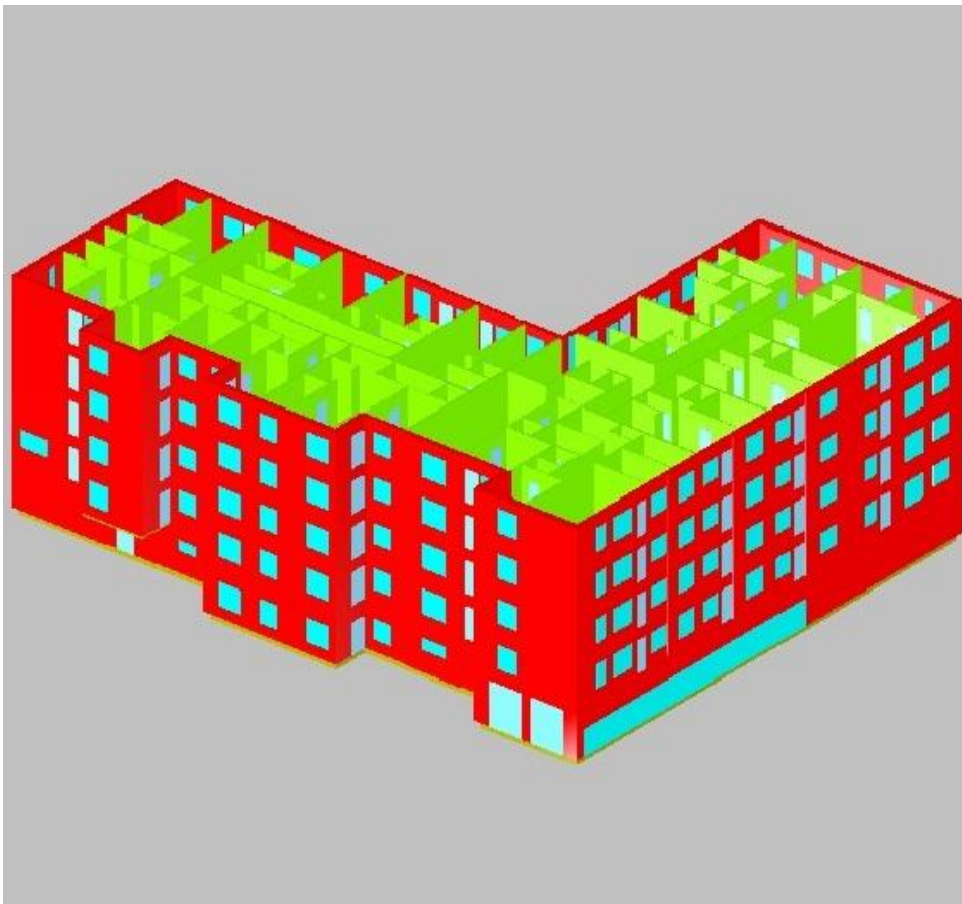
3 E-LUVUN, KONDUKTANSSIN JA LOISTEHON LASKEMINEN

3.1 E-luku

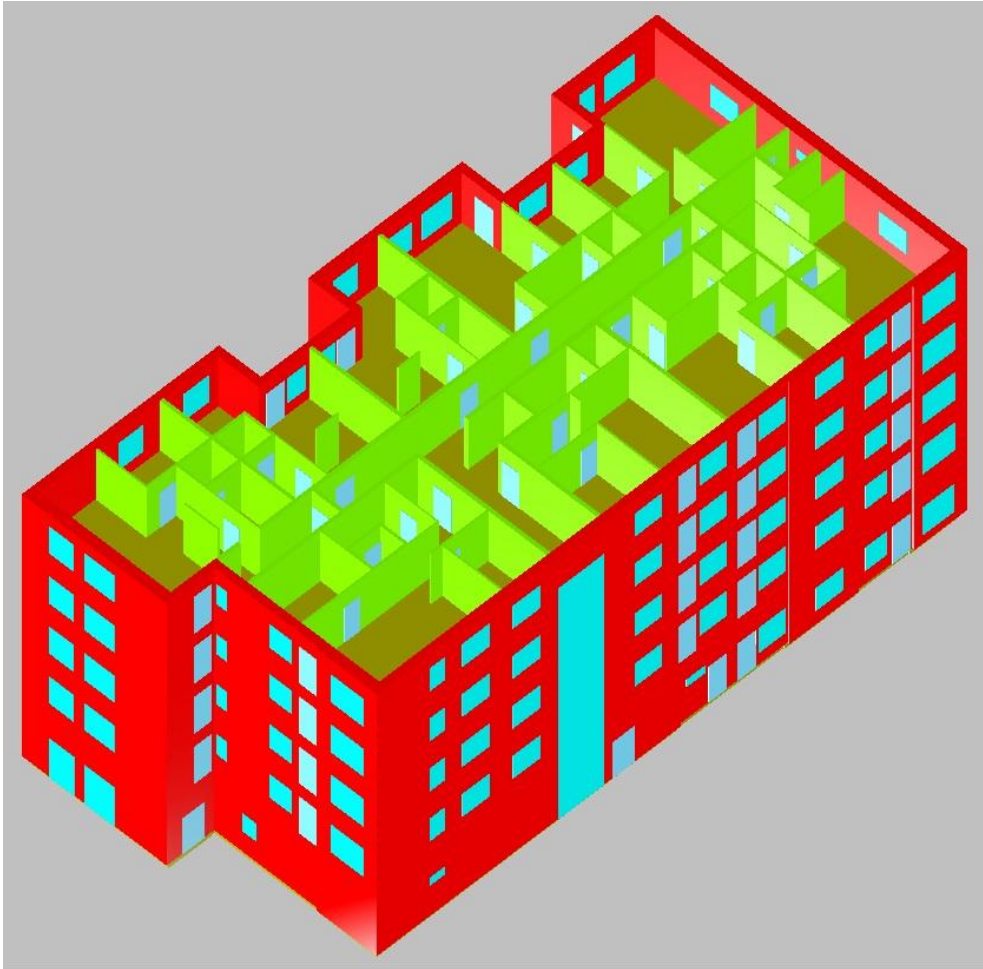
E-luku on teoreettinen rakennuksen vuotuista ostoenergian kulutusta kuvaava luku lämmitettyä nettopinta-alaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. (8, s. 8.)

Opinnäytetyössä on laskettu VV:n ja AK:n E-luvut rakennusmääräyskokoelman uudella D5 ohjeella, joka on vasta luonnos. Laskennallisia e-lukuja voidaan verrata kiinteistöjen todellisen ostoenergian kulutukseen.

Laskeminen aloitetaan mallintamalla ifc-kuvat molemmista kiinteistöistä käyttämällä MagiCAD Room -ohjelmaa (kuva 1 ja kuva 2). Kuviin määritetään arkkitehtikuvien pohjalta huoneiden mitat sekä välipohjien ja seinien paksuudet.



KUVA 1. VV:n valmis ifc-kuva MagiCAD Room -ohjelmassa



KUVA 2. AK:n valmis ifc-kuva MagiCAD Room -ohjelmassa

Valmis ifc-kuva siirretään Riuska-ohjelmaan (kuva 3), jossa määritetään arkkitehtikuvien pohjalta ovien, ikkunoiden, seinien, välipohjien, lattian ja katon u-arvot, vuotoilmakertoimet, eri tilojen olosuhteet sekä ilmanvaihtokoneen lämpötilat raitisilmalle ja tuloilmalle kesä- ja talvitilanteissa.

ankulutukseen vai pitääkö ne erikseen laskea. Tästä syystä hyötysuhteiden avulla lasketut vuosihäviöt jätettiin erikseen laskematta.

Lopuksi saadut ostoenergiat kerrotaan energiamuotojen kertoimilla ja jaetaan kohteen neliömäärällä. VV:n lämmitysenergiaksi saatiin Oulun säätiedoille mitoitettuna 313 MWh, sähköenergiaksi 266 MWh (liite 2.) ja e-luvuksi Helsingin säätiedoille mitoitettuna 152 kWh/m² (liite 3). AK:n vuotuiseksi lämmitysenergiaksi saatiin Oulun säätiedoille mitoitettuna 181 MWh, sähköenergiaksi 168 MWh (liite 4.) ja e-luvuksi Helsingin säätiedoille mitoitettuna 145 kWh/m² (liite 5).

3.2 Lämpökonduktanssin laskeminen

Lämpökonduktanssin on sisä- ja ulkoilmalämpötilan eron sekä tehontarpeen suhde, joka lasketaan kaavalla 2 (6, s. 35). Opinnäytetyössä tehon tarve perustuu VV:n ja AK:n kaukolämmön mittauskeskusten lämpöenergiamittareihin ja lämpökonduktanssi lasketaan jokaiselle tunnille erikseen.

$$G = \frac{\varnothing}{\Delta T}$$

KAAVA 2

G = konduktanssi (W/°C)

\varnothing = teho (W)

ΔT = lämpötilaero (°C)

3.3 Loistehon laskeminen

Loisteho on sähkölähteen ja kulutuskojeen välillä edestakaisin sykkivää tehoa, joka ei ota kojeessa osaa pysyvään työsuoritukseen. Loisteho lasketaan kaavalla 3 ja kaavalla 4 (11, s. 198).

$$Q^2 = S^2 P^2$$

KAAVA 3

Q = loisteho (kW)

S = näennäisteho (kW)

P = pätöteho (kW)

$$Q = UI \sin \varphi$$

KAAVA 4

Q = loisteho (W)

$UI = S =$ näennäisteho (W)

$\sin \varphi$ = vaihtosähkön loistehokerroin

Opinnäytetyössä otettiin aikaväli, josta laskettiin sähköenergia ilma-ilmalämpöpumpulle vähentämällä sähköenergiamittarin alkutilanteen ja lopputilanteen välinen kokonaisenergiakulutus. Energiaksi saatiin 22,4 kilowattituntia, mikä jaetaan aikavälin kokonaistunneilla, 318,2 tuntia. Näin saadaan pätötehoksi 70,4 kilowattia. Näennäisteho saatiin ottamalla samalta aikaväliltä mittausulos suoraan palvelimelta. Pätöteho mittaajalta oli 297,8 kilowattia. Koska pätöteho oli selvästi vähemmän, kuin näennäisteho, todettiin, että näennäistehoa mittaava mittari on epäkunnossa ja loistehoa ei saada laskettua suoraan matemaattisesti (liite 6). Tästä syystä loistehon osuus mitattiin erikseen mittalaitteella.

Mittalaitteella mitattiin tehokerroin $\cos \varphi$ (kaava 5), joka kuvaa pätötehon ja näennäistehon suhdetta (12). Tehokertoimeksi saatiin keskimäärin 0,85.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

KAAVA 5

$\cos \varphi$ = tehokerroin

P = pätöteho (W)

S = näennäisteho

3.4 Lämpö- ja sähköenergian mittaaminen

Lämpöenergia mitataan lämpöenergiamittareilla. Lämpöenergiamittarit ovat niin sanottuja yhdistelmämittareita, jotka koostuvat virtausanturista, lämpötilantureista ja lämpömäärän laskimesta (13). Lämpömäärämittari asennetaan kaukolämmön mittauskeskukseen, ja se antaa tietoa tasatunnein lämpöenergiasta, meno- ja paluueden lämpötiloista ja sen hetkisen virtaaman sekä käytetyn kokonaisvesimäärän. Valmis data lähetetään tietokoneelle Excel – taulukkoon, josta se on helposti luettavissa.

Sähköenergia mitataan kiinteillä energia-ala mittareilla, jotka on asennettu sähköpääkeskukseen. Energia-ala mittarit ovat yksivaiheisia, jos syöttö ja lähtö on 230VAC/. Jos Syöttö on 400VAC ja lähtö on 230VAC, käytetään kolmivaiheisia energiamittareita.

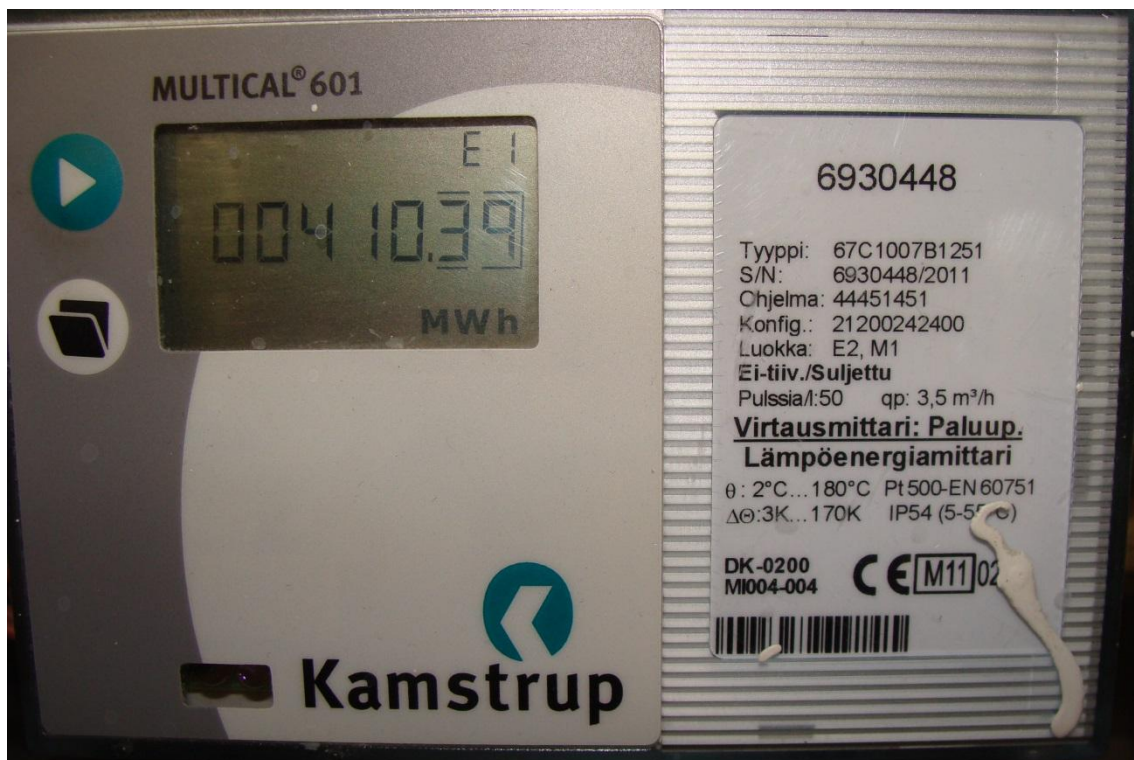
3.5 Sähkötehon mittaaminen

Reaaliaikaista tehon kulutusta mitataan sähkökeskuksesta virtamuuntajilla. Pirttikosken vapaa-ajan asunnossa on neljä virtamuuntajaa. Yksi virtamuuntaja on varattu pelkästään ilmalämpöpumpun tehon mittaamiseen ja lopuilla kolmella virtamuuntajalla mitataan asunnon loppuja tehoja. Virtamuuntaja mittaa virtaa ja olettaa jännitteen olevan 230 volttia. Virran ja jännitteen avulla mittari laskee tehon, joka on lähellä näennäistehoa jos jännite on valittu oikein. Tämän jälkeen tieto tallennetaan kovalevylle. Tiedot lähetetään myös langattomana 3G-yhteyden avulla palvelimelle.

3.6 Lämpö- ja sähköenergian sekä sähkötehon mittaamiseen tarvittavat mittauslaitteet

3.6.1 Kamstrup multical 601

Kamstrupin multical 601 -energiamittarilla (kuva 4) mitataan lämmitys-, jäähdytys- sekä yhdistettyä lämmitys- ja jäähdytysenergiaa.



KUVA 4. Kamstrup multical 601

3.6.2 SchellCount 5/32 A

SchellCount 5/32 A energiankulutusmittarilla (kuva 5) mitataan mekaanisesti ilmalämpöpumpun sähköenergian kulutusta (4, s.16.).



KUVA 5. SchellCount 5/32 A -energiankulutusmittari

3.6.3 EnviR CurrentCost -pihtivirtamittari

Pihtivirtamittarilla (kuva 6) mitataan ilmalämpöpumpun sähkövirtaa, josta saadaan laskettua pumpun käyttämä sähköteho. (4, s. 18.)



KUVA 6. EnviR CurrentCost -pihtivirtamittari

4 MITTAAMINEN JA MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI

4.1 AK ja VV

Ensimmäinen mittaus aloitettiin 1.10.2012 kello 01.00, ja tästä eteenpäin mittaustulos rekisteröitiin jokainen tasatunti. Data siirrettiin Excel -taulukoon. Jokaiseen mittausajankohtaan lisättiin erikseen sisäilman ja ulkoilman lämpötila sekä lämpökonduktanssi. Sisäilman lämpötila asetettiin kiinteistöjen tavoitearvoon 21 °C (liite 7) ja ulkoilman lämpötilatiedot tunneittain saatiin freemeteon Oulun sääasemalta.

Maaliskuussa 2013 VV:n lämpökäyrää laskettiin, jotta nähtäisiin kyseisen toiminnan vaikutus lämpökonduktanssin mahdollisiin muutoksiin. AK:ssa ei mittauksien aikana tehty muutoksia lämmitysjärjestelmään, mutta asennettu lämpöenergiamittari oli kuitenkin liian suuri, minkä vuoksi se aiheutti huonon ja epätaksaisen lämpökonduktanssikäyrän. Tästä kerrotaan tarkemmin luvussa liian suuren lämpöenergiamittarin vaikutus konduktanssiin. Viimeinen mittaustulos otettiin ylös 25.3.2013 kello 23.00.

4.2 Pirttikoski

Asunnosta analysoitiin kaksi eri mittaustapausta. Ensimmäinen tapaus oli ilmalämpöpumpun sähköenergian ja sähkötehon mittaus. Toinen tapaus oli varaavan takan vaikutus asunnon kokonaissähkön kulutukseen takan lämpötilan ja sähkönkulutuksen avulla.

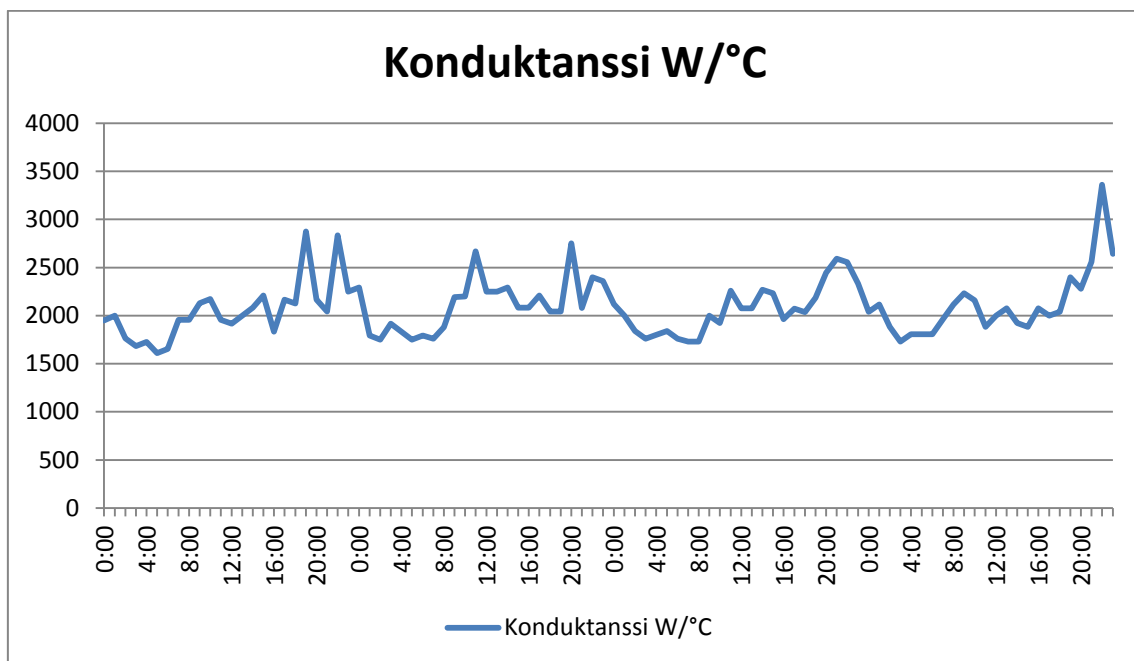
Ensimmäinen mittaus sähköenergian kulutuksesta aloitettiin 11.3.2013 klo 6.25 laittamalla muistiin sen hetkinen energiankulutus ilmalämpöpumpulle ja ottamalla kellonaika ylös, jotta palvelimella olevat reaaliaikaiset sähkötehot saadaan juuri samalta ajalta. Seuraava luku otettiin ylös 24.3.2013 klo 12.38, jolloin saatiin mittausaikaväliltä ilmalämpöpumpun energiankulutus. Sähköteho saatiin palvelimelta suoraan valitsemalla sama mittausaikaväli.

Varaavan takan lämmityksen vaikutus kokonaissähkön kulutukseen on mitattu automaattisesti takan lämpötilan, ulkoilman lämpötilan ja asunnon kaikkien virtamittareiden avulla. Kaikki anturit oli jo valmiiksi asennettu vuonna 2011. Kaikki

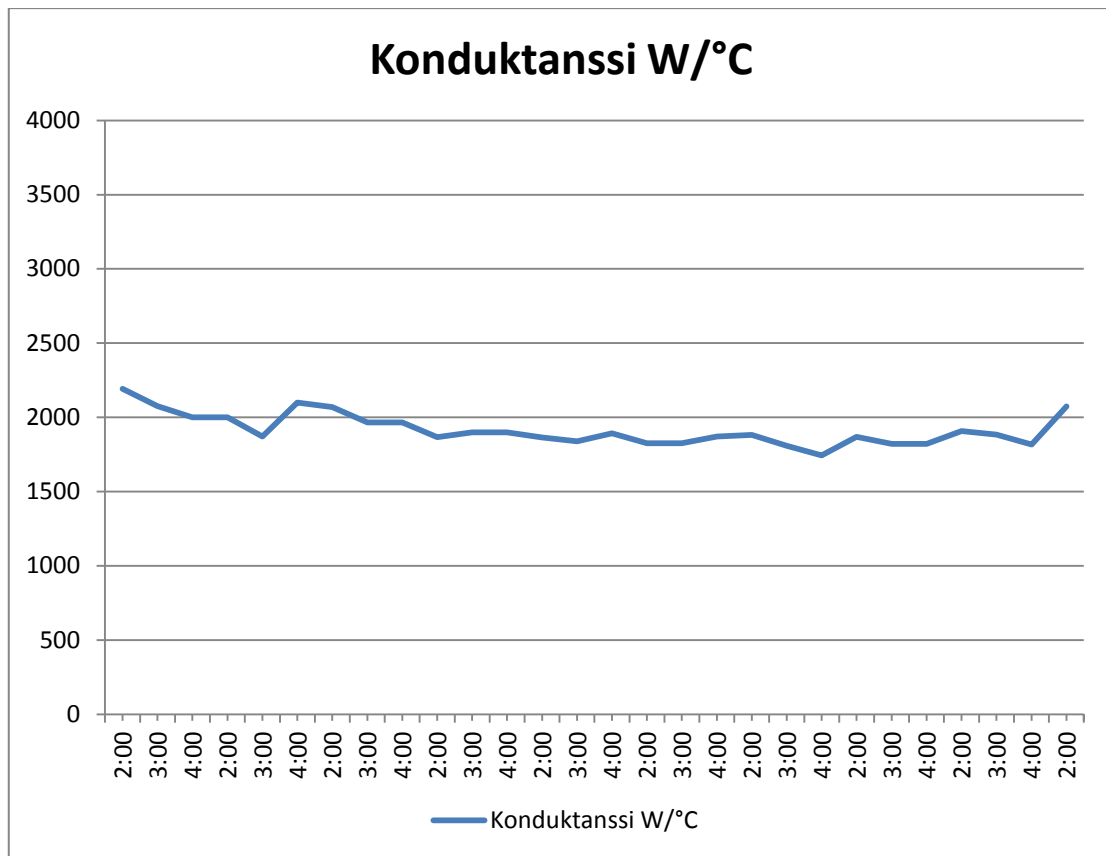
tarvittavat arvot löytyvät suoraan palvelimelta ja tiedot lämmityskaudelta joulukuun 2012 alusta helmikuun 2013 loppuun siirrettiin suoraan Excel -taulukkoon.

4.3 Konduktanssin ero yöllä ja päivällä

Kuvassa 7 huomataan, että konduktanssi vaihtelee voimakkaasti päivällä niin sanottuina ruuhka-aikoina. Tämä selittyy käyttöveden kasvaneella käytöllä, kun asukkaat ovat hereillä ja käyttävät lämmintä vettä. Näin lämpöenergiaa menee myös muualle kuin pelkästään asunnon lämmittämiseen. Tämän vuoksi luotettavia analyysejä ei konduktanssin muutoksien suhteen voida tehdä kuin yöaikana (Kuva 7). Tasaisin konduktanssi oli kello 02–04 (Kuva 8). Kaikki VV:n sekä AK:n konduktanssia koskevat mittaustulokset on analysoitu tältä aikaväliltä.



KUVA 7. Lämpökonduktanssin muutokset päiväsaikaan

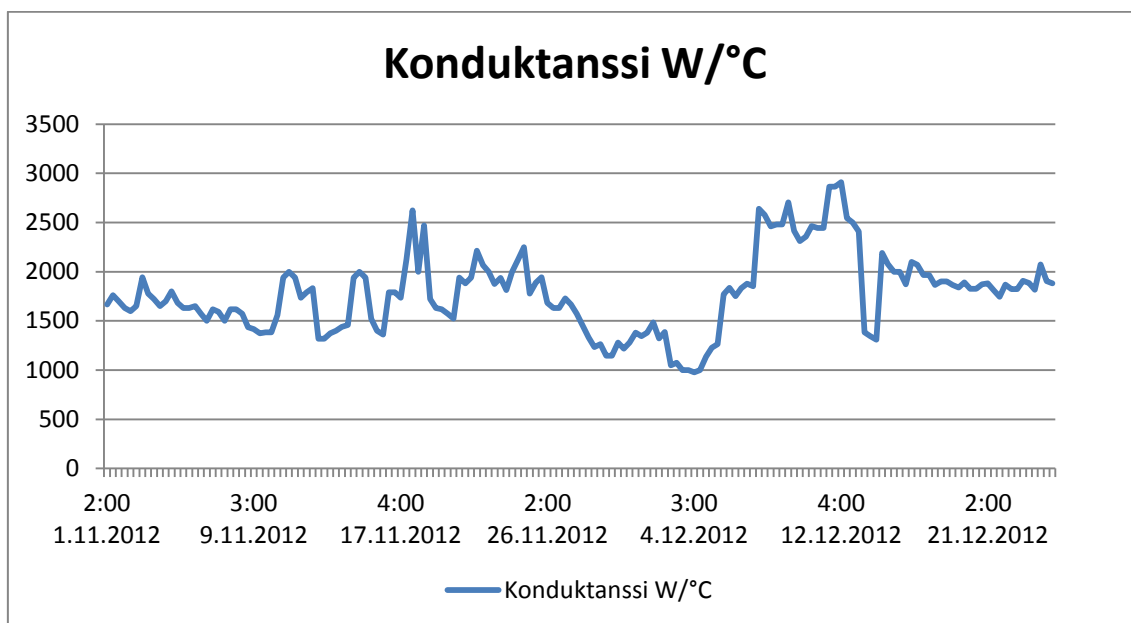


KUVA 8. Lämpökonduktanssi yöaikaan

Konduktanssin pitäisi pysyä mahdollisimman tasaisena. Konduktanssin suuruusluokka kuitenkin vaihtelee kohteen mukaan, ja optimaalisimman konduktanssin mittaaminen on vaikeaa. Tästä syystä konduktanssilla on hyvä etsiä lähinnä mahdollisia vikoja lämmitysjärjestelmässä.

4.4 Laitteiden havaitseminen konduktanssin avulla

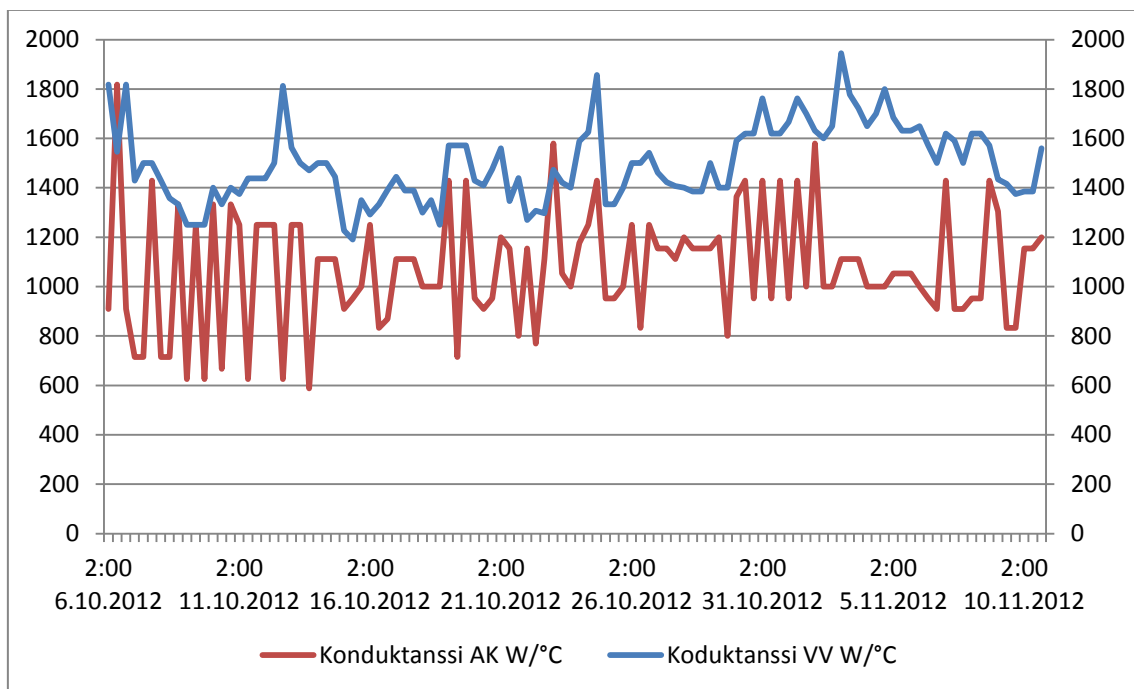
Mittauksien aikana VV:n lämmönsäädin oli epäkunnossa, ja tämä näkyy kuvassa 9 konduktanssin voimakkaana vaihteluna normaalitilanteeseen verrattuna. Kun vika on havaittu, voidaan käydä paikan päällä tekemässä tarkistus ja korjata ongelma. Tässä tapauksessa lämmönsäädin käytiin ohittamassa käsiajolle 14.12., jolloin konduktanssi alkaa nousta lopulta lähelle 3000 W/°C. Lämmönsäädin saatiin kuntoon 12.2., jolloin konduktanssi pienenee, koska asunnossa on liikaa lämpöä, eikä sitä tarvitse tuottaa. Tilanne tasapainottuu 15.2., jolloin vika on saatu korjattua. Käyrän perusteella voidaan todeta, että mikäli konduktanssi muuttuu yli 1000 W/°C kahden päivän aikana yöaikaan, on todennäköistä, että kohteessa on olemassa jokin toimintahäiriö.



KUVA 9. Vika laitteessa 9.11.2012 – 17.12.2012

4.5 Liian suuren lämpöenergiamittarin vaikutus konduktanssiin

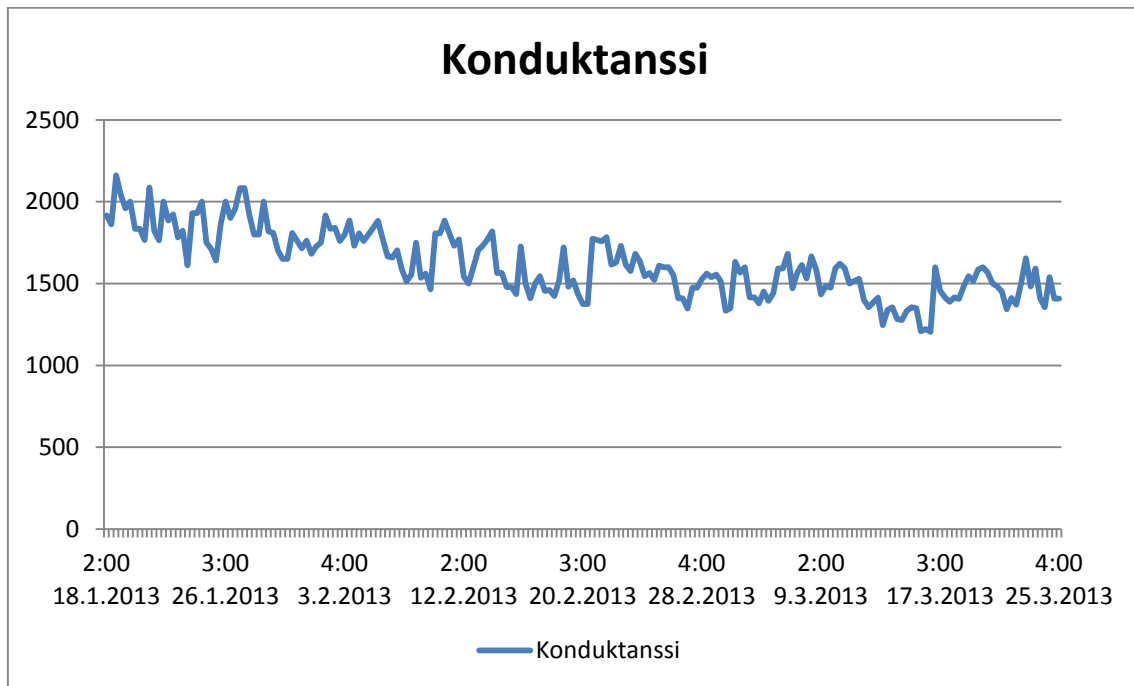
Kohteen AK lämpömittari on liian suuri. Tämä voidaan todeta kuvan 10 konduktanssin muutoksista. AK:n ruskealla piirretty konduktanssikäyrä piirtää voimakasta sahalaitaa, joten mittarin tulokset vaihtelevat. Kuvassa 10 sinisellä on piirretty VV:n konduktanssikäyrä samalta ajalta, mikä käyttäytyy huomattavasti maltillisemmin. VV:ssä on lämpöenergiamittarina kaksi kertaa pienempi mittari, vaikka kiinteistö on neliömäärältään suurempi kuin AK.



KUVA 10. AK:n ja VV:n konduktanssikäyrät

4.6 Lämpökäyrän muuttamisen vaikutus konduktanssiin

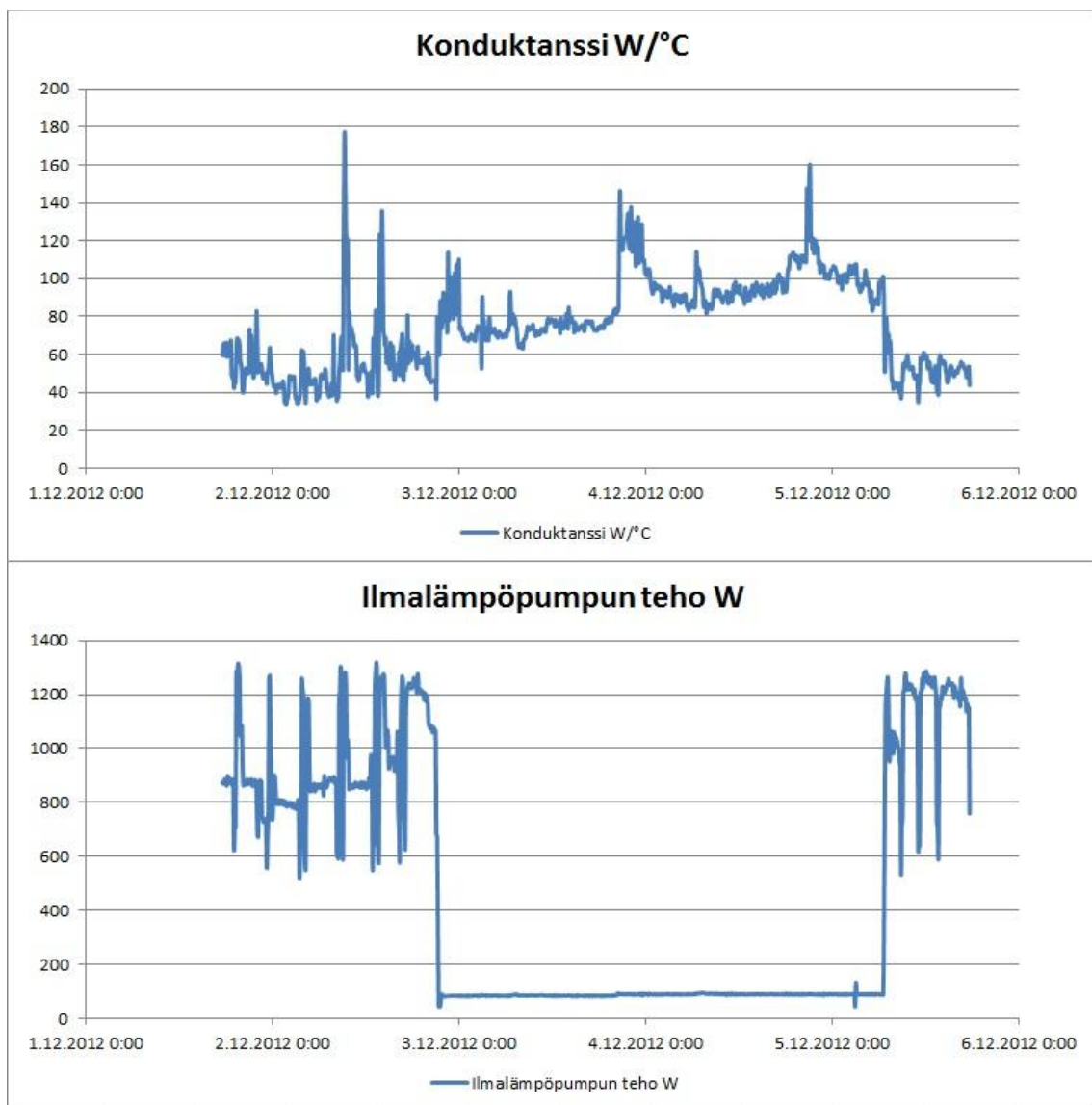
Lämpökäyrää pienennettiin maaliskuun alussa 2013. Kuvasta 11 voidaan todeta, että tämän hetken jälkeen myös konduktanssi alkaa laskea tasaisesti. Kun konduktanssi saavutti alimman pisteensä, huoneiston lämpötila laski liiaksi, joten käyrää piti taas nostaa ylöspäin. Tämän säädön johdosta myös konduktanssi nousee kuvan viimeisinä päivinä.



KUVA 11. Konduktanssin käyttäytyminen lämpökäyrän säätämisen jälkeen

4.7 Ilmalämpöpumpun sammuttamisen vaikutus konduktanssiin

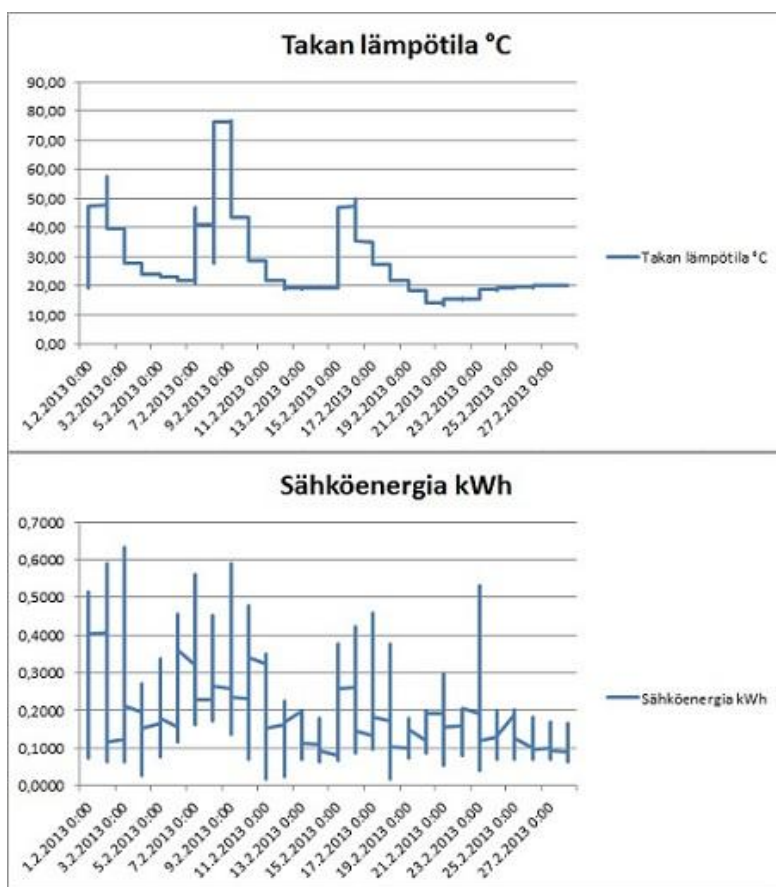
Kuvassa 12 ilmalämpöpumppu on kytketty pois päältä 2.12.2012 ja se kytketään takaisin päälle 5.12.2012. Huomioitavaa on, että ilmalämpöpumpun pois-kytkeytymisen jälkeen konduktanssi nousee. Tämä johtuu seinäpattereiden kasvavasta energiankulutuksesta. Konduktanssin tasaantuessa ilmalämpöpumpun sammuttamisen jälkeen voidaan verrata uutta konduktanssikäyrää tilanteeseen, jossa ilmalämpöpumppu on päällä. Näin saadaan ilmalämpöpumpun hyöty mitattua verrattuna pelkkään patterilämmitykseen.



KUVA 12. Pirttikosken konduktanssi ilmalämpöpumpun ollessa pois päältä

4.8 Varaavan takan vaikutus sähkönkulutukseen

Kuvan 13 takan lämpötiläkäyrästä nähdään, milloin takkaan on sytytetty tuli. Lämpökäyrä nousee voimakkaasti tulen sytyttämisen seurauksena ja sähköenergiaa osoittavaan käyrään nousee, koska takka vetää korvausilmaa seinärakenteiden läpi, mikä aiheuttaa seinäpattereiden päälle kytkeytymisen. Korvausilma lämpiää pattereiden avulla, mutta se menee suoraan savupiipusta ulos takan vedon aiheuttamana. Tämä ilmiö hukkaa energiaa. Kuvasta 13 nähdään myös, kuinka kauan takka pysyy lämpimänä. Mittauksissa takan viileneminen alkulämpötilanteeseen kesti keskimäärin 6 päivää, mutta lämpötilan laskiessa alle 30 °C:n takka ei enää luovuta merkittävästi lämpöä. Todellinen lämmönluovutusaika oli noin 3 päivää. Takan lämpötila nousee alussa haluttua korkeammaksi, mikä hukkaa suurimman osa takkaan varastoituneesta lämmöstä. Mittaushetkiksi on valittu mahdollisimman tasaisella ulkolämpötilalla olevat päivät, jotta vertailukohta takan ollessa käytössä ja käyttämättä olisi sama.



KUVA 13. Takan lämpötilan ja sähköenergian kulutuksen välinen vertailu.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Konduktanssin muutokset

Konduktanssikäyrän avulla saadaan näkyviin mahdolliset toimiviat selkeinä käyrän eroina, kun konduktanssin muutos on $1000 \text{ W/}^\circ\text{C}$ kahden päivän aikana. Selkein muutos huomataan VV:n konduktanssikäyrästä marraskuun alusta jouluaattoon, jolloin lämmönsäätimessä oli vika. Mittauksen luotettavuus edellyttää kuitenkin, että lämpöenergiamittarit ovat kohteeseen sopivan kokoisia. AK:hon asennettu lämpöenergiamittari on liian iso, mikä aiheuttaa sahalaitaisen konduktanssikäyrän, joka vaihtelee $2000 \text{ W/}^\circ\text{C}$:n välillä jopa yhden vuorokauden sisällä.

Mittaushetki pitää valita oikein. Konduktanssin nousee päivällä, koska lämpöenergiaa menee käyttöveteen. Tästä syystä luotettavat mittaukset voidaan suorittaa vain yöaikaan. Paras tulos saavutetaan yön tunteina kello 02.00–04.00, jolloin käyrä on tasaisimmillaan.

Jos lämpökäyrää käydään lämmönjakokeskuksesta pienentämässä, konduktanssin käyrä alkaa laskemaan tasaisesti. Kun konduktanssikäyrä laskee tarpeeksi alas, asuntoihin tulee liian kylmä ja lämpökäyrää pitää käydä jälleen sääntämässä ylöspäin.

5.2 E -lukujen vertailu

VV:lle E-luvuksi saatiin 152 kWh/m^2 (liite 3) ja AK:lle 145 kWh/m^2 (liite 5). Vanha mittauksiin perustuva ET-luku ei ole verrattavissa laskennalliseen E-lukuun. Tämä johtuu energialukujen muuttuneesta laskentatavasta. Kokonaisenergian kulutuksessa todellinen kulutus oli hieman pienempi kuin Riuskan avulla laskettu teoreettinen kulutus.

Lämmitysenergiaa VV:ssä kului vuoden aikana 296,7 MWh (liite 12), kun Riuskalla tehty laskennallinen kulutus Oulun mitoituslämpötiloilla oli 313 MWh (liite 2). Sähköenergian kulutus VV:ssä oli 246 MWh (liite 13), kun Riuskalla tehty laskennallinen kulutus Oulun mitoituslämpötiloille oli 266 MWh (liite 2).

Lämmitysenergiaa AK:ssa kului vuoden aikana 189 MWh (liite 14), kun Riuskalalla tehty laskennallinen kulutus Oulun mitoituslämpötiloille oli 181 MWh (liite 2). AK:ssa laskennalliseksi vuoden sähköenergian kulutukseksi Oulun mitoituslämpötiloilla saatiin 168 MWh (liite 4.). AK:n todellisia sähköenergian kulutuksia ei saatu työhön mukaan vertailukohteeksi.

5.3 Loistehon osuus ilma-ilmalämpöpumpun kokonaissähkötehosta

Loistehon osuutta yritettiin laskea ensin sähköpääkeskuksen ilmalämpöpumpun kiinteän energiamittarin antaman lukeman ja virtamuuntajan antaman lukeman perusteella. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, sillä sähköpääkeskuksen energiamittarissa havaittiin vika, eikä luotettavaa mittaustietoa saatu. Vika havaittiin laskemalla eri vaiheiden energiankulutukset. Kulutukset olivat samat kaikkien muiden laitteiden osalta, paitsi ilmalämpöpumpun. Energiankulutus ilmalämpöpumpulle sähköpääkeskuksen mittarin mukaan 11.3.2013 klo 6.25 - 24.3.2013 klo 12.38 oli 22,4 kWh, mikä antaa keskitehoksi 70,4 W. Virtamittarin mukaan energiankulutus oli samalta aikaväliltä 297,8 kWh, mikä antaa keskitehoksi 936 wattia. Ilmalämpöpumpun keskiteho ei missään tapauksessa ole vain 70,4 wattia, joten energiamittarin lukema on virheellinen.

Virtamittarin lukemassa on kuitenkin loistehoa, joka saatiin selville tekemällä mittausta mittarilla. Loistehon tehokertoimeksi saatiin 0,85, joka on ilmalämpöpumpulle hyvä.

5.4 Varaavan takan lämmittämisen vaikutus asunnon kokonaissähkönkulutukseen

Varaava takka ei lämmitettäessä pienennä sähköenergian kulutusta. Sähköenergian kulutus vaihtelee ulkoilman lämpötilan mukaan, mutta mittauksien aikana jokaisella aikavälillä, jossa verrattiin sähkönkulutusta takan ollessa käytössä ja käyttämättä, sähköä kului enemmän takan ollessa käytössä. Energiankulutus laskettiin kolmen päivän jaksoissa (kolme päivää ennen kuin takan tulipesä sytytettiin ja kolme päivää takan tulipesän sytyttämishetkestä). Eroa oli noin 20–80 kWh verrattuna aikaan jolloin takkaa ei lämmitetty. Tähän eroon vaikuttaa esimerkiksi ulkolämpötilan pysyvyys tasaisena koko kuuden päivän jakson ajan.

Tämä ilmiö johtuu monesta asiasta. Ensinnäkin, kun takan tulipesän sytyttää, se tarvitsee korvausilmaa, jota takka imee seinärakenteiden läpi. Tämä ilma tulee ulkoa kylmänä, mikä aiheuttaa seinäpattereiden termostaattien kytkeytymisen päälle. Päälle kytkeytyminen näkyi selvästi energiankulutuksen piikkinä, kun siihen verrattiin takan sytyttämishetkeä. Kun ilma on saatu lämmitettyä sähköpattereilla, takka imee sen suoraan savupiipusta ulos, mikä on hukkaan heitettyä lämpöä. Tämä ilmiö korostuu etenkin sähkölämmitteisissä asunnoissa. Varaava takka myös imee ilmalämpöpumpun jo valmiiksi lämmitettyä huoneilmaa suoraan piipusta ulos. Energian säästön hyöty paranee kovilla pakkasilla (alle -20 °C), kun ilmalämpöpumppu ei enää pysty lämmittämään ilmaa ja takka ei kykene nostamaan huoneilman lämpötilaa yli halutun.

Varaavaan takkaan on kannattavaa kanavoida oma korvausilmakanava, joka johdattaa suoraan korvausilmaa ulkoa takan pesään. Näin takka ei ime jo valmiiksi lämmitettyä sisäilmaa ja ulkoa tulevaa, sähköpattereilla lämmitettyä ilmaa.

Varaava takka lämmittää asunnon sisäilmaa melko korkeaksi, mikä hukkaa lämpöä. Tämä ilmiö pysäyttää ilmalämpöpumpun toiminnan, mutta patterit saattavat pysyä päällä sisäilman kerrostumisen takia. Paras tulos saavutetaan, jos takka pysyy kauan lämpimänä luovuttaen lämpöä pois tasaisesti.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää lämpökonduktanssin avulla mahdollisia epäkohtia laitteiden toimivuudesta ja toiminnan muutoksista. Lisäksi työssä tutkittiin vapaa-ajan asunnon ilmalämpöpumpun kokonaistehoa ja varaavan takan lämmityksen vaikutusta sähkökulutukseen.

Lämpökonduktanssi muuttuu selkeästi laitteiden säädön tai toimivian seurauksena. Lämpökonduktanssi muutoksesta voidaan reaaliajassa lähettää tieto energian myyjälle, jotta häiriötilanteet pystytään korjaamaan mahdollisimman nopeasti ja näin säästämään energiaa.

Riuskalla laskettu uusi e-luku asetti VV:n ja AK:n d-luokkaan, joten Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan rakennukset eivät olisi matala-energiataloja. Laskennalliset lämpö- ja sähköenergian kulutukset olivat suuruusluokassa lähellä todellisia kulutuksia, joten ohjelma laski kohteet oikein.

Varaava takka ei tuonut säästöjä sähköenergian kulutukseen. Mittausaika oli kolme päivää takan päälle laittamista ennen ja kolme päivää sen jälkeen. Kaikissa mittauksissa sähköä meni hieman enemmän takan ollessa päällä. Tämä johtuu korvausilmasta, jota takka imee piipusta pihalle seinien läpi. Kun korvausilma tulee sisälle seinien läpi, se kytkee samalla seinäpattereiden termostaatit päälle aiheuttaen nousevan trendin sähkön kulutukseen. Korvausilmalle kannattaa tehdä oma kanava suoraan takan pesään. Myös savupellin sulkeminen hukkaa energiaa, sillä kun savupelti suljetaan, takka nostaa huoneilman lämpötilan yli halutun, mikä hukkaa suuren osan takkaan varastoituneesta lämmöstä.

Ilmalämpöpumpun loistehoa ei opinnäytetyössä saatu laskettua, koska sähköpääkeskuksen energiamittari oli rikki. Loisteho käytiin mittaamassa suoraan ilmalämpöpumpusta. Loistehon lopulliseksi tehokertoimeksi saatiin 0,85.

LÄHTEET

1. Swegon CASA 270M K. 2012. Swegon. Saatavissa:
http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA-series/_fi/CASA_270M_K.pdf. Hakupäivä 18.4.2013.
2. Swegon CASA W80. 2013. Swegon. Saatavissa:
http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20W-series/_fi/CASA_W80_b.pdf. Hakupäivä 19.4.2013.
3. Swegon CASA 650. 2012. Swegon. Saatavissa:
http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA-series/_fi/Casa_650.pdf. Hakupäivä 23.5.2013.
4. Pirttilä, Petri 2012. Lämmityslaitteiden toiminnan arviointi kulutussuoran ja lämpökonduktanssin muutosten perusteella. Oulu: Oulun seudun ammatti-korkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
5. Lämpöä ilmassa. 2008. Motiva Oy. Saatavissa:
<http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>. Hakupäivä 19.4.2013.
6. Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry.
7. Pätkittäin puulämmityksestä. 2012. Motiva. Saatavissa:
http://motiva.fi/files/210/Patkittain_puulammityksesta.pdf. Hakupäivä 20.5.2013.
8. RakMK osa D3. 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriö.
9. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. 2003. Ympäristöministeriö.

10. RakMK osa D5. 2011. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Ympäristöministeriö.
11. Aura, Lauri – Tonteri, Antti J. 2000. Teoreettinen sähkötekniikka Porvoo: WSOY
12. Loisteho, mitä se on?. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Saatavissa: http://www.stek.fi/oikopolut/sahkoa_monessa_muodossa/fi_FI/loisteho_mita_se_on/. Hakupäivä 20.5.2013.
13. Mäkelä, Veli-Matti 2013. T621206 Kaukolämmitys 5 op., Opintojakson oppimateriaali keväällä 2013. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 VV:n energiankulutus Oulun säätiedoilla

Liite 3 VV:n energiankulutus Helsingin säätiedoilla

Liite 4 AK:n energiankulutus Oulun säätiedoilla

Liite 5 AK:n energiankulutus Helsingin säätiedoilla

Liite 6 Pirttikosken energiankulutus

Liite 7 VV:n lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio (ei julkaista tässä työssä)

Liite 8 VV:n kojeluettelo (ei julkaista tässä työssä)

Liite 9 AK:n arkkitehtikuva, pohjapiirros 1-kerros (ei julkaista tässä työssä)

Liite 10 AK:n lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio (ei julkaista tässä työssä)

Liite 11 AK:n kojeluettelo (ei julkaista tässä työssä)

Liite 12 VV:n lämpöenergian mittarilukemat (ei julkaista tässä työssä)

Liite 13 VV:n sähköenergian mittarilukemat (ei julkaista tässä työssä)

Liite 14 AK:n lämpöenergian mittarilukemat (ei julkaista tässä työssä)

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Jussi- Pekka Krankkala

Tilaaaja Mikko Niskala

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Mikko Niskala mikko.niskala@oamk.fi


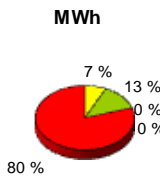
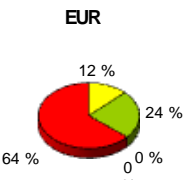
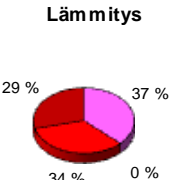
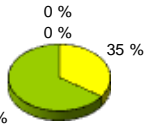
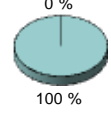
Työn nimi Energiankulutuksen jatkuvatoiminen seuranta pien- ja kerrostaloissa.


Työn kuvaus Analysoidaan kahden kerrostalon kaukolueuttavien mittareiden lähettämää dataa energiasta ja tehosta ja niiden tietojen perusteella yritetään löytää mahdollisia epäkohtia laiteiden toimivuudesta ja toiminnan muutoksista. Lisäksi kohteena on vapaa-ajan asunto.

Työn tavoitteet

Antaa mahdollisuudet puuttua energiakulutuksen epäkohtiin reaaliaikaisesti ja olla yhteydessä suoraan asiakkaisiin.

Tavoiteaikataulu Valmistuminen kesäkuussa 2013

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI ENERGIANKULUTUS											
		Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laatija/Tark. Viim. muutos Laadittu 28.5.2013 t8krju00											
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 4324,0 m ² Geometriamallin tilavuus: 11754,3 m ³ Lämmitysenergia: 35,00 EUR / MWh (ei sis. ALV) Sähköenergia: 80,00 EUR / MWh (ei sis. ALV) Simuloinnin kuvaus:													
VUOTUINEN ENERGIANKULUTUS													
	MWh	EUR	kWh/m ²	kWh/m ²									
Valaistussähkö	38	3055	8,8	3,2									
Laitesähkö	72	5774	16,7	6,1									
LVI, jäähdytys­sähkö	0	0	0	0									
LVI, muu sähkö	0	0	0	0									
Sähkö yhteensä	110	8829	25,5	9,4									
Lämmitys	441	15443	102	37,5									
													
													
					■ Lämmin käyttövesi ■ Lämmitys, muu ■ Lämmitys, tilat ■ Lämmitys, IV-koneet	■ Valaistussähkö ■ Laitesähkö ■ LVI, jäähdytys­sähkö ■ LVI, muu sähkö	■ Kiinteistö­sähkö ■ Käyttäjä­sähkö						
KUUKAUSITTAINEN ENERGIANKULUTUS													
	MWh												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valaistussähkö		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Laitesähkö		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LVI, jäähdytys­sähkö		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LVI, muu sähkö		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lämmitys		71	64	48	34	20	15	15	16	20	37	44	59



RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI
ENERGIANKULUTUS

PERUSTIEDOT:
 Geometriamallin pinta-ala: 4324,0 m²
 Geometriamallin tilavuus: 11754,3 m³
 Lämmitysenergia: 35,00 EUR / MWh (ei sis. ALV)
 Sähköenergia: 80,00 EUR / MWh (ei sis. ALV)
Simuloinnin kuvaus:

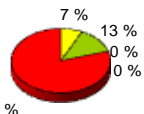
Asiakirja n:o
 Projekti n:o
 Viim. muutos
 Laadittu

Pvm. Laatija/Tark.
 28.5.2013 t8krju00

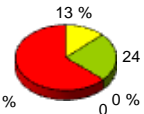
VUOTUINEN ENERGIANKULUTUS

	MWh	EUR	kWh/m ²	kWh/m ³
Valaistussähkö	38	3055	8,8	3,2
Laitesähkö	72	5774	16,7	6,1
LVI, jäähdytys­sähkö	0	0	0	0
LVI, muu sähkö	0	0	0	0
Sähkö yhteensä	110	8829	25,5	9,4
Lämmitys	435	15231	100,6	37


MWh



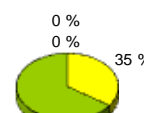
EUR




Lämmitys



Sähkö

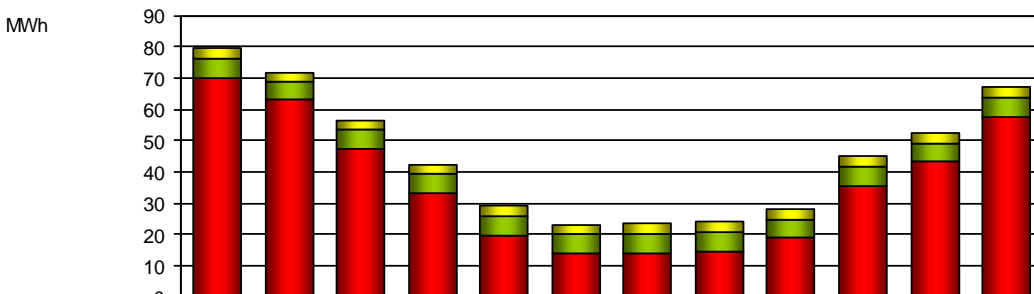


Kiinteistö- ja käyttäjä­sähkö





<ul style="list-style-type: none"> ■ Lämmin käyttövesi ■ Lämmitys, muu ■ Lämmitys, tilat ■ Lämmitys, IV-koneet 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valaistussähkö ■ Laitesähkö ■ LVI, jäähdytys­sähkö ■ LVI, muu sähkö 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kiinteistö­sähkö ■ Käyttäjä­sähkö
--	---	--

KUUKAUSITTAINEN ENERGIANKULUTUS



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valaistussähkö	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Laitesähkö	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LVI, jäähdytys­sähkö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LVI, muu sähkö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lämmitys	70	63	48	34	20	14	15	15	19	36	44	58

 <p style="text-align: center;">Granlund Software RIUSKA</p>	<p>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI ENERGIANKULUTUS</p>																																																																														
<p>AK</p>	<p>Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laatiija/Tark. Viim. muutos Laadittu 28.5.2013 t8krju00</p>																																																																														
<p>PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 2379,6 m² Geometriamallin tilavuus: 7138,7 m³ Lämmitysenergia: 35,00 EUR / MWh (ei sis. ALV) Sähköenergia: 80,00 EUR / MWh (ei sis. ALV) Simuloinnin kuvaus: AK</p>																																																																															
<p>VIUOUIIN ENERGIANKULUTUS</p> <table border="1" data-bbox="247 795 805 974"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>EUR</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valaistussähkö</td> <td>50</td> <td>3982</td> <td>20,9</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Laitesähkö</td> <td>21</td> <td>1659</td> <td>8,7</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>LVI, jäähdytyssähkö</td> <td>3</td> <td>238</td> <td>1,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>LVI, muu sähkö</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Sähkö yhteensä</td> <td>73</td> <td>5879</td> <td>30,9</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>Lämmitys</td> <td>238</td> <td>8336</td> <td>100,1</td> <td>33,4</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="869 795 1061 974"> <p>MWh</p> </div> <div data-bbox="1109 795 1332 974"> <p>EUR</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="343 996 518 1198"> <p>Lämmitys</p> </div> <div data-bbox="694 996 885 1198"> <p>Sähkö</p> </div> <div data-bbox="1061 996 1316 1198"> <p>Kiinteistö- ja käyttäjäsähkö</p> </div> </div>			MWh	EUR	kWh/m ²	kWh/m ³	Valaistussähkö	50	3982	20,9	7	Laitesähkö	21	1659	8,7	2,9	LVI, jäähdytyssähkö	3	238	1,3	0,4	LVI, muu sähkö	0	0	0	0	Sähkö yhteensä	73	5879	30,9	10,3	Lämmitys	238	8336	100,1	33,4																																											
	MWh	EUR	kWh/m ²	kWh/m ³																																																																											
Valaistussähkö	50	3982	20,9	7																																																																											
Laitesähkö	21	1659	8,7	2,9																																																																											
LVI, jäähdytyssähkö	3	238	1,3	0,4																																																																											
LVI, muu sähkö	0	0	0	0																																																																											
Sähkö yhteensä	73	5879	30,9	10,3																																																																											
Lämmitys	238	8336	100,1	33,4																																																																											
<p>KUUKAUSITTAINEN ENERGIANKULUTUS</p> <div style="display: flex;"> <div data-bbox="279 1377 1332 1691" style="flex: 1;"> <p>MWh</p> </div> <table border="1" data-bbox="263 1691 1332 1848" style="flex: 1;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valaistussähkö</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Laitesähkö</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>LVI, jäähdytyssähkö</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>LVI, muu sähkö</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Lämmitys</td> <td>38</td> <td>35</td> <td>25</td> <td>19</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>11</td> <td>20</td> <td>24</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table> </div>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valaistussähkö	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Laitesähkö	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	LVI, jäähdytyssähkö	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	LVI, muu sähkö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Lämmitys	38	35	25	19	11	7	8	8	11	20	24	33
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																			
Valaistussähkö	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																																																																			
Laitesähkö	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																			
LVI, jäähdytyssähkö	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0																																																																			
LVI, muu sähkö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																			
Lämmitys	38	35	25	19	11	7	8	8	11	20	24	33																																																																			

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI ENERGIANKULUTUS																																																																														
AK	Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laatiija/Tark. Viim. muutos Laadittu 28.5.2013 t8krju00																																																																														
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 2379,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 7138,7 m ³ Lämmitysenergia: 35,00 EUR / MWh (ei sis. ALV) Sähköenergia: 80,00 EUR / MWh (ei sis. ALV) Simuloinnin kuvaus: AK																																																																															
VIUOTUINEN ENERGIANKULUTUS <table border="1" data-bbox="264 792 817 965"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>EUR</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valaistussähkö</td> <td>50</td> <td>3982</td> <td>20,9</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Laitesähkö</td> <td>21</td> <td>1659</td> <td>8,7</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>LVI, jäähdytys­sähkö</td> <td>3</td> <td>238</td> <td>1,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>LVI, muu sähkö</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Sähkö yhteensä</td> <td>73</td> <td>5879</td> <td>30,9</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>Lämmitys</td> <td>236</td> <td>8257</td> <td>99,1</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="877 792 1053 965"> MWh </div> <div data-bbox="1101 792 1324 965"> EUR </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="351 985 526 1276"> Lämmitys </div> <div data-bbox="702 985 877 1276"> Sähkö </div> <div data-bbox="1053 985 1228 1276"> Kiinteistö- ja käyttäjä­sähkö </div> </div>			MWh	EUR	kWh/m ²	kWh/m ³	Valaistussähkö	50	3982	20,9	7	Laitesähkö	21	1659	8,7	2,9	LVI, jäähdytys­sähkö	3	238	1,3	0,4	LVI, muu sähkö	0	0	0	0	Sähkö yhteensä	73	5879	30,9	10,3	Lämmitys	236	8257	99,1	33																																											
	MWh	EUR	kWh/m ²	kWh/m ³																																																																											
Valaistussähkö	50	3982	20,9	7																																																																											
Laitesähkö	21	1659	8,7	2,9																																																																											
LVI, jäähdytys­sähkö	3	238	1,3	0,4																																																																											
LVI, muu sähkö	0	0	0	0																																																																											
Sähkö yhteensä	73	5879	30,9	10,3																																																																											
Lämmitys	236	8257	99,1	33																																																																											
KUUKAUSITTAINEN ENERGIANKULUTUS <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="287 1344 1324 1657" style="flex: 1;"> </div> <table border="1" data-bbox="287 1657 1324 1814" style="flex: 1;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valaistussähkö</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Laitesähkö</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>LVI, jäähdytys­sähkö</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>LVI, muu sähkö</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Lämmitys</td> <td>38</td> <td>34</td> <td>25</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>23</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table> </div>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valaistussähkö	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Laitesähkö	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	LVI, jäähdytys­sähkö	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	LVI, muu sähkö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Lämmitys	38	34	25	18	10	8	8	8	11	19	23	33
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																			
Valaistussähkö	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																																																																			
Laitesähkö	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																			
LVI, jäähdytys­sähkö	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0																																																																			
LVI, muu sähkö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																			
Lämmitys	38	34	25	18	10	8	8	8	11	19	23	33																																																																			

AJANJAKSON KOKONAISENERGIAT SÄHKÖKESKUKSESTA:

	P1	P2	P3	P4	Kaikki P1,P3,P4	Ilmalämpöpumppu P2
11.3.2013 6:25	844,7	5244	1741,2	14920,4		
24.3.2013 12:38	853,3	5266,4	1766,1	15277		
Käytetty energia kWh	8,6	22,4	24,9	356,6	390,1	22,4

AJANJAKSON KOKONAISENERGIAT PALVELIMELTA:

	P1 Kok	P2 KOK	P3 KOK	P4 KOK	Kaikki P1, P2, P3	Ilmalämpöpumppu P4
11.3.2013 6:25						
24.3.2013 12:38						
Käytetty energia kWh	316,674	33,6865	41,1437	297,8398	391,5042	297,8398