

Emil Kaila

Heikki Raatikainen

# Palvelutalojen keittiöiden sähköenergian- mittaukset HEA-pilottikohteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri

Sähkötekniikan ko

Opinnäytetyö

10.9.2012

Tekijät Otsikko  Sivumäärä Aika	Emil Kaila, Heikki Raatikainen Palvelutalojen keittiöiden sähköenergiamittaukset HEA-pilottikohteissa 43 sivua + 5 liitettä 10.9.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja Ohjaava opettaja	lehtori Kai Virta lehtori Eero Kupila
<p>Tässä insinööriyössä selvitettiin HEA-pilottikohteiden suurimmat sähkönkulutuskohteet ja mitattiin keittiöiden sähkönkulutuksen nykytila Fluke 435 -tehoanalysaattoria hyödyntäen. HEA-hanke on Etelä-Suomessa sijaitseviin seniori- ja palvelutaloihin kohdistuva projekti, jossa haetaan hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla kohteisiin, joista kartoitettiin pilottien merkittävimmät sähkönkulutuskohteet, laitekanta sekä mahdolliset epäkohdat. Palvelutalojen suurimmat sähkönkulutuskohteet ovat keittiöt, saunat, pesuhuoneet ja IV-koneet. Työssä päädyttiin tarkastelemaan keittiöiden energiankulutusta mittausten ja niitä tukevien haastatteluiden perusteella.</p> <p>Sähköenergiamittaukset suoritettiin noin viikon ajalta rajauksen perusteella valituissa neljässä eri palvelutalossa. Tehoanalysaattori asennettiin mittaamaan keittiöiden ryhmäkeskuksilta pätötehon ja virran suuruutta sekä jännitteen laatua. Mitatuista arvoista laskettiin yhden annoksen valmistukseen kuluva energia, joka jakautui 0,77–3,50 kWh:iin. Kaikki arvot eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia keskenään, koska esimerkiksi ulospäin myytävien tuotteiden osuutta energiankulutuksesta ei pystytty määrittämään.</p> <p>Hyvän vertailupohjan lasketuille arvoille antaa keittiölaitevalmistaja Metos Oy Ab:n Kera-valla sijaitsevan toimipisteen henkilöstöravintola, jossa energiatehokkuuden parantamiseen on käytetty erittäin paljon voimavaroja. Henkilöstöravintolassa yhden annoksen valmistukseen kuluu 1,84 kWh, kun Suomessa toimivien ammattikeittiöiden keskiarvo on 1–2 kWh.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena saatiin tuotua lisätietoa keittiöiden sähkönkulutuksen nykytilasta ja energiansäästömahdollisuuksista. Saatujen tulosten perusteella keittiöillä on mahdollisuus kehittää energiatehokkuuttaan.</p>	
Avainsanat	sähkönkulutus, palvelutalo, mittaus

Authors Title Number of Pages Date	Emil Kaila, Heikki Raatikainen Electrical Energy Measurements of HEA-Project Kitchens 43 pages + 5 appendices 10 September 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor(s)	Kai Virta, Senior Lecturer Eero Kupila, Senior Lecturer
<p>The goal of this final thesis was to find out the biggest electricity consumption targets in HEA-service flats and to measure the present state of consumption of electricity in kitchens with Fluke 435 -power quality analyzer. The HEA-project concerns some service flats in Southern Finland and tries to find welfare and energy efficiency for living.</p> <p>The work started with a visit to service flats, where the most significant consumption targets of electricity, the hardware and possible disadvantages were clarified. The biggest consumption targets of electricity in service flats are kitchens, saunas, washrooms and mechanical ventilation. It was decided to analyze the consumption of electricity in kitchens with electrical measuring and by interviewing the kitchen staff.</p> <p>The measurements took about a week and these were made in four service flats. The power analyzer was installed to measure active power, current and the quality of voltage. From the results of measurements, it was calculated how much energy it takes to manufacture one food portion. The results were between 0.77 and 3.50 kilowatt-hours but some of these were not comparable with each other because it was impossible to specify the energy consumption of the portions sold outside the service flats.</p> <p>A good comparison to measurements of this study was found in the personnel restaurant of Metos Oy Ab which is located in Kerava. This restaurant has put a lot of effort into improving its energy efficiency. It takes 1.84 kilowatt-hours to manufacture one food portion in Metos personnel restaurant, whereas an average professional kitchen in Finland spends 1 to 2 kilowatt-hours.</p> <p>As the result of this final thesis, further information was received concerning the consumption of electricity in kitchens at the present state and about energy conservation possibilities. With these results, the kitchens have a better possibility to develop their energy efficiency.</p>	
Keywords	consumption of electricity, service flats, measuring

## Sisällys

### Tiivistelmä

### Abstract

### Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Hea-hanke</b>	<b>2</b>
2.1	HEA-hankkeen kuvaus	2
2.2	HEA-hankkeen tavoitteet	2
2.3	Pilottikohteiden esittely	3
2.3.1	Elimäen palvelukeskus	3
2.3.2	Korian palvelukeskus	4
2.3.3	Lappeenrannan Mallu -palveluauto	5
2.3.4	Helsingin Loppukiri-asuinyhteisö	6
2.3.5	Mäntsälän vanhustentalo	7
2.3.6	Porvoon Palomäen palvelukeskus	8
2.3.7	Salon opiskelija-asuntola	9
<b>3</b>	<b>Kiinteistön energiakatselmus</b>	<b>10</b>
3.1	Energiakatselmuksen tavoitteet	10
3.2	Energiakatselmuksen rakenne	10
<b>4</b>	<b>Mittalaitteet ja mittaustavat</b>	<b>11</b>
4.1	Fluke Corporation -yritys	11
4.2	Fluke 435 -kolmivaihetehoanalyysointilaite	11
4.2.1	Yleistä tehoanalyysointilaite	11
4.2.2	Tehoanalyysointilaite kytkeminen	13
4.3	Harjoitusmittaus	14
<b>5</b>	<b>HEA-pilottikohteisiin tutustuminen</b>	<b>15</b>
5.1	Pilottikohteiden valinta	15
5.2	Pilottikohteiden sähköjärjestelmän yleiskuvaus	16
5.2.1	Elimäen sähköjärjestelmä	16
5.2.2	Loppukiri-asuinyhteisön sähköjärjestelmä	18
5.2.3	Korian sähköjärjestelmä	19
5.2.4	Porvoon sähköjärjestelmä	22
5.3	Kulutuskohteiden rajaus	23

<b>6</b>	<b>Keittiöiden energiamittaukset</b>	<b>24</b>
6.1	Keittiöiden mittausten suunnittelu	24
6.2	Analysaattorin kytkeminen pilottikohteissa	25
6.3	Keittiöiden mittaukset ja mittaustulokset pilottikohteissa	26
6.3.1	Korian palvelukeskus kahvio Puustiinan mittaukset	26
6.3.2	Elimäen palvelukeskuksen keittiön mittaukset	29
6.3.3	Loppukiri-asuinyhteisön keittiön mittaukset	31
6.3.4	Porvoon Omenamäen keittiön mittaukset	34
6.4	Mittaustulosten vertailu pilottien kesken	36
6.4.1	Metos Oy Ab -yritys	37
6.4.2	Yhden annoksen valmistukseen kuluva energia	38
<b>7</b>	<b>Energiansäästömahdollisuudet</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>41</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>43</b>
	<b>Liitteet</b>	
	Liite 1. Fluke 435 harjoitusmittauksen tulokset	
	Liite 2. Korian palvelukeskuksen mittaukset	
	Liite 3. Elimäen palvelukeskuksen mittaukset	
	Liite 4. Omenamäen mittaukset	
	Liite 5. Loppukirin mittaukset	

## 1 Johdanto

Energiatehokkuuden parantaminen on tulevaisuuden kannalta suuri kysymys. Energian hintojen noustessa, ja ympäristövaatimusten tiukentuessa on jokaisen kiinnitettävä huomiota kulutukseen. Oikeilla valinnoilla ja ratkaisuilla yritykset sekä yhteisöt pääsevät merkittäviin säästöihin ja vähentävät huomattavasti ympäristöpäästöjä.

Hea-hanke on kesällä 2011 alkanut 2,5-vuotinen projekti, jossa haetaan hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen. Hea-hankkeen pilottikohteina on useita seniori- ja palvelutaloja Etelä-Suomessa. Hanketta rahoittaa Etelä-Suomen maakuntien EU-yksikkö sekä Päijät-Hämeen liitto, ja sitä hallinnoi Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Tässä insinööriyössä on tarkoituksena selvittää Hea-hankkeen pilottikohteiden merkittävimmät sähkönkulutuskohteet Fluke 435 -tehoanalysointia hyödyntäen. Tarkoituksena on mitata keittiöiden sähkönkulutuksen nykytila, vertailla saatuja tuloksia Metos Oy:n arvoihin ja antaa parannusehdotuksia käyttäjille sekä tekniselle henkilöstölle. Mittattujen tulosten sekä haastattelujen perusteella määritetään mahdollinen säästöpotentiaali. Insinööriyön tavoitteena on tuoda lisätietoa pilottikohteille sähkönkulutuksen nykytilasta ja antaa vertailukohta yleisiin kulutuslukemiin. Saatujen tulosten perusteella pilottikohteilla on mahdollisuus kehittää energiatehokkuuttaan. Lähtökohtaisesti tiedetään, että kohteissa on paljon erityispiirteitä, jolloin vertailu muihin palvelutaloihin saattaa olla hankalaa.

## 2 Hea-hanke

### 2.1 HEA-hankkeen kuvaus

Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen (HEA) -hanke on aloitettu kesällä 2011, ja projekti kestää 2,5 vuotta. Hankkeessa haetaan ihmisten hyvinvointia, toimintakykyä sekä energiatehokasta asumista lisääviä sosiaalisia ja teknisiä ratkaisuja erityisesti ikääntyvien ihmisten asumiseen. Projektissa työskentelee monen eri alan osaajia tekniikan ja hyvinvoinnin saralta. Pilottikohteina ovat erilaiset asuin- ja palvelutalot, palveluyksiköt ja asuinyhteisöt Etelä-Suomen alueella.

HEA-projektin tuloksena saadaan tietoa vaihtoehtoisista ratkaisuista asumisen esteettömyyden, energiatehokkuuden, taloudellisuuden ja ympäristöystävällisyyden sekä asumisviihtyvyyden ja turvallisuuden lisäämiseksi. Lisäksi luodaan konkreettisia suunnitelmia rakennusteknisten ja hyvinvointiteknologisten ratkaisujen avulla. [1.]

### 2.2 HEA-hankkeen tavoitteet

HEA-projektilla haetaan sosiaalisia ja teknisiä ratkaisuja ikääntyvien ihmisten asumiseen ja hyvinvointiin erilaisissa asuin- ja toimintaympäristöissä. Lähtökohtana oli hyvinvoinnin, elämänlaadun, turvallisuuden ja viihtyvyyden parantaminen vanhustenkodeissa ja -yhteisöissä.

Teknisten ryhmien tarkoituksena oli muun muassa suorittaa energiakatselmus, jossa tavoitteena oli etsiä rakennuksen lämmön, sähkön ja veden käytön tehostamismahdollisuuksia. Sisäolot eivät saaneet heiketä, vaan niiden tuli pysyä ennallaan tai parantua. Projektissa kehitettiin myös innovatiivista teknologian hyväksikäyttöä langattomien anturiverkkojen muodossa sekä suunnittelemalla uusia järjestelmiä ja laitteita vanhusten turvallisuuden ja viihtyvyyden parantamiseksi. Hyvinvointiteknologian näkökulmasta kartoitettiin ikääntyvien ihmisten hyvinvointia, terveyttä ja toimintakykyä. [1.]

## 2.3 Pilottikohteiden esittely

### 2.3.1 Elimäen palvelukeskus

Elimäen palvelukeskus (ks. kuva 1) on rakennettu vuonna 1992 ja siellä asuu 21 asukasta. Elimäen palvelukeskus kuuluu Elimäen puustelli ry:n yhdistykseen, joka tarjoaa asumispalvelua, ympärivuorokautista hoivaa, kuntopalveluja ja ravintopalvelua. Elimäen Puustelli ry on voittoa tavoittelematon yhdistys, jolta Kouvolan kaupunki ostaa palvelut. [1.]



Kuva 1. Elimäen palvelukeskus



### 2.3.2 Korian palvelukeskus

Korian palvelukeskus (ks. kuva 2) on rakennettu 1998, ja se kuuluu samaan Elimäen Puustelli ry:n yhdistykseen. Korian palvelukeskuksessa on yhteensä 29 asukaspaikkaa, joista 15 soveltuu muistihäiriöisille. Vuonna 2009 Korian palvelukeskuksen yhteyteen valmistui Senioritalo ikäihmisille. Senioritalossa on tilat 22 asukkaalle. Korian palvelukeskuksen tiloissa sijaitsee myös kaikille avoin täysikokoinen uimahalli saunoineen. [1.]



Kuva 2. Korian palvelukeskus

### 2.3.3 Lappeenrannan Mallu -palveluauto

Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystyö on suunnitellut ja toteuttanut maakunnassaan liikkuvan palveluauton vanhustenhoidon tarpeisiin. Mallu-auto (ks. kuva 3) on liikkuva palveluyksikkö, jossa sairaanhoitaja pitää vastaanottoa ja antaa monipuolista terveysneuvontaa. Sairaanhoitaja tekee pieniä toimenpiteitä, kuten tikkien poistoa ja korvahuuhtelua, rokottaa tarvittaessa, ottaa vastaan uusittavia lääkereseptejä sekä tekee pikalaboratoriotutkimuksia. Samassa autossa liikkuu myös vanhustenpalvelujen palveluohjaaja, joka avustaa lomakkeiden täyttämässä ja ohjaa apuvälineiden hankinnassa sekä neuvoo esimerkiksi Kelan etuuksien hankinnassa tai eläkeasioissa. [1.]



Kuva 3. Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveystyön Mallu -palveluauto

### 2.3.4 Helsingin Loppukiri-asuinyhteisö

Loppukiri (ks. kuva 4) sijaitsee Arabianrannassa Helsingissä, ja se on kohteena hyvin uusi, valmistunut vuonna 2006. Loppukirissä on asunnot 58 asukkaalle. Loppukiri ei ole palvelutalo vaan normaali osake-asuinyhteisö, missä jokaisella on oma omistusasunto. Loppukirissä asuminen perustuu yhteisöllisyyteen ja sen tuomaan turvaan. Asukkaat haluavat asua omassa kodissaan mahdollisimman pitkään. Loppukiri-asuinyhteisö edustaakin uutta tapaa ikääntyvien ihmisten asuinmuotona. Asukkaat ovat saaneet olla alusta asti suunnittelutyössä mukana, jolloin rakennuksesta on muotoutunut juuri heidän tarpeisiinsa sopiva. [1.]



Kuva 4. Arabianrannan Loppukiri-asuinyhteisö

### 2.3.5 Mäntsälän vanhustentalo

Mäntsälän vanhustentalon (ks. kuva 5) omistaa Mäntsälän kunta, ja se on rakennettu 1980-luvulla. Vanhustentalossa on tilat 43 asukkaalle, ja heille tarjotaan yksilöllinen hoito- ja palvelusuunnitelma sekä lisäksi tukipalveluina ateria-, vaatehuolto-, kauppa-, sauna- ja turvapuuhelinpalvelut. Vanhustentalo on Mäntsälän vuokra-asunnot Oy:n hallinnoima kerrostalo, johon asukkaat ovat vuokrasuhteessa. [1.]



Kuva 5. Mäntsälän vanhustentalo

### 2.3.6 Porvoon Palomäen palvelukeskus

Palomäen palvelukeskus (ks. kuva 6) on Porvoon kaupungin omistama, ja se on kohteena hyvin uusi, valmistunut vuonna 2010. Palvelukeskuksessa on paikat 55 asukkaalle ja noin puolet paikoista on muistisairaille varattuja ryhmäkotipaikkoja. Palvelukeskuksessa on tiloja päiväkeskukselle, muistineuvolalle, lääkäreille ja kotisairaanhoidolle. Palvelutalossa toimii myös perheväkivallan uhreille tarkoitettu turvakoti Nuttu. [1.]



Kuva 6. Palomäen palvelukeskus

### 2.3.7 Salon opiskelija-asuntola

Salon opiskelija-asuntola (ks. kuva 7) on Salon kaupungin omistama monikulttuurinen opiskelija-asuntola. Kohde on vuonna 1967 valmistunut kaksikerroksinen rivitalo, josta tarjotaan huoneita opiskelijoille sekä vierailijoille lyhytaikaiseen majoitukseen. Rivitalossa on 11 asuntoa, joissa 45 soluhuonetta. Talo on perusteellisen korjauksen tarpeessa. [1.]



Kuva 7. Salon opiskelija-asuntola

### 3 Kiinteistön energiakatselmus

#### 3.1 Energiakatselmuksen tavoitteet

Kiinteistön energiakatselmus soveltuu teknisesti tavanomaisten rakennusten energian- säästöpotentiaalin määrittämiseen. Sitä voidaan käyttää myös suurissa tai tekniikaltaan monimutkaisissa kiinteistöissä, kuten palvelutaloissa tai liikekeskuksissa. Kohteen yksilölliset ominaisuudet ja tarpeet energian käytössä on otettava huomioon katselmusta tehtäessä.

Energiakatselmuksen tavoitteena on määrittää kohteen nykyinen energian käyttö ja selvittää mahdollinen säästöpotentiaali. Niiden pohjalta esitetään toimenpide- ehdotukset lämmölle, sähkölle ja vedelle kannattavuuslaskelmineen sekä toimenpitei- den vaikutus CO<sub>2</sub>-päästöihin. Mahdollisuudet uusiutuvien energialähteiden käyttöön kohteessa tulisi myös määrittää.

Tehokkaammat energiankulutustottumukset ja -kulutuksen käyttötavat tuovat suoraa taloudellista säästöä ja parantavat ympäristöystävällisyyttä. Hyvin tehty energiakatsel- mus antaa tukevan pohjan jatkuville säästöille ja tulevaisuuden visioille. [2; 3; 4.]

#### 3.2 Energiakatselmuksen rakenne

Energiakatselmus käynnistyy tilaajan halusta selvittää kohteensa energiankulutuksen tila, jonka jälkeen tilaaja selvittää kiinteistöään koskevat erityistarpeet ja hankkii tarvit- tavat taustatiedot. Tärkeimpiä perustietoja ovat kohteen piirustukset, energiankulutus- tiedot muutamalta viime vuodelta sekä kiinteistön henkilökunnan haastatteluiden perus- teella selviävät erityispiirteet.

Aloituspalaverissa tilaaja sekä katselmoija laativat aikataulun, selvittävät yhteyshenkilöt sekä kohteessa liikkumisen ja sopivat painotuksesta sekä yksityiskohdista. Sopimuk- seen päästyään katselmoija aloittaa kohteen lähtötietojen kokoamisen. Tavoitteena on muodostaa yleiskuva energiankulutuksesta ja säästöpotentiaalista mahdollisimman tarkasti.

Tarkkojen lopputulosten saamiseksi on tehtävä myös mittauksia. Katselmoija mittaa veden-, lämmön- sekä sähkönkulutuksen ja haastattelee sekä teknistä henkilöstöä, että

tilojen käyttäjiä. Tarkastuslistojen käyttö ja valokuvien ottaminen kenttätyön aikana helpottavat lopullisen raportin tekemistä. Lähtötietojen, kenttätyön ja haastattelujen perusteella katselmoija analysoi energiankäytön tason ja säästömahdollisuudet. Loppuraportissa esitetään toimenpide-ehdotukset. [2.]

## 4 Mittalaitteet ja mittaustavat

### 4.1 Fluke Corporation -yritys

Fluke Corporation on vuonna 1948 perustettu maailman johtava elektronisten laitteiden ja ohjelmistojen valmistaja, jakelija ja huoltaja. Yhtiön tarjoamat laitteet ja sovellukset sopivat erityisen hyvin erilaisiin testi- ja vianhakutilanteisiin. Tyypillisesti yhtiön asiakaina ovat teollisuusyritykset ja niiden käyttäjinä toimivat teknikot, insinöörit, meteorologit, lääketieteen valmistajat sekä tietokoneverkkojen ammattilaiset. Tärkeimmät Fluke Corporationin tuoteryhmät ovat teollisuuden ja elektroniikan huolto ja asennus, sähkö ja lämpötila, sisäilman laatu, kalibrointi sekä lääketiede. Fluke Corporation on saavuttanut hyvän maineen kannettavien, vankkojen, turvallisten, helppokäyttöisten ja korkealaatuisten laitteiden valmistajana. [5.]

### 4.2 Fluke 435 -kolmivaihetehoanalysaattori

#### 4.2.1 Yleistä tehoanalysaattorista

Hea-hankkeen pilottikohteiden sähköenergiamittauksissa käytettiin Fluke 435 -kolmivaihetehoanalysaattoria (ks. kuva 8, seur. s.). Kyseinen tehoanalysaattori on ominaisuuksiltaan erittäin kattava, ja se sisältää myös tiedonkeruumahdollisuuden, minkä vuoksi laite soveltuu projektiin loistavasti. Laitteen sisältämiä sovelluksia ovat Power-Wave-tiedontallennus, invertterin tehokkuus, energiahävikin rahallinen laskeminen, energiankulutusselvitykset, vianhaku, ennaltaehkäisevä kunnossapito, pitkän aikavälin analyysit ja kuormitustutkimukset. Tärkeimmät toiminnot projektin kannalta ovat energian-, tehon-, virran- ja jännitteenmittauksen totaalit sekä yksittäiset vaiheet.





Kuva 8. Fluke 435 -kolmivaihetehoanalysaattori

PowerWave-tiedontallennusjärjestelmällä voidaan tallentaa jännite-, virta- ja taajuus-signaalit tietyltä ajalta tehokkaasti muistiin. Tämän jälkeen virran ja jännitteen aaltomuodot ovat yksityiskohtaisesti luettavissa laitteen näytöltä. Näiden tietojen perusteella pystytään määrittämään myös tehon aaltomuoto. Tiedontallennus on erityisen hyvä tilanteissa, joissa kuorman kytkeytyminen aiheuttaa sähkölaatuongelmia. Kuorman kytkeytymisestä aiheutuva virran kulku saattaa aiheuttaa muissa laitteissa jännitteen alenemaa, joka voi näkyä kyseisissä laitteissa toimintahäiriönä.

Monissa sähköteknisissä sovelluksissa on erilaisia inverttereitä, jotka muuttavat tasa-virran vaihtovirraksi. Esimerkiksi aurinkokennojärjestelmässä on usein invertteri, joka muuttaa DC-virran AC-virraksi, jolloin sitä on helpompi käyttää. Ajan kuluessa aurinkokennojärjestelmän teho saattaa laskea, joten sen tehoa on tarkkailtava sopivin väliajoin vertailemalla tulotehoa lähtötehoon. Fluke 435 määrittää muuntoprosessin tehohävikin laskemalla samanaikaisesti DC- ja AC -tehon. Tämän analysaattorissa olevan toiminnon avulla aurinkoenergiajärjestelmän hyötysuhde säilyy mahdollisimman korkeana.

Sähkönlaatuongelmien aiheuttaman energiahävikin suuruutta oli aiemmin vaikea määrittää ilman asiantuntijan apua. Analysaattorin sisältämällä *Unified Power Measurement*-toiminnolla pystytään helposti mittaamaan kohteen energiahävikki ja laskemaan siitä aiheutuvat rahalliset kustannukset. Kyseiset arvot saadaan perinteisillä pätö- ja loistehomittauksilla sekä määrittämällä epäsymmetria ja harmoniset yliaallot.

Standardi SFS-EN50610 käsittelee jakelujännitteen ominaisuuksia sähkökäyttäjän liittymiskohdassa. *SystemMonitor*-toiminnolla pystytään yhdellä napin painalluksella selvittämään, onko sähkönjakelujärjestelmä standardin mukainen. Näin saadaan kokonaiskuva järjestelmän laadusta ja varmuus järjestelmän pysymisestä EN50610-standardin sekä käyttäjän asettamien omien rajojen sisällä. Kokonaiskuva näkyy yhdellä näytöllä, jossa värilliset pylväät näyttävät parametrien tilan annettuihin raja-arvoihin nähden. [6.]

#### 4.2.2 Tehoanalysaattorin kytkeminen

Käytössä oleva kolmivaihetehoanalysaattori ei toimi akkukäytössä montaa minuuttia, joten se tulee aina kytkeä laitteen input-liittimen kautta verkkovirtaan. Analysaattorin turvallisen kytkemisen varmistamiseksi on noudatettava aina kaikkia lakien asettamia vaatimuksia ja laitteen käyttöohjeita. Ennen laitteen kytkemistä on katkaistava syöttö ryhmäkeskukselle ja tarkistettava esimerkiksi jännitteenkoettimella, että virtapiiri on todella jännitteetön. Myös mittaus-toiminnot valitaan ja valmistelut suoritetaan ennen mittajohtojen kytkemistä virtakiskoihin.

Mitattavat kohteet ovat suuria tai keskisuuria ammattikeittiöitä, joita syöttävistä ryhmäkeskuksista tullaan mittaamaan kaikista vaiheista virrat ja jännitteet erikseen. Myös nollavaiheesta mitataan virta ja jännite. Aloitettaessa kytkemistä on varmistuttava, että mittajohdot sekä sovittimet ovat analysaattorille tarkoitettuja turvallisia komponentteja. On myös tarkistettava, että mittajohdot ja sovittimet ovat ehjiä, eikä niissä ole pilkottavia paljaita metalliosia.

Mittajohdot kytketään ensin tehoanalysaattoriin, jonka jälkeen ne kytketään mitattavaan virtapiiriin. Kytkeminen aloitetaan aina maadoitusjohdosta, jonka jälkeen kytketään jännitejohdot esimerkiksi hauenleuoilla, ja lopuksi asennetaan virtaa mittaavat punaiset mittauslenkit vaiheiden ympärille (ks. kuva 9, seur. s.). Mittausjohdot tulee aina reitittää huolellisesti, ja on varmistuttava, että jännitettä mittaavat hauenleukapuristimet ovat

tarpeeksi kaukana muista jännitteisistä osista mahdollisen oikosulun estämiseksi. [7, s.1.]



Kuva 9. Fluke 435 -kolmivaihetehoanalysoitsijan virtamittauslenkit ja jännitemittauksen hauenleukapuristimet

#### 4.3 Harjoitusmittaus

Ennen varsinaisia sähköenergiamittauksia pilottikohteissa suoritettiin kaksi erillistä harjoitusmittausta. Ensimmäisenä mittauskohteena oli Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen toimipisteessä oleva vesiprosessi. Vesiprosessi-mittaus oli lyhyt kymmenen minuutin mittaus, josta saatiin hieman alkutuntumaa analysoitsijan käytöstä ja mittausarvojen käsittelystä.

Seuraavaksi harjoitusmittauskohteeksi valittiin myös Myyrmäen toimipisteessä oleva Dahlen International AB:n pizzauuni, jonka toimintaa analysoitiin hieman tarkemmin. Mittauskohteena toimineessa pizzauunissa on kaksi erillistä tasoa, joilla molemmilla on omat lämpenevät vastukset. Tehoanalysoitsijan asentamisen helpottamiseksi liitettiin 400 V:n voimavirtapistokkeen ja pizzauunin väliin itse valmistettu Virta Veijo 2002 Deluxe -kytkentärasia, johon jännitettä mittaavat banaani liittimet ja virtamittauslenkit oli helppo asentaa. Mittausajankohta oli tiistai 10.4.2012 klo 16.45 - keskiviikko 11.4.2012 klo 14.07. Mittauksen alkaessa uunia alettiin lämmittää huoneenlämmöstä sataan asteeseen, jossa sen annettiin olla keskiviikkoamuun asti. Keskiviikkoamuna klo 7.35 uuni säädettiin kahteensataan asteeseen, jossa se sai olla mittauksen loppuun asti.

Mittausdata purettiin analysaattorista tietokoneelle Power Log -sovelluksella ja siitä data siirrettiin suoraan Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaan. Excelin avulla mittausarvoja on helpompi käsitellä kuin Power Log -sovelluksella. Käsittelyä vaikeutti kuitenkin liian suuri datan määrä, joten varsinaisissa pilottikohteiden mittauksissa päädyttiin tallentamaan vain oleellinen tieto analysaattorille. Saaduista arvoista määritettiin mittauksen eri vaiheissa esiintyneitä pätötehon keskiarvoja sekä niistä laskettua energiankulutusta ja hintaa. Lisäksi laskettiin erilaisia arkipäivän ruoanlaiton sovelluksia, joista näki selkeästi suurimman energiankulutuksen johtuvan uunin lämmittämisestä haluttuun arvoon. (Ks. liite 1.)

Harjoituksissa tutustuttiin Fluke 435 -kolmivaihetehoanalysointilaitteen toimintaan ja mittausarvojen käsittelyyn. Tavoitteena oli saada kokemusta tehoanalysointilaitteen käytöstä, jotta pilottikohteissa laitteen asennus sekä purku sujuisivat nopeasti ja turvallisesti. Mittauskohteina toimineiden keittiöiden tehokkaan toiminnan kannalta mahdollisimman lyhyt sähkökatko oli toivottavaa.

## 5 HEA-pilottikohteisiin tutustuminen

### 5.1 Pilottikohteiden valinta

Ensimmäiset vierailut kohteisiin tehtiin kevään 2012 aikana. Vierailuiden aikana kartoitettiin rakennusten yleinen kunto, sähköjärjestelmät, mahdolliset isoimmat kulutuskohteet sekä piloteissa käytössä olevien laitteiden tehonkulutuksen suuruusluokka. Talotekniset järjestelmät ja kiinteistön energiataloudelliseen hoitoon liittyvät asiat käytiin läpi kohteen huollosta vastaavan tai kohteen laitteet ja niiden käytön muuten hyvin tuntevan henkilön kanssa.

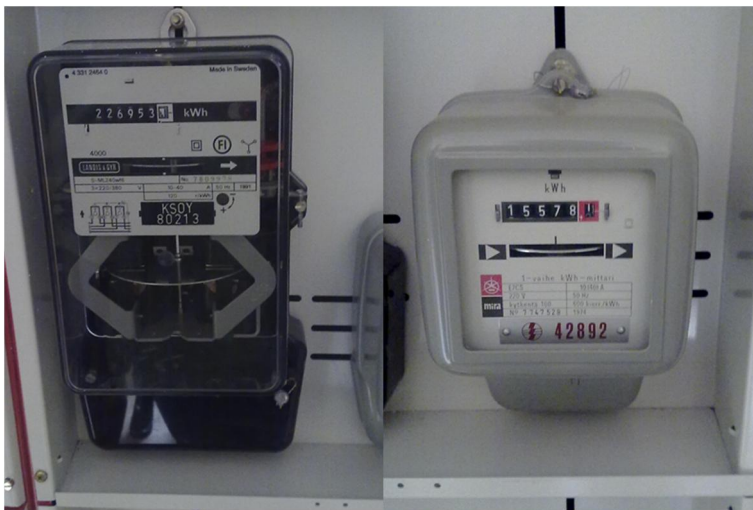
Pilottien yleiskuvan pohjalta tehtiin alustava rajaus, jonka avulla määritettiin, missä kohteissa on mahdollisia potentiaalisia säästö- ja parannusmahdollisuuksia. Samalla tuli huomioida investointien kannattavuus. Rajauksen perusteella päätettiin, että Salon, Mäntsälän ja Lappeenrannan piloteissa ei suoriteta tarkempia mittauksia tai selvityksiä, johtuen pilottien energiankulutuksen vähäisyydestä sekä investointien takaisinmaksu-aikojen pituudesta. Elimäen, Korian, Helsingin ja Porvoon pilottien kohdalla todettiin kannattavaksi suorittaa tarkempi sähköenergiankulutuksen perustason määrittäminen.

## 5.2 Pilottikohteiden sähköjärjestelmän yleiskuvaus

### 5.2.1 Elimäen sähköjärjestelmä

Elimäen palvelukeskuksessa johdotukset on toteutettu TN-S eli 5-johdinjärjestelmänä. Rakennuksessa käytetään valaisinkohtaista loistehonkompensointia loisteputkivalaisimien osalta ja pääkeskustilasta löytyy automaattinen 45 kVarin kompensointiparisto. Rakennusautomaatiojärjestelmistä voidaan mainita automaattinen paloilmoitinjärjestelmä.

Kiinteistön sähkönkulutuksen seuranta on toteutettu asuntojen sekä kiinteistön kokonaiskulutuksen osalta vanhoilla 1-vaihe-kWh-mittareilla (ks. kuva 10). Kiinteistöön on asennettu myös uudet etäluettavat pätö- ja loistehomittarit (ks. kuva 11, seur. s.). Sähkömittareiden vaihto etäluettaviksi perustuu keväällä 2009 voimaan tulleeseen valtioneuvoston asetukseen, jonka mukaan vähintään 80 % kaikista käyttöpaikoista pitää varustaa etäluettavalla energiamittarilla vuoden 2013 loppuun mennessä.



Kuva 10. 1-vaihe kWh -mittarit



Kuva 11. Etäluettava kWh- ja kVar –mittari

Ilmastointi on toteutettu kolmella eri ilmanvaihtokoneella sauna-osastolle, keittiölle ja päivähuoneelle/ruokalalle, ja puhaltimia ohjataan keskuskelolla. Asuntoja varten on 0,1 kW:n huippuimurit. Lämmitys on toteutettu maakaasulla, joten se ei lisää sähköenergiankulutusta. [8 ; 9.]

Taulukossa 1 esitellään Elimäen keittiön laitteet sekä niiden tehot. Keittiössä valmistetaan noin 28 ruoka-annosta joka aterialla. Palvelukodin asukkaille tarjotaan aamupala, lounas, päiväkahvi, päivällinen ja iltapala. Laitteista astianpesukonetta käytetään eniten, joka on käytännössä päällä yötä päivää.

Taulukko 1. Elimäen keittiölaitteet sekä niiden tehot

<i>Laite</i>	<i>Määrä kpl</i>	<i>Σ Teho kW</i>
<b>KEITTIÖ</b>		
<i>Kuumavesihaude, Dieta</i>	1	3,5
<i>Kahvinkeitin, Vendor Bunn</i>	1	2,2
<i>Kiertoilmauuni, MetosChef24</i>	1	7,6
<i>Yhdistelmäuuni, MetosMCM61</i>	1	10
<i>Keittopata Metos KTL-50</i>	1	12
<i>Kylmäallas</i>	1	0,4
<i>Astianpesukone, Metos WD6</i>	1	9,75
<i>Liesi 2-levyinen</i>	1	5
<i>Yleiskone, Hackman Mixo</i>	1	1,5
<i>Pakastin</i>	3	2,4
<i>Kylmiö / jääkaappi</i>	5	3,55
	17	54,4

## 5.2.2 Loppukiri-asuinyhteisön sähköjärjestelmä

Loppukiri-asuinyhteisön sähköjärjestelmät ja laitteet ovat uudet ja näin ollen hyvässä kunnossa. Loppukiri-asuinyhteisössä asennukset on tehty TN-S-järjestelmänä. Rakennusautomaatiojärjestelmistä löytyvät automaattiset ohjaus-, säätö- ja hälytysjärjestelmät.

Kiinteistö on liitetty kaukolämpöverkkoon. Pesu- ja saunatiloista löytyvät lattialämmitykset ja niitä ohjaavat termostaatit. Kiinteistössä on kaksi saunaa, joissa toisessa on 6 kW:n ja toisessa 15 kW:n kiuas.

Ilmastointi on toteutettu asuntokohtaisilla LTO-kojeilla, eli LTO-laite ottaa talosta poistettavasta ilmasta lämpöä talteen. Talteen otettu lämpö käytetään taloon tuotavan raittiin ilman lämmittämiseen. Ilmastointikojeet ovat pääsääntöisesti 3-vaiheisia, ja niille on toteutettu kaksinopeustoiminta sekä perussäätö.



Kuva 12. Etäluettavat huoneistomittarit sekä keittiön kWh-mittari

Kiinteistön sähkönkulutuksen seuranta on toteutettu älymittareilla Landis+Gyr E350 huoneistokohtaisesti, kiinteistön päämittarina on kWh-mittari Iskra RS485 ja keittiön kWh-mittarina Enermet K420INVps (ks. kuva 12). [10.]

Taulukossa 2 (ks. seur. s.) esitellään Loppukirin keittiölaitteet. Loppukirin keittiö on pilttikohteiden pienin, sillä se ei ole ammattikeittiö vaan asukkaat laittavat vain yhden yhteisen aterian kerran päivässä. Keittiössä valmistetaan n. 35 ateriala/pv.

Taulukko 2. Loppukirin keittiö

<i>Laite</i>	<i>Määrä kpl</i>	<i>Σ Teho kW</i>
<b>KEITTIÖ</b>		
<i>Kylmiö, Huurre 120LK</i>	<i>1</i>	<i>0,7</i>
<i>Yhdistelmäuuni, Metos Convoplus CVP6E</i>	<i>1</i>	<i>8,0</i>
<i>Keraaminen liesitaso, Miele KM465</i>	<i>1</i>	<i>5,9</i>
<i>Kaappipakastin, Cylinda AF1345Steel</i>	<i>1</i>	<i>0,7</i>
<i>Jäähdytyslaite, Metos SC500R</i>	<i>1</i>	<i>0,96</i>
<i>Astianpesukone, Metos WD6EA</i>	<i>1</i>	<i>9,75</i>
<i>Valurautaliesi, Metos Futura RP2</i>	<i>1</i>	<i>6,0</i>
<i>Uuni, Miele H316B</i>	<i>1</i>	<i>3,2</i>
	<b>8</b>	<b>35,21</b>

### 5.2.3 Korian sähköjärjestelmä

Koriolla erikoisuutena on palvelutalon yhteydessä sijaitseva täysikokoinen uimahalli saunaosastoineen. Saunaosasto on kaikkien, myös ulkopuolisten, käytettävissä. Kiinteistön lämmitys on toteutettu maakaasulla ja uimahallille sekä kiinteistölle on omat maakaasukattilat. [11.]

Taulukossa 3 nähdään kiinteistön ilmastoinnin toteutus. Palvelukeskusta varten on valjastettu 4 erillistä ilmanvaihtokonetta.

Taulukko 3. Korian palvelukeskuksen ilmastointi

<b><i>Tekninen kuvaus: Ilmastointi</i></b>	
<i>Palvelukeskuksella</i>	<i>Tehot:</i>
<i>- poistopuhallin</i>	<i>5/1 kW</i>
<i>- tuloilma</i>	<i>5/1 kW</i>
<i>- keittiö</i>	<i>0,85/0,15 kW</i>
<i>- uimahalli</i>	
<i>Ryhmäkodilla</i>	
<i>- tuloilma</i>	<i>1 &amp; 2 4,0/0,6 kW</i>
<i>- poistoilma</i>	<i>1 &amp; 2 4,0/0,6 kW</i>



Kulutuksen seuranta varten kiinteistöön on asennettu seuraavat mittaukset:

- päämittari (pätö- ja loistehomittaus)
- ryhmäkodin
- palveluasuntojen
- allasosaston
- palveluosan
- senioritalossa omat mittarit huoneistoihin ja autonlämmitykselle.

(Ks. kuva 13.)



Kuva 13. Allasosaston kWh-mittari



Kuva 14. Päämittari: Kwh- ja kVar –mittari

Kiinteistöön on jo asennettu asetusten mukaiset etäluettavat mittarit. Kiinteistön koko sähköenergiankulutus mitataan sähköpääkeskukseen asennetulla tuntitehomittarilla (pätö- ja loisenergiamittaus). Pääkeskukseen on asennettu myös 60 kVarin kondensaattoriparisto. (Ks. kuva 14.)

Taulukossa 4 voidaan nähdä Korian palvelukeskuksen keittiölaitteet. Keittiössä valmistetaan n. 60 annosta päivässä, annosten määrään ja laitteiden käyttöön vaikuttaa myös uimahallin aukioloajat sekä palvelutalon ulkopuolelle tilattujen ruoka-annosten määrä.

Taulukko 4. Korian keittiölaitteet

Laite	Määrä kpl	$\Sigma$ Teho kW
<b>KEITTIÖ</b>		
Kuumavesihaude	1	3,5
Astianpesukone, Metos Master5	1	9,6
Kylmiöhuone, Huurre	1	0,71
Maitokylmiö, Huurre	1	0,71
Vihanneskylmäkaappi, Huurre	1	0,71
Pakastekaappi, Afinox	4	3,24
Pakastekaappi, Metos A700LBT	1	0,6
Liesi 4 levyä, HCC	1	10
Kylmäallas 205	1	
Kylmävitriini	1	0,7
Kylmävetolaatikosto	1	
Yhdistelmäuuni, Metos	1	9,4
Kiertoilmuuni, KU5	1	6,2
Yleiskone, Metos Karhu	1	1,2
Yleiskone, Braun	1	
Kahvinkeitin, Vendor Bunn	1	2,2
Mikroaaltouuni, Menu-master	1	1
Mikroaaltouuni, Rosenlew	1	
Jäätelöallas	1	0,45
Virvokekylmäkaappi, Helkama	1	
yhteensä	23	50,22

#### 5.2.4 Porvoon sähköjärjestelmä

Palomäen palvelukeskus Porvoossa on uudisrakennus, joten sähköverkko ja -laitteet ovat hyvässä kunnossa. Asennukset on toteutettu pääasiassa TN-S-järjestelmänä. Kohteeseen on asennettu DDC-pohjainen automaattinen hälytys-, ohjaus- ja valvonta-järjestelmä.

Kiinteistön sähkönkulutusta mitataan pulssiulostuloisilla kWh-mittareilla (ks. kuva 15), sekä kaukoluettavalla tuntiteholaitteistolla. Asunnoille on omat etäluettavat mittaukset.



Kuva 15. Pulssiulostuloinen kWh-mittari

Kohde on varustettu keskitetyllä tulo- ja poistoilmavaihdolla. Asunnot on varustettu 2-nopeusmoottorisilla puhaltimilla, joiden tehot ovat 0,55/0,09 kW.

Kohde on liitetty kaukolämpöverkkoon. Asuntojen pesutiloissa on laitetehoiltaan 550 W lattialämmitykset. Yhteenlaskettu laiteteho näillä on noin 10 kW. Energiankulutusarvio 1 456 tunnin vuotuisella käyttöajalla on noin 14,6 MWh/a. [12.]

Palomäen palvelukeskuksella ei ole omaa keittiötä, vaan ruoka tuodaan sinne lähellä sijaitsevasta Omenamäen palvelutalon keittiöstä. Omenamäenkeittiössä valmistetaan

ruokaa myös paikalliselle päiväkodille, jonka lisäksi myös palvelukodissa käy syömässä lounasaikaan ulkopuolisia ruokailijoita. Kyseessä on siis todella suuri ja vilkas ammattikeittiö.

Keittiölaitteiden yhteenlaskettu laiteteho kylmiöt mukaan lukien esitetään taulukossa 5, ja se on noin 233 kW. Keittiössä valmistetun annosmäärän (noin 380 kpl/päivä) perusteella arvioitu vuotuinen sähkönkulutus on 96 MWh/a.

Taulukko 5. Omenamäen keittiön laitteet sekä niiden tehot

Laite	Määrä $\Sigma$ Teho	
	kpl	kW
<b>KEITTIÖ</b>		
Kahvinkeitin Animo Favoriet Combi	1	3,3
Mikroaaltouuni	1	1,4
Kiertoilmauuni, Dieta Combi CE	1	37,4
Kiertoilmauuni, Dieta Combi CEP	1	18,9
Höyrykeitin, Dieta GSX	1	42
Valurautatasot, Metos Futura	1	18
Keittopata, Dieta E	1	18
Keittopata, Dieta E	1	20,5
Keittopata, Dieta E	1	30,5
Yleiskone, Metos Karhu	1	1,2
Vihannesleikkuri, Robot Coupe R301Ultra	1	0,65
Paistinpannu	1	10
Kylmiöhuone	3	
Jäähdytyskaappi	1	0,9
Kaappipakastin	3	
Astianpesukone, Meiko K 200P	1	30
yhteensä	20	232,75

### 5.3 Kulutuskohteiden rajaus

Minkäänlaista sähkölämmitystä ei kohteissa käytetä, joten suurimmat kulutuskohteet palvelutaloissa ovat sähköenergian kannalta keittiöt, talopesulat, saunat sekä IV-koneet. Projektin tavoitteena oli keskittyä tarkastelemaan pilottikohtaisesti etenkin keittiöiden ja IV-koneiden kulutuksia, jotka ovat kaksi merkittävintä aluetta palvelutaloissa energiankulutuksen kannalta.

Korilla selvitettiin myös uimahallin alla sijaitsevassa tilassa olevien vedenkierrätykseen tarkoitettujen suodattimien ja niitä pyörittävien moottorien käyttöä. Uimahallissa veden täytyy vaihtua määräysten mukaisesti, joten laitteiden käyntiaikoihin ei ollut tarpeellista puuttua, ne todettiin määräysten mukaisiksi.

Pilottien IV-koneita tarkasteltaessa todettiin, että jokaisen kohteen IV-koneiden tehonkulutukset jäivät niin matalalle tasolle, ettei sähkönkulutuksen näkökulmasta ole tarpeellista tehdä jatkoselvityksiä. Ilmanmäärän riittävän vaihtumisen selvittämisestä vastasi toinen projektissa mukana ollut ryhmä. Selvitysten perusteella pesula- ja saunatilojen käyttö ei myöskään aiheuttanut ylimääräistä energiankulutusta piloteissa, ja näin ollen niissä ei todettu huomautettavaa. Rajauksen jälkeen projektissa päädyttiin tarkastelemaan ja mittaamaan ainoastaan keittiöiden energiankulutusta.

Vierailuiden, haastattelujen, havainnointien sekä sähkölaitteiden ja sähköjärjestelmien kartoitusten perusteella todettiin, että pilottikohteiden keittiöitä on järkevää tarkastella kattavasti. Keittiöhenkilökunnan toimintatavat, laitteiden kunto ja energiatehokkuus sekä keittiön sähköenergiankulutus otettiin tarkemman tutkimuksen kohteeksi. Tämän selvittämiseksi päätettiin suorittaa valituissa kohteissa sähköenergiamittaukset keittiöiden ryhmäkeskukselta noin viikon ajalta. Mittausten ja haastatteluiden perusteella muodostetaan kokonaiskuva keittiöiden energiatehokkaasta toiminnasta.

## **6 Keittiöiden energiamittaukset**

### **6.1 Keittiöiden mittausten suunnittelu**

Mittausten avulla selvitettiin pilottikohteiden keittiöiden energiankulutusta eri vuorokauden aikoina ja viikonpäivinä. Saatujen tulosten ja aiemmin tehtyjen keittiöhenkilökunnan haastatteluiden perusteella saatiin kokonaiskuva keittiöiden toiminnasta. Myös mahdolliset eroavaisuudet eri vuodenaikojen välillä selvitettiin.

Projektin varsinainen osuus aloitettiin tehoanalysointiin tutustumalla. Taustatietoina toimivat laitteen oma Fluke 43B Power Quality Analyzer -sovellusopas sekä Metropolia Ammattikorkeakoulussa Myyrmäen toimipisteessä oppilastyönä tehty Fluke 435 -kolmivaihetehoanalysointin perustoimintojen käyttöohjeet -lehtinen. Näiden kahden

julkaisun avulla suoritettiin pizzauuni-harjoitusmittaus (ks. luku 4.3), joka loi hyvän pohjan kohteiden mittauksille.

Palvelutalojen asukkaille normaali päivärytmissä pysyminen on tärkeää, minkä vuoksi mittarin asennus- sekä purkuajankohta tuli suunnitella keittiöhenkilökunnan kanssa tarkasti. Pilottikohteiden tekninen henkilöstö pyydettiin myös paikalle nopeuttamaan toimintaa. Toimenpiteet suoritettiin standardien mukaisesti jännitteettömään virtapiiriin, eikä sähkökatko saanut aiheuttaa suurta haittaa keittiön toiminnalle. Lisäksi käytössä oli vain yksi tehoanalyysointilaite, mikä hidasti kokonaisprojektin etenemistä.

Mittausdataa saatiin kaikista kohteista noin viikon ajalta, jolloin saatiin tietoa energiankulutuksesta sekä arkipäiviltä että viikonloputta. Loppukiriä lukuun ottamatta ruokaa valmistettiin muissa kohteissa myös viikonloppuisin, joten koko viikon kattava mittaus koettiin tarpeelliseksi. Minkäänlaista mittauspöytäkirjaa ei pidetty tarpeellisena tehoanalyysointilaitteen sisältämän kattavan tiedonkeruutoiminnon ansiosta. Mitattaviksi suureiksi valittiin jännite, virta sekä päto- ja loisteho. Kaikista näistä mitattiin sekä erillisten vaiheiden että totaalien arvot. Edellä mainituista suureista mitattiin minuutin välein keskiarvot, jolloin saatiin tarpeeksi kattava käsitys keittiön toimintojen vaihtelusta.

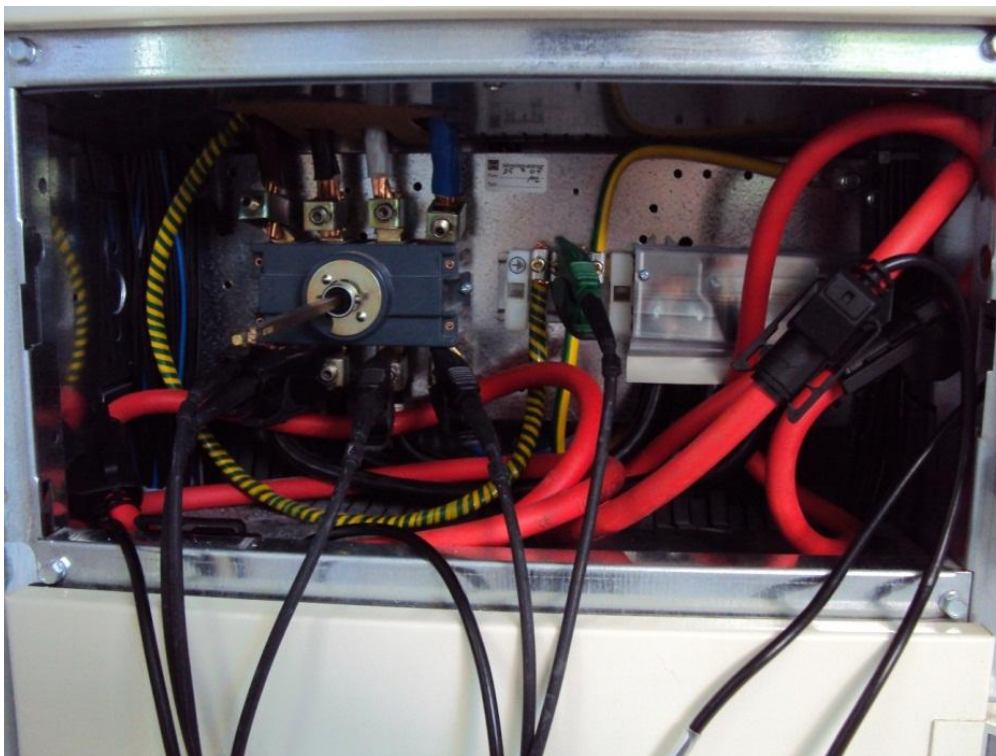
Mittaukset aloitettiin Korian palvelukeskuksesta, jonka jälkeen siirryttiin läheisen sijainnin vuoksi Elimäen palvelukeskukseen. Pitkien ajomatkojen välttämiseksi Korian tiedot purettiin heti kannettavalle tietokoneelle, ja analyysointilaite asennettiin samalla reissulla Elimäen keittiöön. Näiden kohteiden jälkeen menttiin Arabianrannan Loppukiriin ja lopuksi Porvoon Omenamäkeen.

## 6.2 Analyysointilaitteen kytkeminen pilottikohteissa

Sähköenergiamittauksia suunniteltaessa käytiin läpi huolellisesti myös kohteen pohjapiirustukset ja sähkökuvat. Asiakirjojen avulla pystyttiin etukäteen selvittämään pää- ja ryhmäkeskusten paikat sekä suunnittelemaan sopivat mittauspisteet. Myös kohteessa liikkuminen nopeutui ja helpottui, kun kattava taustatyö oli hoidettu.

Kaikissa kohteissa on omat ryhmäkeskukset keittiöille, joten mittarin kytkeminen niiden alapuolelle oli helppo ratkaisu (ks. kuva 16, seur. s.). Keskukset ovat pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta erittäin selkeitä, joten mittarin asennukset sujuivat suunnitelmien

mukaan nopeasti ja turvallisesti. Kytkenät suoritettiin noudattaen analysaattorin sovel-  
lusoppaan ja standardien antamia määräyksiä (ks. luku 4).

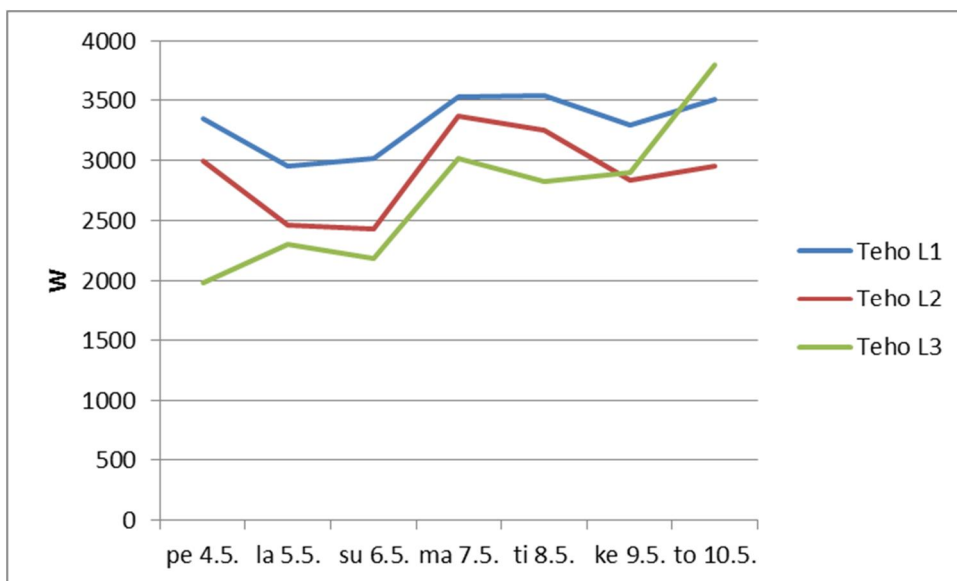


Kuva 16. Loppukirin keittiön mittauskytkentä

### 6.3 Keittiöiden mittaukset ja mittaustulokset pilottikohteissa

#### 6.3.1 Korian palvelukeskus kahvio Puustiinan mittaukset

Ensimmäisenä mittauskohteena Korian palvelukeskuksessa toimi kahvio Puustiina, joka nimestään huolimatta on ammattikeittiö ja vastaa Korian palvelukeskuksen muonituksesta. Keittiötä syöttävä ryhmäkeskus sijaitsee aivan kahvion vieressä. Ryhmäkeskuksen kytkimen avaamisen jälkeen suoritettiin tuplavarmistus poistamalla sähköpääkeskukselta sulakkeet ryhmäkeskusta syöttävistä nousujohdoista. Virtamittauslenkkien oikeiden asentamispisteiden löytyminen tuotti alkuun hieman hankaluuksia, mutta pienten erehdysten jälkeen analysaattori saatiin kytkettyä. Mittausajankohta oli perjantai 4.5.2012 klo 13.27 - torstai 10.5.2012 klo 12.40. Tästä johtuen mittauksen ensimmäiseltä ja viimeiseltä päivältä ei saatu täyden vuorokauden arvoja, joten ne jätettiin taulukoiden tarkastelun yhteydessä huomioimatta.



Kuva 17. Korian keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräiset pätötehot

Kuvasta 17 nähtiin, että keittiön kuormitus on saatu jaettua melko tasaisesti kaikkien kolmen vaiheen kesken, mikä vähentää nollajohtimen kuormitusta. Toisaalta jotkin suuret keittölaitteet ovat kolmivaihevirralla toimivia, joten näiden osalta vaiheiden välinen symmetria toteutuu automaattisesti. Vaiheen L1 kuormitus on aina jonkin verran vaiheita L2 ja L3 suurempi, ja viikonloppuna ero näyttäisi entisestään kasvavan. Kahvio Puustiinan ruokalistasta (ks. liite 2) nähdään, ettei viikonloppuna valmisteta keittoruokaa. Mahdollisesti keittoruokien laitossa käytettävät laitteet on kytketty vaiheisiin L2 ja L3. Mittauksia ei kuitenkaan tehty kuin yhdeltä viikolta, jolloin yksittäisten toimien vaikutus kasvaa ja varman kokonaiskuvan saaminen hankaloituu.

Taulukko 6. Korian keittiön ryhmäkeskuksen sähköenergiankulutus ja hinta

Päivä	Energia (kWh)	Hinta(€)	kWh Hinta(€)
Pe 4.5.2012	91,57	9,50	0,1037
La 5.5.2012	185,16	19,20	
Su 6.5.2012	183,19	19,00	
Ma 7.5.2012	238,23	24,70	
Ti 8.5.2012	225,66	23,40	
Ke 9.5.2012	216,90	22,49	
To 10.5.2012	133,35	13,83	

Taulukossa 6 esiteltiin päiväkohtaisesti Korian keittiön sähköenergiankulutusta ja siitä syntyvää laskua käyttäen laskemisessa palvelukeskuksen omaa kWh-hintaa.



Taulukkoon 7 on laskettu ryhmäkeskuksen keskimääräiset energiankulutukset eri aikoina käyttäen taulukon 6 mittaustuloksia:

Taulukko 7. Korian keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräinen sähköenergiankulutus eri aikoina

Energian keskimääräinen kulutus arkisin	226,93 kWh	23,53 €
Energian keskimääräinen kulutus viikonloppuisin	184,18 kWh	19,10 €
Energiankulutus keskimäärin viikossa	1503,01 kWh	155,86 €
Energiankulutus keskimäärin kuukaudessa	6012,02 kWh	623,45 €
Energiankulutus keskimäärin vuodessa	72144,25 kWh	7481,36 €

Korian palvelukeskuksen sähköenergiankulutus vuodessa on noin 72 MWh, joka maksaa noin 7 500 €. Käyttökelpoisia mittaustuloksia saatiin vain kolmelta arkipäivältä ja kahdelta päivältä viikonloppuna, joten lasketuissa pidemmän ajan energiankulutuslukeissa on jonkin verran epätarkkuutta. Vuodenaikojen vaihtelut eivät sen sijaan lisää epätarkkuutta, koska toiminnot pysyvät ympäri vuoden samoina. Kiinteistön lämmitysmuotona toimii maakaasu, joten talven kylminä kuukausina ei lämmityksestä aiheudu lisäystä sähköenergiankulutuksen kannalta.

Viikonloppuisin energiankulutus on selkeästi arkipäiviä pienempää, mikä johtuu suurelta osin keittoruoan puuttumisesta. Lisäksi uimahallin aukioloajat ovat viikonloppuina lyhyemmät ja näin ollen myös kahvio Puustiinan työajat lyhyemmät. Aukioloaikoja ei tule kuitenkaan liiaksi korostaa, koska ilta-aikaan ei enää valmisteta lämpimiä ruokia. Taulukossa 8 esitellään ruoan valmistukseen käytettyä energiaa ja kustannuksia:

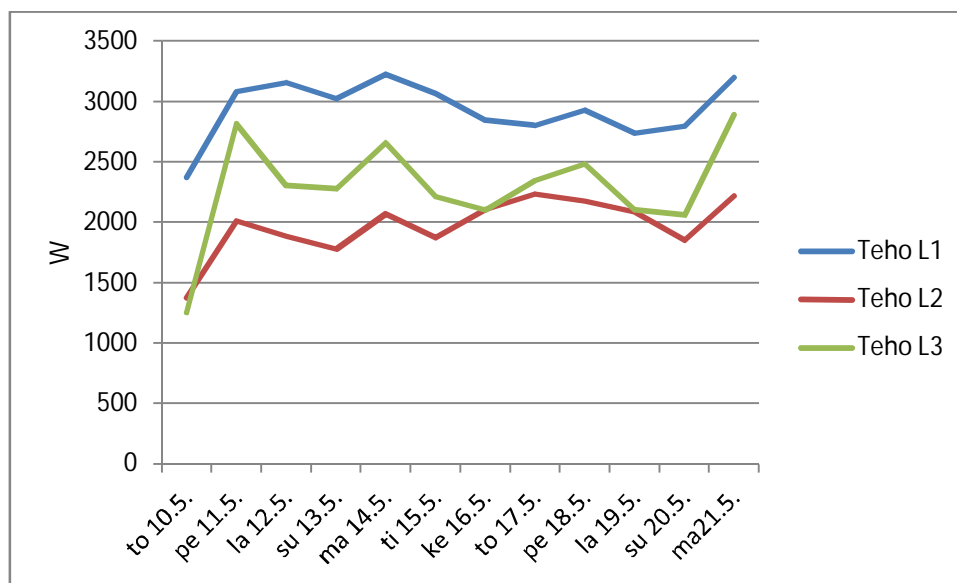
Taulukko 8. Korian keittiön yhden annoksen valmistamiseen kulunut energia ja sitä vastaava euromäärä

Päivä	kWh/annos/pv	Hinta/annos (€)	kWh Hinta(€)
Pe 4.5.2012	-		0,1037
La 5.5.2012	3,09	0,32	
Su 6.5.2012	3,05	0,32	
Ma 7.5.2012	3,97	0,41	
Ti 8.5.2012	3,76	0,39	
Ke 9.5.2012	3,61	0,37	
To 10.5.2012	-		

Keittiössä valmistetaan noin 60 annosta vuorokaudessa sekä arkena että viikonloppuna. Taulukossa 8 on käytetty taulukon 6 mittaustuloksia laskettaessa yhden annoksen valmistukseen kulunutta energiaa ja siitä aiheutuneita kustannuksia. Annoksen valmistukseen kuluu keskimäärin 3,50 kWh, mikä maksaa 36 senttiä.

### 6.3.2 Elimäen palvelukeskuksen keittiön mittaukset

Korian palvelukeskuksen mittauksen jälkeen siirryttiin suoraan muutaman kymmenen kilometrin päässä sijaitsevaan Elimäen palvelukeskukseen. Mittauskohteena toiminut keittiön ryhmäkeskus on sijoitettu sähköpääkeskuksen yhteyteen, keittiön takana sijaitsevaan huoneeseen. Kohteen sähköpiirustukset sekä -asennukset ovat erittäin selkeät, joten analyysoijan asentaminen sujui erittäin nopeasti ja turvallisesti. Elimäellä mittari oli kytkettynä selkeästi muita kohteita pidempään. Mittausajankohta oli torstai 10.5.2012 klo 14.05 - maanantai 21.5.2012 klo 13.15. Myös Elimäen mittaustulosten tarkastelussa jätettiin mittauksen ensimmäinen ja viimeinen päivä huomioimatta. (Ks. kuva 18.)



Kuva 18. Elimäen keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräiset pätötehot

Kuvasta 18 nähtiin, että vaihetta L1 on kuormitettu selkeästi enemmän kuin vaiheita L2 ja L3. Keittiön laitteista valtaosa on suuria kolmivaihekoneita, joten suuri osa muusta kuormasta on kytketty vaiheeseen L1.

Taulukossa 9 esitellään Elimäen palvelukeskuksen keittiön päivittäinen sähköenergiankulutus ja siitä syntyvä kustannus. Taulukon 9 kustannusta laskettaessa käytettiin palvelukeskuksen omaa kWh-hintaa.

Taulukko 9. Elimäen keittiön ryhmäkeskuksen sähköenergiankulutus ja hinta

Päivä	Energia (kWh)	Hinta (€)	kWh Hinta (€)
To 10.5.2012	49,98	6,00	0,12
Pe 11.5.2012	190,00	22,80	
La 12.5.2012	176,36	21,16	
Su 13.5.2012	169,90	20,39	
Ma 14.5.2012	190,83	22,90	
Ti 15.5.2012	171,70	20,60	
Ke 16.5.2012	169,22	20,31	
To 17.5.2012	177,01	21,24	
Pe 18.5.2012	182,25	21,87	
La 19.5.2012	166,11	19,93	
Su 20.5.2012	161,08	19,33	
Ma 21.5.2012	116,36	13,96	

Vuodenaikojen vaihtelut eivät vaikuta palvelukeskuksen keittiön sähköenergiankulutukseen. Lämmitysmuotona on maakaasu, ja toiminnot ovat muutenkin ympäri vuoden samanlaiset. Tästä johtuen pystytään taulukon 10 arvot laskemaan suoraan taulukon 9 mittaustuloksista.

Taulukko 10. Elimäen keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräinen sähköenergiankulutus eri aikoina

Energian keskimääräinen kulutus arkisin	180,17 kWh	21,62 €
Energian keskimääräinen kulutus viikonloppuisin	168,36 kWh	20,20 €
Energiankulutus keskimäärin viikossa	1237,56 kWh	148,51 €
Energiankulutus keskimäärin kuukaudessa	4950,26 kWh	594,03 €
Energiankulutus keskimäärin vuodessa	64353,33 kWh	7722,40 €

Elimäen keittiön sähköenergiankulutus on hieman alle 65 MWh vuodessa, mikä maksaa reilut 7 700 €. Palvelukeskuksen päivärutiineissa ei haastatteluiden perusteella ilmennyt minkäänlaisia eroja arkipäivien ja viikonloppujen välillä. Silti kulutus oli viikonloppuisin jonkin verran arkea pienempää, mikä saattaa tässäkin kohtaa selittyä vähäisillä mittaustuloksilla. Toisena vaihtoehtona on käyristä (ks. liite 3) nähtävä ero arki- ja

viikonloppuamujen kohdalla. Arkipäivinä energiankulutus on suurempaa, jolloin keittiössä mahdollisesti leivotaan päiväkahvin kanssa tarjottavia pullia tai piirakoita.

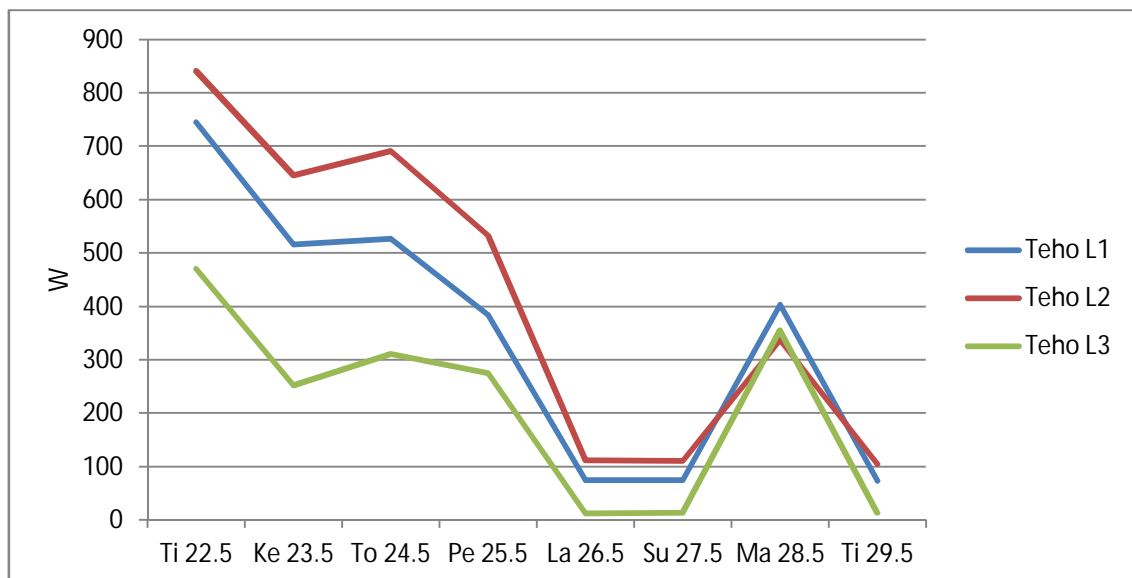
Taulukko 11. Elimäen keittiön yhden annoksen valmistamiseen kulunut energia ja sitä vastaava euromäärä

Päivä	kWh/annos	Hinta/annos(€)	kWh Hinta (€)
To 10.5.2012	0,67	0,08	0,12
Pe 11.5.2012	2,53	0,30	
La 12.5.2012	2,35	0,28	
Su 13.5.2012	2,27	0,27	
Ma 14.5.2012	2,54	0,31	
Ti 15.5.2012	2,29	0,27	
Ke 16.5.2012	2,26	0,27	
To 17.5.2012	2,36	0,28	
Pe 18.5.2012	2,43	0,29	
La 19.5.2012	2,21	0,27	
Su 20.5.2012	2,15	0,26	
Ma 21.5.2012	1,55	0,19	

Keittiö valmistaa noin 28 annosta sekä lounaalle että päivälliselle. Lisäksi asukkaille tarjotaan aamupala, päiväkahvi ja iltapala. Yhteen laskettuna voidaan sanoa keittiön valmistavan noin 75 lämmintä ateriaa vuorokaudessa. Taulukkoon 11 laskettiin yhden annoksen valmistukseen kulunut energia ja siitä aiheutuneet kustannukset käyttäen taulukon 9 mittaustuloksia. Yhden annoksen valmistukseen kuluu keskimäärin 2,34 kWh, mikä maksaa 0,28 €.

### 6.3.3 Loppukiri-asuinyhteisön keittiön mittaukset

Arabianrannan Loppukirin mittaukset suoritettiin juuri ennen keittiön pitämää 12 viikon kesätaukoa. Keittiötä syöttävä ryhmäkeskus sijaitsee pienessä metallikaapissa, keittiön takana olevassa varastotilassa, jonne analysaattorin kytkeminen onnistui suhteellisen vaivattomasti. Mittausajankohta oli tiistai 22.5.2012 klo 9.36 - tiistai 29.5.2012 klo 9.05 (ks. liite 5). Ensimmäistä ja viimeistä päivää ei Loppukirinkään laskelmissa otettu huomioon.



Kuva 19. Loppukirin keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräiset pätötehot

Toisin kuin muissa mittatuissa pilottikohteissa, Loppukirissä vaihetta L2 on kuormitettu eniten, kuten kuvasta 19 voitiin nähdä. Kohteen keittiön valmistamien annosten määrä on melko pieni, eikä näin ollen kolmivaihelaitteiden käyttö ole kovin suurta. Tämä lisää kuormituksen epäsymmetriaa, sillä yksivaihekojeiden jakaminen tasan vaiheiden kesken on hankalaa. Lisäksi voidaan olettaa, että kylmälaitteet on kytketty vaiheisiin L1 ja L2, koska viikonloppuisin keittiössä ei ole juuri minkäänlaista toimintaa. (Ks. Taulukko 12.)

Taulukko 12. Loppukirin keittiön ryhmäkeskuksen sähköenergiankulutus ja hinta

Päivä	Energia kWh	Hinta(€)	kWh Hinta (€)
Ti 22.5.2012	30,85	3,70	0,12
Ke 23.5.2012	33,88	4,07	
To 24.5.2012	36,70	4,40	
Pe 25.5.2012	28,56	3,43	
La 26.5.2012	4,73	0,57	
Su 27.5.2012	4,75	0,57	
Ma 28.5.2012	26,30	3,16	
Ti 29.5.2012	1,72	0,21	

Taulukossa 12 esiteltiin pätötehojen keskiarvoista laskettua energiankulutusta ja siitä aiheutuvia kustannuksia. Kilowattitunnin hinnan oletusarvoksi valitsimme 0,12 €, samoin kuin Porvoon pilotin kohdalla.

Taulukko 13. Loppukirin keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräinen sähköenergiankulutus eri aikoina

Energian keskimääräinen kulutus arkisin	31,36 kWh	3,76 €
Energiankulutus keskimäärin kun ruokaa ei laiteta	4,74 kWh	0,57 €
Energiankulutus keskimäärin viikossa	166,28 kWh	19,95 €
Energiankulutus keskimäärin kuukaudessa	665,14 kWh	79,82 €
Energiankulutus keskimäärin vuodessa	7049,42 kWh	845,93 €

Keittiön sähköenergiankulutus vuodessa on reilu 7 MWh, jonka kustannukseksi tulee hieman alle 850 €. Taulukon 13 eri aikojen arvot pystyttiin laskemaan lähes suoraan taulukon 12 mittauksista. Kohteen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö, joten ainoa huomioitava seikka laskuissa oli keittiön 12 viikon kiinniolo kesällä. Viikonloppuisin energiaa ei kulu muuhun kuin kylmälaitteisiin.

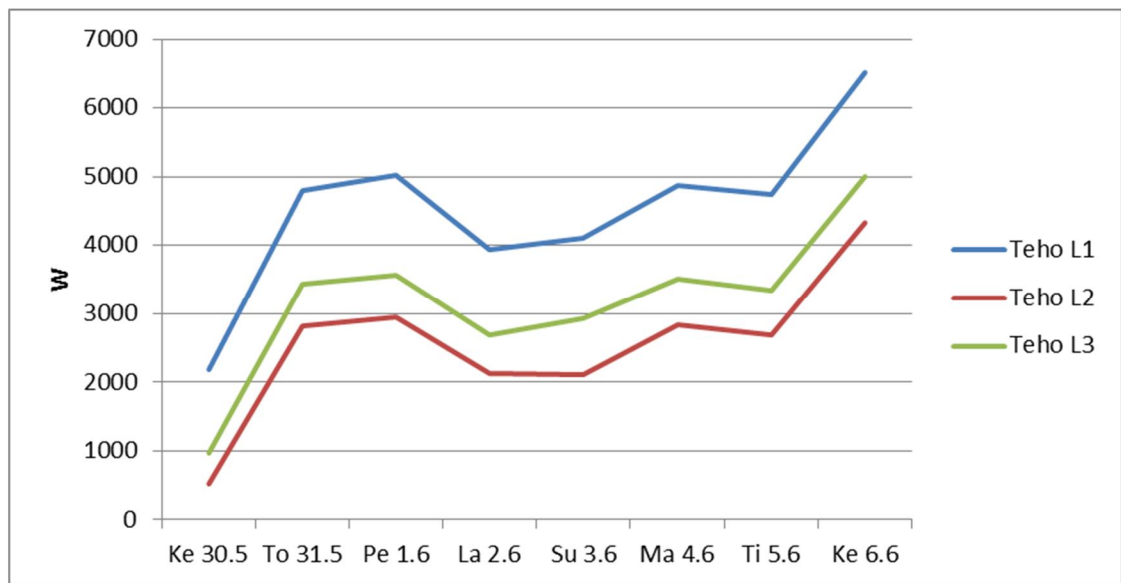
Taulukko 14. Loppukirin keittiön yhden annoksen valmistamiseen kulunut energia ja sitä vastaava euromäärä

Päivä	kWh/annos	Hinta/annos(€)	kWh hinta (€)
Ti 22.5.2012	0,91	0,109	0,12
Ke 23.5.2012	0,94	0,113	
To 24.5.2012	1,05	0,126	
Pe 25.5.2012	0,95	0,114	
La 26.5.2012			
Su 27.5.2012			
Ma 28.5.2012	0,94	0,113	
Ti 29.5.2012			

Keittiössä valmistettavien annosten määrä vaihtelee päiväkohtaisesti (ks. liite 5). Ruokailijoiden määrän sekä taulukossa 12 esiteltyjen arvojen mukaan on laskettu taulukon 14 yhden annoksen valmistukseen kuluva energia ja siitä aiheutuneet kustannukset. Yhden annoksen valmistukseen kuluu keskimäärin 0,94 kWh, ja siitä aiheutuvat kustannukset ovat 0,11 €

#### 6.3.4 Porvoon Omenamäen keittiön mittaukset

Omenamäen keittiötä syöttävä ryhmäkeskus sijaitsee ruokasalin seinustalta pienestä puukaapista. Ryhmäkeskus on selkeä ja helppolukuinen, vaikkei kunnollisia sähköpiirustuksia aluksi löytynytäkään. Ainoana hankaluutena on keskuksen ahtaus, minkä vuoksi analysaattorin virtamittauslenkeille oli erittäin vaikeaa löytää sopivia asennuspisteitä. Mittausajankohta oli keskiviikko 30.5.2012 klo 15.46 - keskiviikko 6.6.2012 klo 14.11 (ks. liite 4). Ensimmäisen ja viimeisen päivän mittaustulokset jätettiin taulukoiden laskelmissa huomioimatta, kuten aiemmissakin pilottikohteissa.



Kuva 20. Omenamäen keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräiset pätötehot

Kuvasta 20 voitiin todeta, että Omenamäen keittiössä kytkennät on toteutettu samalla tavalla kuin Koriolla ja Elimäellä. Suurin osa ryhmäkeskuksen kuormasta on kytketty vaiheeseen L1. Myös Omenamäen keittiössä on useita suuria kolmivaihelaitteita, joten oletettavaa on, että suurin osa muista laitteista on kytketty vaiheeseen L1.

Taulukko 15. Omenamäen keittiön ryhmäkeskuksen sähköenergiankulutus ja hinta

Päivä	Energia (kWh)	Hinta(€)	kWh Hinta (€)
Ke 30.5.	36,7	4,40	0,12
To 31.5.	276,6	33,19	
Pe 1.6.	286,4	34,37	
La 2.6.	225,2	27,02	
Su 3.6.	235,9	28,31	
Ma 4.6.	278,5	33,42	
Ti 5.6.	271,4	32,56	
Ke 6.6.	225,9	27,11	

Porvoo pilottikohteesta ei saatu tietoon heidän maksamaansa kWh-hintaa, joten taulukoiden 15, 16 ja 17 laskuissa käytimme oletusarvoa 0,12 €/kWh. Taulukossa 15 on esitelty mittauspäivien keskimääräinen sähköenergiankulutus ja siitä aiheutuneet kustannukset.

Taulukkoon 16 on laskettu ryhmäkeskuksen energiankulutus eri aikoina käyttäen taulukossa 15 esiteltyjä mittauksia:

Taulukko 16. Omenamäen keittiön ryhmäkeskuksen keskimääräinen sähköenergiankulutus eri aikoina

Energiankulutus keskimäärin arkisin	278,2 kWh	33,39 €
Energiankulutus keskimäärin viikonloppuisin	230,5 kWh	27,66 €
Energiankulutus keskimäärin viikossa	1852,1 kWh	222,26 €
Energiankulutus keskimäärin kuukaudessa	7408,6 kWh	889,03 €
Energiankulutus keskimäärin vuodessa	96311 kWh	11557,36 €

Omenamäessä lämmitysmuotona on kaukolämpö, joten energiankulutuksessa eri kuukausien välillä ei ole mainittavia eroja. Ainoastaan laskettaessa keittiön keskimääräistä energiankulutusta vuodessa on otettava huomioon Satumäen päiväkodin kiinnilo viisi viikkoa kesällä. Energiankulutus vuodessa on 96 MWh, mikä maksaa noin 11 500 €. Viikonloppuisin Satumäen päiväkotia on kiinni ja näin ollen myös Omenamäen valmistamien annosten määrä on pienempi. Näin ollen luonnollisesti energiankulutus on arkipäiviä pienempi.



Taulukkoon 17 on laskettu yhden annoksen valmistukseen kuluva energia ja siitä aiheutuneet kustannukset:

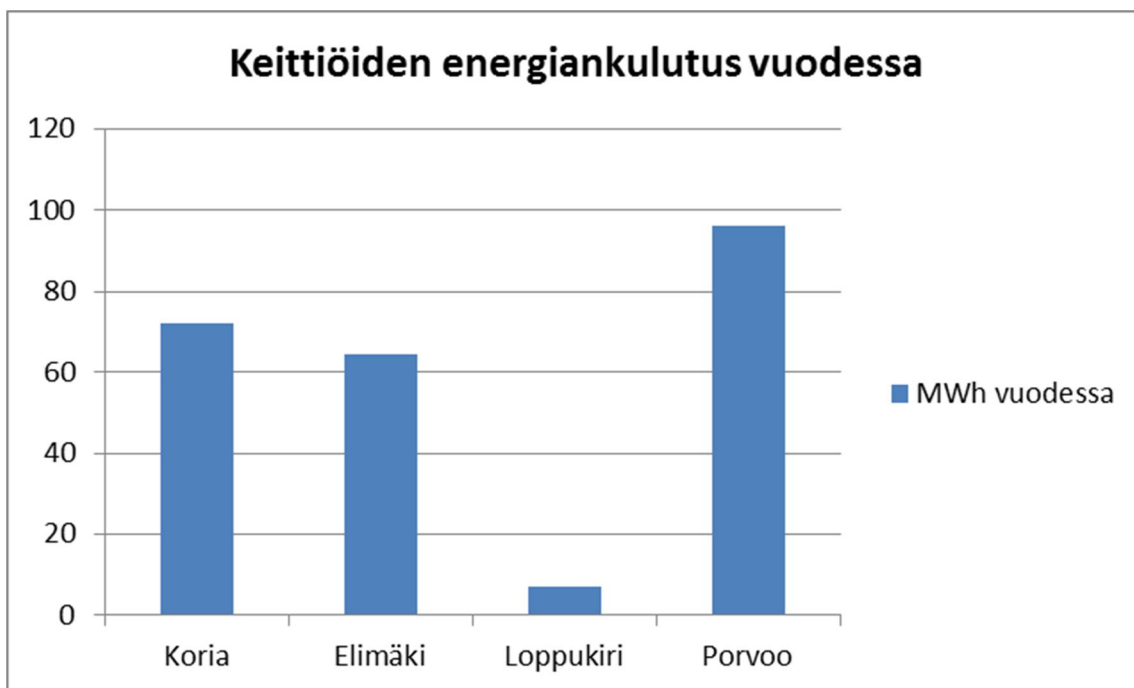
Taulukko 17. Omenamäen keittiön yhden annoksen valmistamiseen kulunut energia ja sitä vastaava euromäärä

Päivä	kWh/annos	Hinta/annos (€)	kWh Hinta (€)
Ke 30.5.			0,12
To 31.5.	0,728	0,087	
Pe 1.6.	0,754	0,090	
La 2.6.	0,866	0,104	
Su 3.6.	0,907	0,109	
Ma 4.6.	0,733	0,088	
Ti 5.6.	0,714	0,086	
Ke 6.6.			

Keittiö valmistaa arkipäivinä noin 380 ja viikonloppuisin 260 annosta. Annosmäärien kasvaessa yhteen annokseen kuluvat energia vähenee, mikä voidaan todeta vertailemalla taulukon 17 arkipäiviä viikonloppuihin. Keskimäärin yhden annoksen valmistukseen kuluu 0,77 kWh, mikä maksaa 0,09 €

#### 6.4 Mittaustulosten vertailu pilottien kesken

HEA-hankkeen pilottien vertailu keskenään on hieman hankalaa johtuen jokaisen kohteen omista erityispiirteistä. Korian palvelukeskuksen muonituksesta vastaava kahvio Puustiina toimii samalla uimahallin kahviona ja leipoo tilauksesta tuotteita ulospäin. Porvoossa Omenamäen keittiö on avoinna kaikille, jolloin annosten tarkkaa määrää on hankala laskea. Loppukirissä annosmäärä on pieni, ja asukkaat valmistavat itse ruokansa. Ainoastaan Elimäellä toimii ammattikeittiö, jossa kaikki toiminnot pysyvät vakaina ympäri vuoden. Mittausajat olivat vain noin viikonpituisia, jolloin yksittäiset toimintatavat ja muutokset rutiineissa voivat vaikuttaa liiaksi mittaustuloksiin. Tästä huolimatta kuvan 22 (ks. s.38) arvoja vertaillaan keskenään ja pohditaan, mistä erot voivat syntyä.



Kuva 21. Pilottikohteiden keittiöiden keskimääräisen sähköenergiankulutuksen vertailu

Kuvassa 21 esitellyt vuosittaiset energiankulutukset eivät sinällään ole vertailukelpoisia keskenään. Kuvalla 21 halutaan vain osoittaa, minkä suuruusluokan keittiöistä on kysymys. Porvoossa kyseessä on jo suuri ammattikeittiö toisin kuin Loppukirissä, jossa ruoan valmistuksesta vastaavat asukkaat ovat saaneet vain lyhyen koulutuksen keittiölaitteiden käyttöön.

#### 6.4.1 Metos Oy Ab -yritys

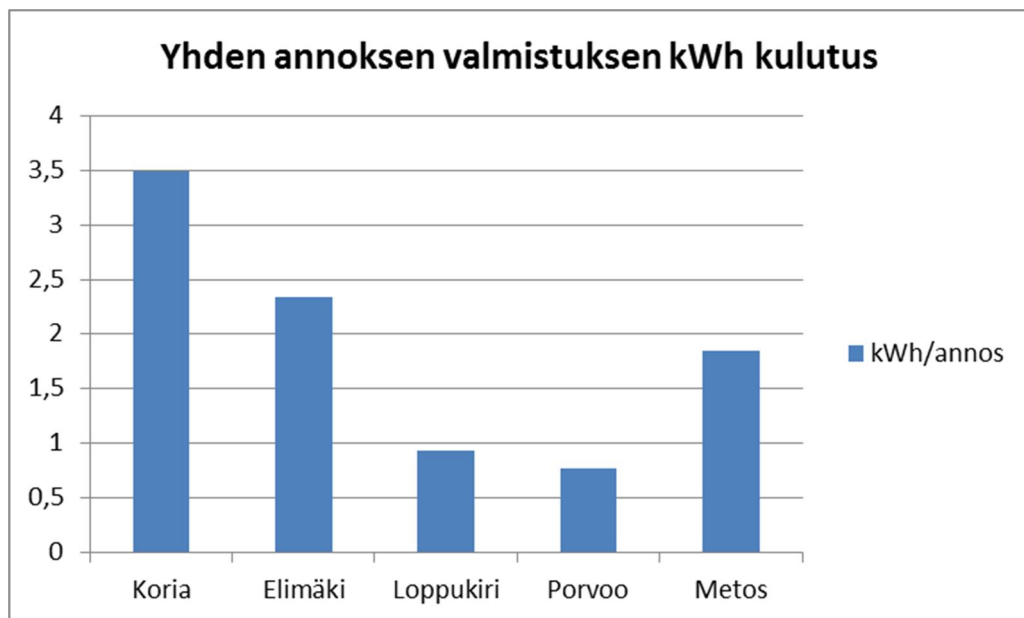
Metos Oy Ab on Pohjoismaiden markkinajohtaja ammattikeittiölaitteiden markkinoinnissa ja valmistuksessa. Metoksen pääkonttori, tehdas sekä koulutuskeskus sijaitsevat Keravalla. Lisäksi tehtaita on Leppävirralla Suomessa, Ruotsissa ja Virossa.

Metoksella on käytetty erittäin paljon voimavaroja ammattikeittiöiden energiatehokkuuden parantamiseen, ja se on edelläkävijä keittiöiden energiamittausten suorittamisessa. Metoksen henkilöstöravintola toimii samalla sen kehityslaboratoriona, jossa testataan päivittäin erilaisten ratkaisujen toimivuutta suomalaisessa ammattikeittiöympäristössä. Metoksen ravintola on Suomen ainoa ammattikeittiö, jossa jokainen laite on varustettu energiankulutusmittarilla. Tästä syystä työssä käytetään Metokselta saatuja arvoja vertailupohjana pilottikohteiden mittaustuloksia tarkasteltaessa. Metoksen henkilöstöravin-

tolan keittiö valmistaa noin 125 annosta päivässä, ja sähkönkulutus annosta kohden on 1,84 kWh. [13.]

#### 6.4.2 Yhden annoksen valmistukseen kuluva energia

Kuvassa 22 vertailukohtana toimii Keravalla sijaitsevan Metoksen työpaikkaruokalan ammattikeittiön yhden annoksen valmistukseen kulunut kWh-arvo. Suomen ammattikeittiöiden keskimääräiseksi energiankulutukseksi annosta kohden on arvioitu 1–2 kWh, jolloin alle 2 kWh:n kulutusta voidaan pitää hyvänä arvona [13]. Koriolla ja Elimäellä tavoitteeseen ei päästä, mutta Loppukirissä ja Porvoossa energiankulutus annosta kohden on yllättävän pieni.



Kuva 22. Pilottikohteiden yhden annoksen valmistukseen kuluneen kWh-määrän vertailu

Haastatteluiden perusteella voidaan todeta jokaisen pilotin keittiöhenkilökunnan pyrkivän toimimaan energiatehokkaasti. Myöskään keittiölaitteissa tai niiden kunnossa ei ollut huomautettavaa, joten suurin ero laskettaessa yhden annoksen energiankulutusta syntyy valmistettavien annosten määrästä. Annosmäärän kasvaessa suhteellinen kulutus laskee.

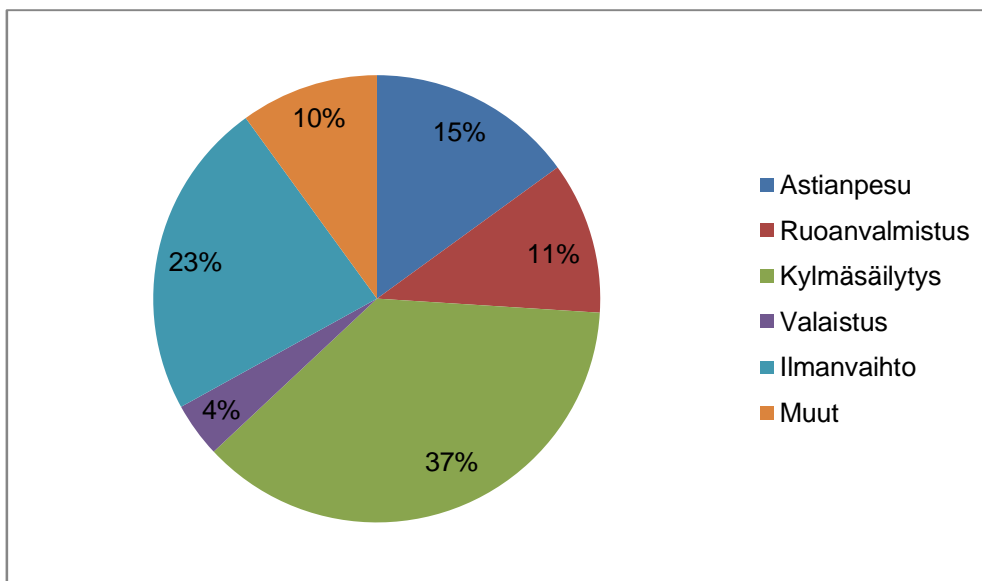
Poikkeuksena vertailuryhmässä on Loppukiri, joka on muutenkin hieman erilainen ammattikeittiö muihin verrattuna. Senioriyhteisössä suositaan keitto- ja uuniruokia, eikä pannulla paistamista käytetä ruoanvalmistusmenetelmänä. Ainekset hankitaan tuoreina, jolloin pakastimien kuormitus vähenee. Lisäksi minkäänlaisille tarjoiluvaunuille ei ole tarvetta. Kaikki edellä mainitut seikat pitävät Loppukirin energiankulutuksen kurissa ja keittiön toimintaa voidaan pitää erittäin energiatehokkaana.

Korian arvoksi saatu 3,5 kWh annosta kohden on erittäin korkea lukema. Kuten jo aiemmin mainittiin, kahvio Puustiinan lukemaa nostaa kaikenlainen muu oheistoiminta. On erittäin hankala arvioida, minkä suuruisen lisän ulospäin myytävät tuotteet ja uimahallin kahviotoiminta tuovat, mutta oletamme kulutuksen annosta kohden olevan lähellä Elimäen lukemaa. Suhteellisten pienten annosmäärien vuoksi hieman yli 2 kWh:n arvoa voidaan pitää hyvänä.

Kohteista Porvoon Omenamäen, Elimäen palvelukeskuksen ja Metoksen keittiöt ovat vertailukelpoisia. Kaikissa on hyvin toimiva ammattikeittiö, eikä pieni annosmäärä aiheuta vääristymiä tarkasteluun. Yleisesti mittaustuloksia tarkasteltaessa nähdään annosmäärän kasvun laskevan yhden annoksen valmistuksen energiankulutusta. Näin vähillä tuloksilla on mahdotonta sanoa, laskeeko kulutus lineaarisesti määrän kasvaessa vai minkälainen näiden kahden lukeman suhde on.

## **7 Energiansäästömahdollisuudet**

Ruoanvalmistuksen energiatehokkuutta pystytään parantamaan järkevillä työtavoilla ja valitsemalla sopivat laitteet sekä astiat. Pelkästään keittiölaitteiden oikealla käytöllä voidaan vaikuttaa noin 10–60 % energiankulutukseen. Keittiölaitteiden ikääntyessä huoltamisen sekä puhdistuksen merkitys korostuu ja joissain tapauksissa tulee miettiä jopa kokonaan uusien laitteiden hankkimista.



Kuva 23. Keittiön energiankulutuksen jakautuminen Metoksen henkilöstöravintolassa

Kuvassa 23 on esitelty Metoksen Keravalla sijaitsevan toimipisteen 125 annosta valmistavan henkilöstöravintolan energiankulutuksen jakautumista eri vaiheisiin. Kuvio ei vastaa kaikilta osin yleistä keskitasoa Suomessa, mutta siitä nähdään, että keittiöiden kokonaiskulutus on monien osien summa.

Valurautaisten liesien hyötysuhde on vain noin 35 %, joten niiden vaihtamista 90 % hyötysuhteen omaaviin induktioliesiin kannatta harkita. Kaikista kohteista löytyy jo hie- man vanhanaikaisiksi laskettavat valurautaiset liesitasot, mutta esimerkiksi Loppukiris- sä niiden käyttö on vähäistä. Suuri hukkalämpö kuormittaa lisäksi keittiön ilmastointia, jolloin energiankulutus kasvaa entisestään. Mikäli liesiä käytetään pilottikohteissa pal- jon, ne tulisi vaihtaa.

Uuni- ja pataruoat ovat oikein valmistettuina energiatehokas ratkaisu. Uuneja sekä pa- toja tulee käyttää täytenä ja luukun tai kannen avaamista on vältettävä. Uunin esiläm- mittämiseen kuluu valtaosa energiasta, joten suuret annosmäärät vähentävät yhden annoksen valmistukseen kuluva energiamäärää. Pataruoissa taas jälkilämmön hyö- dyntämisellä voidaan saavuttaa 10–20 %:n energiansäästö. Lisäksi liian suuren vuolan käyttö uuniruokia valmistettaessa lisää paistoaikaa ja näin ollen lisää energiankulutusta sekä ruoan lämmityshävikkiä. Kaikissa kohteissa kyseiset seikat on otettu hyvin huo- mioon. [14, s. 31.]

Astianpesukoneen käyttö jokaisessa kohteessa on energiatehokasta. Koneissa pestään mahdollisuuksien mukaan vain täysiä koneellisia ja laitteita huolletaan säännöllisesti. Tämä onkin tärkeää, sillä astianpesu kuluttaa keskimäärin 40 % keittiön sähköstä ja 80 % vedestä [14, s. 32].

Kylmäsäilytyksessä oikean lämpötilan valitseminen säästää energiaa. Pakastimen jäädyttäminen yhdellä asteella nostaa energiankulutusta noin 5 %. Ilman on myös päästävä liikkumaan vapaasti, joten kylmälaitteen täyttömäärän on oltava sopiva. Aineksista vain välttämättömät tulee pakastaa, sillä jääkaappi kuluttaa 3–5 kertaa vähemmän energiaa kuin pakastin. Porvoossa pakastimet täytetään liian täyteen, joten siellä tulisi pohtia lisätilan hankkimista tai pakastuksen tarpeellisuutta. [14, s. 33.]

Energiatehokkuus pilottikohteiden keittiöissä on yleisesti suhteellisen korkealla tasolla, joten suuria parannusehdotuksia edellä mainittuja lukuun ottamatta ei ole tarpeellista esittää. Keittiöhenkilökunnan ammattitaito on korkeaa luokkaa ja keittiölaitteet ovat melko uusia ja hyväkuntoisia. Motivaatio oikeiden työtapojen jatkamiselle ja sitä kautta energiatehokkuuden pysymiselle vaikuttaa myös olevan hyvällä tasolla, joten toimintoja kannattaa jatkaa tulevaisuudessakin samaan malliin.

## 8 Yhteenveto

Tämä insinööriyö on tehty parityönä. Heikki Raatikainen on kirjoittanut HEA-hankkeesta, energiakatselmuksesta ja pilottikohteisiin tutustumisesta. Emil Kailan osuutena oli kirjoittaa mittarista ja mittaustavoista, keittiöiden energiamittauksista sekä energiansäästämahdollisuuksista. Kaiken kaikkiaan työn aikana on tehty laajasti yhteistyötä ja keskusteltu eri vaihtoehdoista työn edetessä.

Insinööriyössä perehdyttiin palvelutalojen energiakartoituksen tekemiseen sekä sen haasteisiin. Insinööriyön alussa valikoitiin 7 eri pilottikohdetta, jotka olivat Etelä-Suomen alueella toimivia seniori- ja palvelutaloja, joihin lähdettiin suorittamaan nykytilannetta kartoittavaa energiaselvitystä.

Pilottikohteisiin tehtyjen tutustumiskäyntien ja havaintojen pohjalta suoritettujen rajausten jälkeen kattavimmat selvitykset suoritettiin Elimäen, Korian, Porvoon sekä Helsingin pilottikohteissa.

Edelleen insinööriyön ja kartoitusten edetessä todettiin, että valituissa pilottikohteissa tullaan keskittymään enemmän käyttöasteeltaan suurien keittiöiden energiankulutusten tarkasteluun. Jokaisessa pilottikohteen keittiössä suoritettiin henkilökunnan haastattelujen lisäksi kulutus- ja sähkönlaatumittaukset, jotka ovat pääosassa tässä insinööriyössä.

Kenttätyön jälkeen tiedot analysoitiin ja niiden pohjalta jokaiseen pilottiin lähetettiin raportti, jossa esitettiin tehdyt analyysit sekä säästö- ja parannusehdotukset ja annettiin ehdotuksia jatkotoimenpiteiksi. Raporttien avulla voidaan vaikuttaa etenkin asukkaiden ja henkilökunnan käyttötottumuksiin.

Insinööriyön toteutus onnistui hitaan alkuvaiheen jälkeen hyvin, vaikka kokonaiskuva jäikin alkuperäistä suunnitelmaa hieman suppeammaksi, kun rakennusten ilmastointi- sekä valaistusjärjestelmien kulutuksiin ei päästy kunnolla käsiksi. Työssä keskityttiinkin enemmän suurtalouskeittiöiden energiankulutuksen kartoitukseen. Laajemmassa mitakaavassa toteutettuna olisikin ollut mielenkiintoista saada suurennuslasin alle myös ilmastointilaitteiden käyntiajat sekä kiinteistön kokonaisvalaistuksen kuorma, jolloin olisi ollut mahdollista mallintaa kiinteistön kokonaiskulutusta. Lämmitysjärjestelmien osalta voidaan todeta, että niissä ei havaittu missään kohteissa huomautettavaa lämmityksen ollessa myös tärkeä elementti energiansäästön osalta.

Insinööriyön aikana opittiin yleisesti paljon energiakartoituksen suorittamisesta, siihen liittyvistä työvaiheista, mittauksista sekä määräyksistä. Etenkin keittiön energiatehokkaasta käytämisestä saatiin asiantuntijoiden opastuksella paljon uutta tietoa. Projektin jälkeen on helppo peilata myös omia energiakäytön tottumuksia oppimiinsa asioihin.

## Lähteet

- 1 Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen. Verkkodokumentti. HEA-hanke. <<http://hea.metropolia.fi/>>. Luettu 3.7.2012.
- 2 Palvelualojen energiakatselmus. 2005. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://motiva.fi/files/604/kat\\_palveluala\\_esite.pdf](http://motiva.fi/files/604/kat_palveluala_esite.pdf)>. Luettu 13.6.2012.
- 3 TEM:n tukemat ympäristökatselmukset. 2011. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset](http://motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset)>. Päivitetty 14.4.2011. Luettu 13.6.2012.
- 4 Energiakatselmukset. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiakatselmukset](http://motiva.fi/julkinen_sektori/energiakatselmukset)>. Päivitetty 7.12.2010. Luettu 13.6.2012.
- 5 Fluke Corporate Profile. Verkkodokumentti. Fluke Corporation. <<http://www.fluke.com/fluke/fifi/about/yritysprofiiili/default.htm>>. Luettu 13.7.2012.
- 6 Fluke 435 II –sarjan sähkönlaatu- ja energia-analysaattori. Verkkodokumentti. Fluke Corporation. <<http://www.fluke.com/fluke/fifi/Sahkonlaatutyokalut/Kolmivaiheinen/Fluke-435-Series-II.htm?PID=73939>>. Luettu 13.7.2012.
- 7 Fluke 43B Power Quality Analyzer Sovellusopas. Fluke Corporation.
- 8 Kupari Uusitalo. 1990. Sähkötyöpiirustus Elimäen palvelutalon.
- 9 Uutiskirje. 2009. Verkkodokumentti. Työ- ja elinkeinoministeriö. [http://www.tem.fi/index.phtml?94011\\_m=94054&s=3117](http://www.tem.fi/index.phtml?94011_m=94054&s=3117) . Luettu 2.7.2012
- 10 Konsulttitoimisto J.W.Majurinen Oy. 2004. Sähkötyöpiirustus AS. Oy Helsingin Loppukiri.
- 11 Arkkitehtitoimisto Tarmo R. Paju. 1996. Sähkötyöpiirustus Korian palvelukeskus.
- 12 Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy. 1991. Sähkötyöpiirustus Porvoon A Asunnot Oy.
- 13 Mäyry, Juho. 2012. Markkinointipäällikkö, Metos Oy Ab, Kerava. Haastattelut 11.6.2012.
- 14 Valmennusaineisto. Verkkodokumentti. Ympäristöpassi. <<http://www.ymparistopassi.fi/doc/Valmennusaineisto-1.0.pdf>>. Luettu 12.8.2012.



## Fluke 435 harjoitusmittauksen tulokset

Saamamme tiedon mukaan Metropolian Myyrmäen toimipisteen sähkönhinta on noin 4,5 cent/kWh, joten käytämme kyseistä arvoa laskuissamme.

Taulukko 1. Pätötehon arvoja

	Tehon keskiarvo	Aika	Energia	Hinta
Kokonaisaika	870 W	21 h 22 min	18,6 kWh	0,84€
100 astetta	620 W	14 h 50 min	9,2 kWh	0,41€
200 astetta	1430 W	6 h 32 min	9,4 kWh	0,43€

Taulukossa 1. esitetään pätötehon keskiarvo, kulunut energia sekä kulutetun energian hinta sadalla ja 200 asteella sekä näiden yhdistelmänä.

Taulukko 2. Tunnin käytön keskiarvo

	Aika	Hinta
100 astetta	1h	2,8 snt
200 astetta	1h	6,5 snt

Taulukosta 2. nähdään tunnin aikana uunin käytössä kuluneen sähköenergian hinta sadalla ja 200 asteella.

Taulukko 3. Uunin lämmitys huoneenlämmöstä sataan asteeseen, jonka jälkeen sitä pidetään tunti lämpimänä

Aika	Pätöteho	Energia	Hinta
1h 17min	2,484 kW	3,19 kWh	0,14 €

Taulukko 4. Uunin lämmitys huoneenlämmöstä 200 asteeseen, jonka jälkeen sitä pidetään tunti lämpimänä

Aika	Pätöteho	Energia	Hinta
1 h 37 min	6,8 kW	11 kWh	0,49 €

Taulukoiden 3. ja 4. arvoja vertailemalla voimme todeta uunin lämmittämisen haluttuun arvoon vievän eniten energiaa. Määrätyssä arvossa pysyminen ei sen sijaan kuluttanut merkittävästi energiaa.

### Lämmitysajat

Virtamittauksista huomataan, milloin uuni alkaa lämmittää. Koko mittauksen aikana (21 h 52 min) uuni lämmitti 23 kertaa.

Taulukko 5. Lämmityskerrat, -ajankohdat, -ajat.

lämmityskerta	Lämmityksen Alku	Lämmityksen loppu	lämmitysaika	Kulunut aika edelliseen lämmitykseen (lämmitysväli)
1	16:45	17:05	0:20	
2	19:02	19:07	0:05	1:57
3	19:40	19:45	0:05	0:33
4	20:52	20:57	0:05	1:07
5	21:44	21:49	0:05	0:47
6	22:43	22:48	0:05	0:54
7	23:51	23:56	0:05	1:03
8	0:36	0:41	0:05	0:40
9	1:57	2:02	0:05	1:16
10	2:27	2:32	0:05	0:25
11	4:03	4:08	0:05	1:31
12	4:16	4:21	0:05	0:08
13	6:06	6:13	0:07	1:45
14	7:35	7:57	0:22	1:22
15	8:34	8:40	0:06	0:37

16	9:10	9:16	0:06	0:30
17	9:47	9:53	0:06	0:31
18	10:24	10:30	0:06	0:31
19	11:02	11:07	0:05	0:32
20	11:40	11:45	0:05	0:33
21	12:17	12:22	0:05	0:32
22	12:54	13:01	0:07	0:32
23	13:32	13:39	0:07	0:31

Lämmitys huoneenlämmöstä sataan asteeseen kesti 20 minuuttia ja lämmitys 100 asteesta 200 asteeseen kesti 22 minuuttia. Kun uuni pyrki pitämään lämmön sadassa asteessa, yksi lämmityskerta kesti noin 5 minuuttia. Kahdessasadassa asteessa vastaava aika oli noin 6 minuuttia.

Taulukosta 5. nähdään myös lämmitystiheyden eroavaisuudet. Kun uuni pyrki pitämään lämmön 100 asteessa, lämmitys tapahtui epätasaisin väliajoin (noin 30min-1 h 30 min välein). Kun uuni pyrki pitämään lämmön 200 asteessa. Uunia lämmitettiin tasaisin väliajoin (noin 30 minuutin välein).

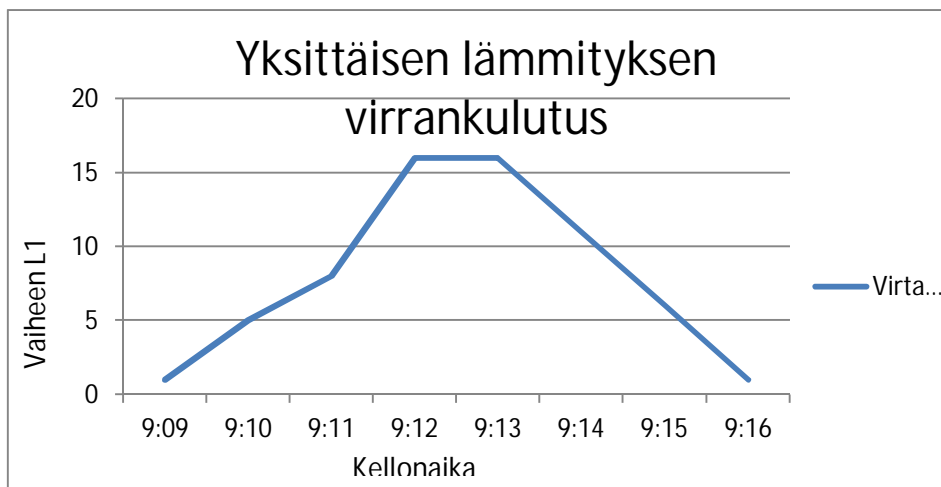
### Yksittäisen lämmityskerran tarkkailu

Taulukko 6. Yksittäisen lämmityksen virran kulutus

Aika	L1 virta (A)	L2 Virta (A)	L3 Virta (A)
9:09	1	1	1
9:10	5	5	5
9:11	8	7	7
9:12	16	15	13
9:13	16	16	14
9:14	11	12	8
9:15	6	7	4
9:16	1	1	1

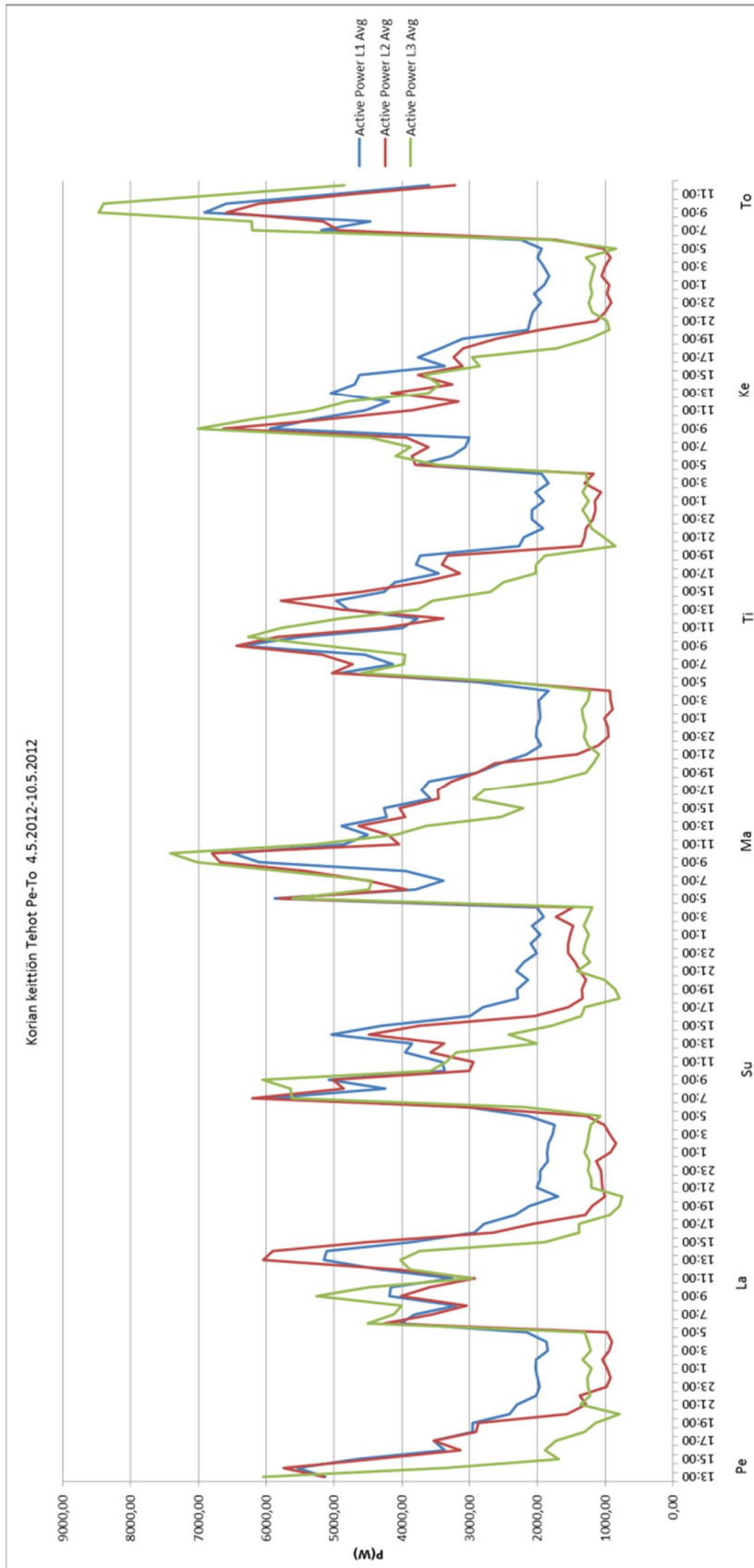
Taulukossa 6 tarkkaillaan yhden lämmityskerran virrankulutusta. Pizzauuni pyrki pitämään lämmön 200 asteessa.

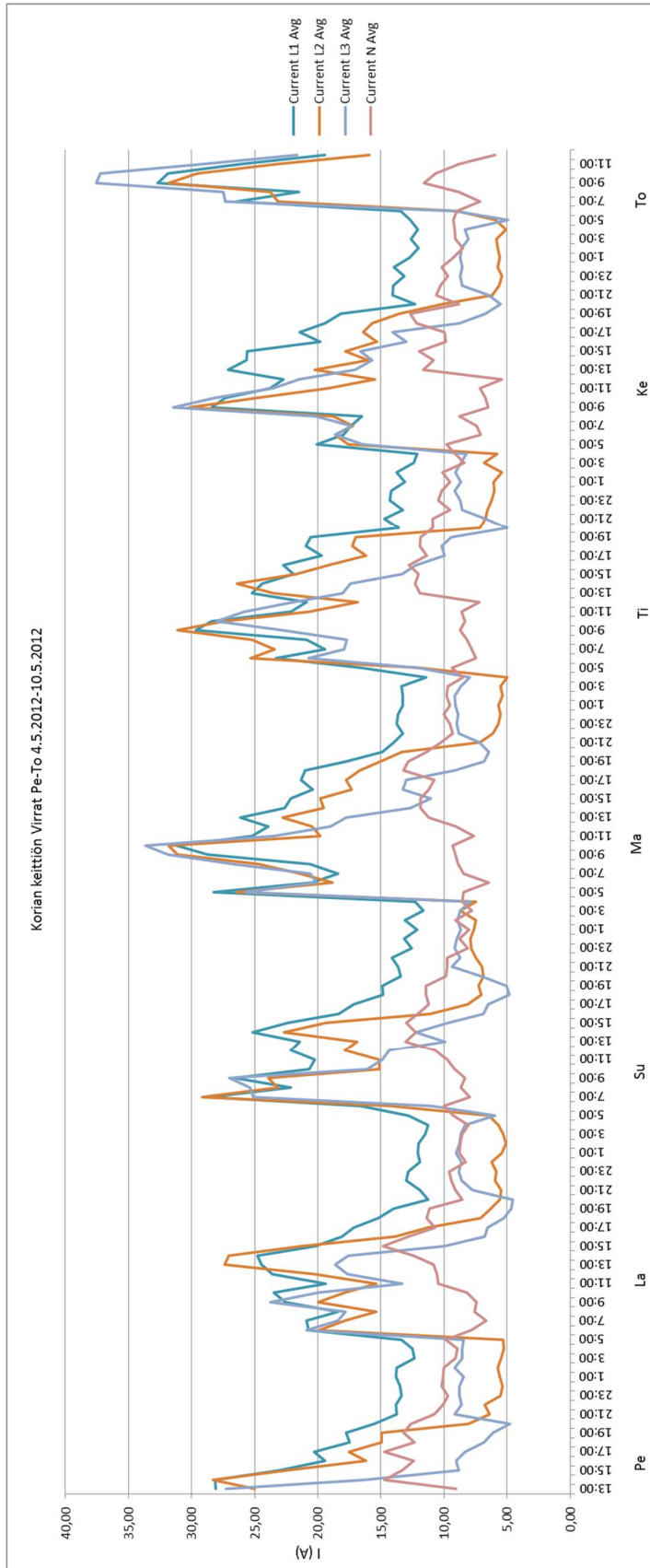
Kuvaaja 1 Yksittäisen lämmityskerran virrankulutus, kun uuni pyrkii pitämään lämmön 200 asteessa

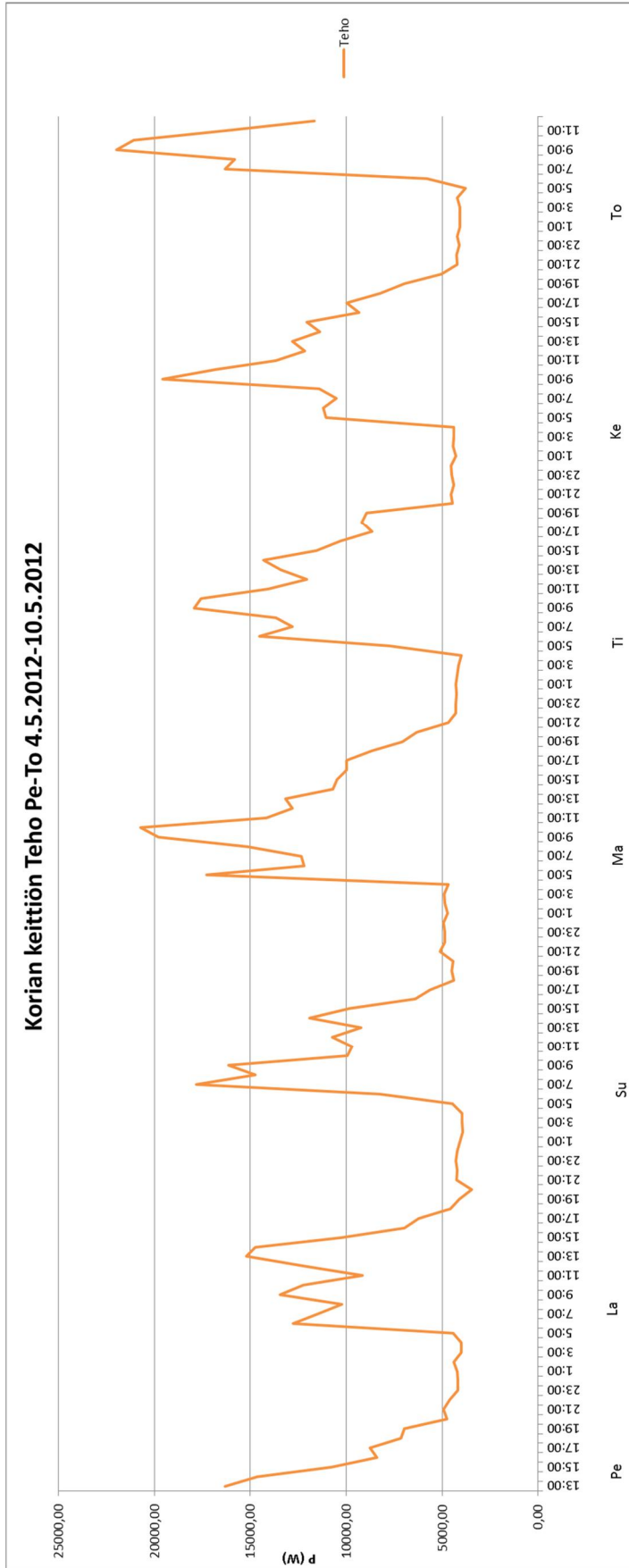


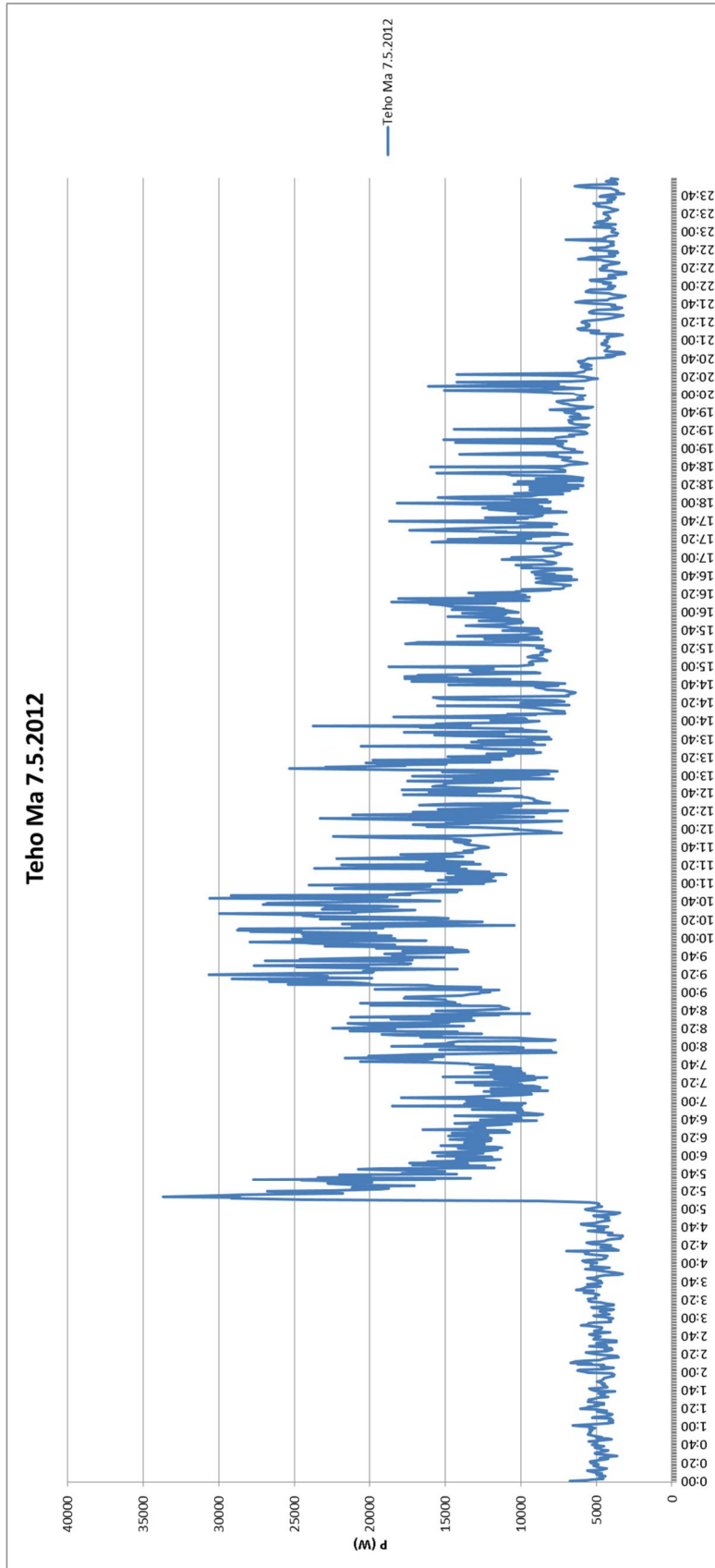
Kuvaajasta 1 ja taulukosta 6 (ks. ed. s.) huomataan, että virta ei kytkeydy vain päälle ja pois. Virran kasvaessa tasaisesti lämpö kasvaa. Kun on saavutettu haluttu lämpötila (kuvan tapauksessa 200 astetta), virta alkaa laskea tasaisesti, ja uuni pitää yllä lämpöä, joka on varautunut kivipohjaan.

### Korian palvelukeskuksen mittaukset





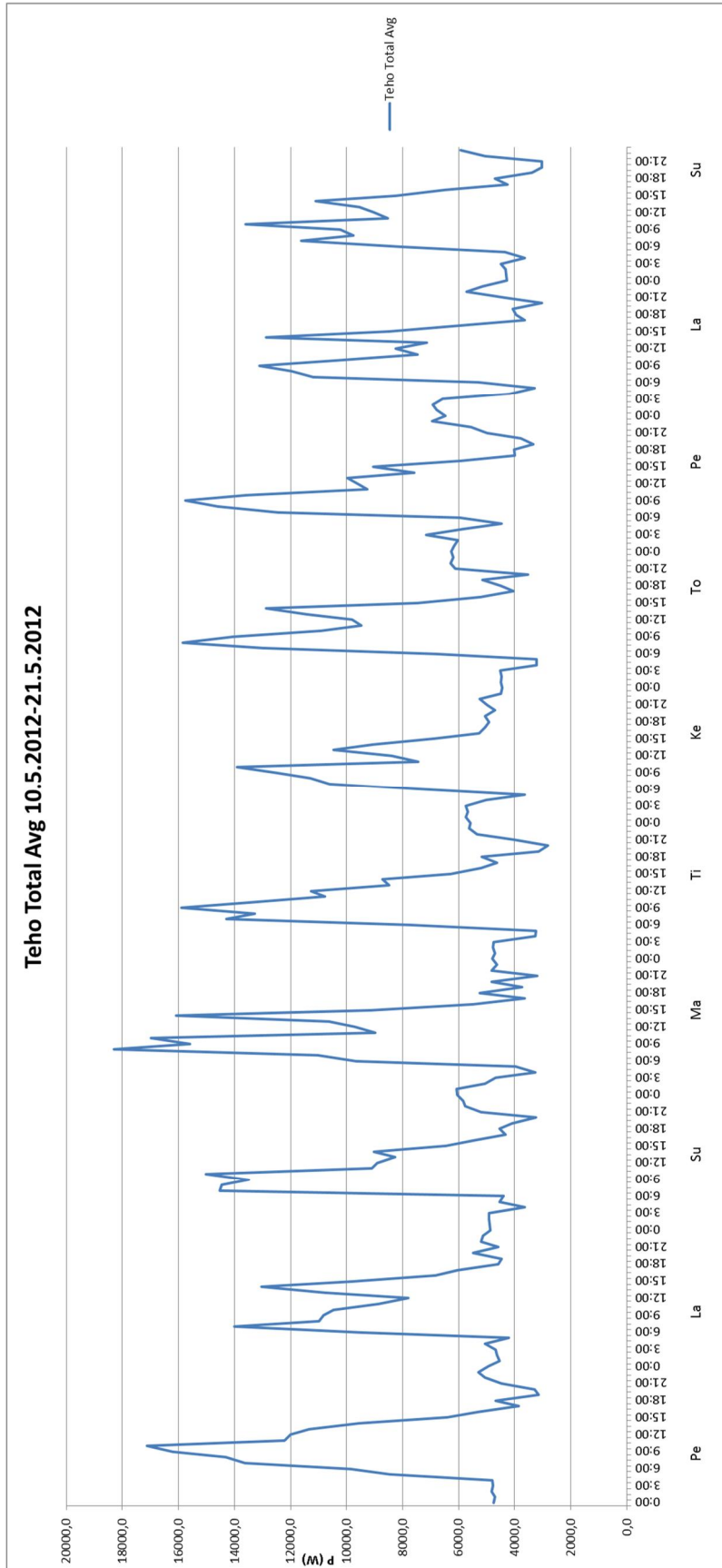


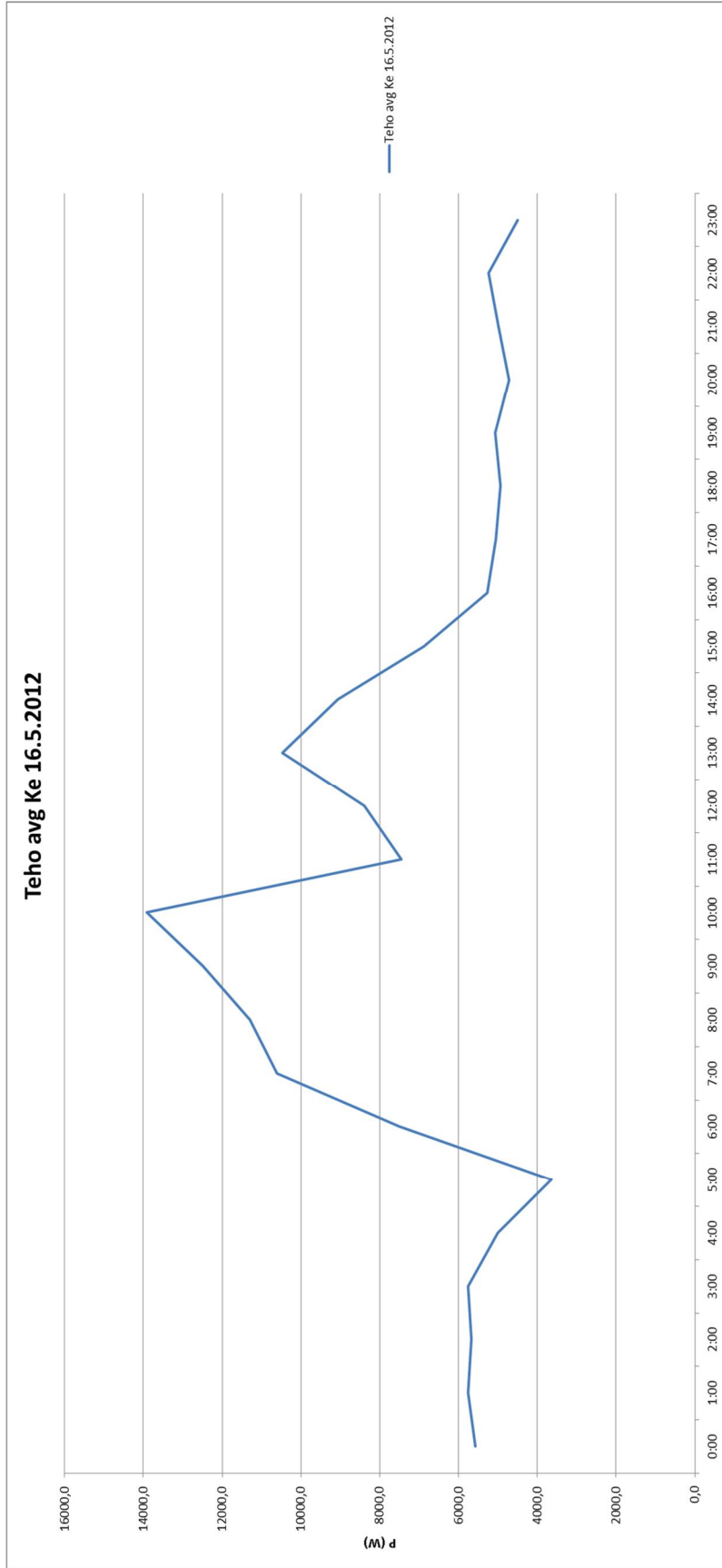




Päivä	Virta L1 avg(A)	Virta L2 avg (A)	Virta L3 avg (A)	Virta N avg (A)	Teho L1 avg (W)	Teho L2 avg (W)	Teho L3 avg (W)	Teho Total avg (W)	Energia (kWh)	Hinta(€)
4.5.2012	19,15	15,11	10,37	12,09	3349,14	2995,17	1980,41	8324,70	91,57	9,50
5.5.2012	17,13	12,35	11,79	9,90	2949,75	2460,45	2304,96	7715,20	185,16	19,20
6.5.2012	17,36	12,27	11,36	9,92	3020,45	2427,53	2185,01	7632,97	183,19	19,00
7.5.2012	19,44	16,46	14,98	9,71	3535,01	3372,08	3019,10	9926,20	238,23	24,70
8.5.2012	19,07	15,71	13,77	9,96	3537,39	3255,26	2822,75	9615,39	225,66	23,40
9.5.2012	18,77	13,93	14,27	9,37	3301,46	2836,94	2899,11	9037,49	216,90	22,49
10.5.2012	19,03	14,63	18,21	9,04	3506,69	2952,11	3798,75	10257,57	133,35	13,83
Päivä	Ruoka 1		Ruoka 2		Jälkiruoka		kWh/lautanen/pv	Hinta/lautanen (€)	kWh	Hinta(€)
Pe 4.5.2012	Hedelmainen possupata		Kaali-jauheliuhakeitto		Ruusumarjakisseli		-			0,1037
La 5.5.2012	Jauheliha-makaroni-laatikko				Kuningatarkeitto		3,09	0,32		
Su 6.5.2012	Riistakaristys				Appelsiiniäiti		3,05	0,32		
Ma 7.5.2012	Kaalikaaryleet		Broiler-kasviskeitto		Mansikka-vadelmakiisseli		3,97	0,41		
Ti 8.5.2012	Tonnikala-pastapalstos		Borssikeitto		Ananas-appels.kiisseli		3,76	0,39		
Ke 9.5.2012	Yrttiporsasta		Juusto-kasviskeitto		Mansikka vispipuuro					
To 10.5.2012	Broilerimureke		Kalakeitto		Marja-Kaurapaistos		3,61	0,37		
Energian keskimääräinen kulutus arkisin				226,93 kWh		23,53 €		kWh/lautanen	Hinta/lautanen	
Energian keskimääräinen kulutus viikonloppuisin				184,18 kWh		19,10 €				
Energiankulutus keskimäärin viikossa				1503,01 kWh		155,86 €				
Energiankulutus keskimäärin kuukaudessa				6012,02 kWh		623,45 €				
Energiankulutus keskimäärin vuodessa				72144,25 kWh		7481,36 €				

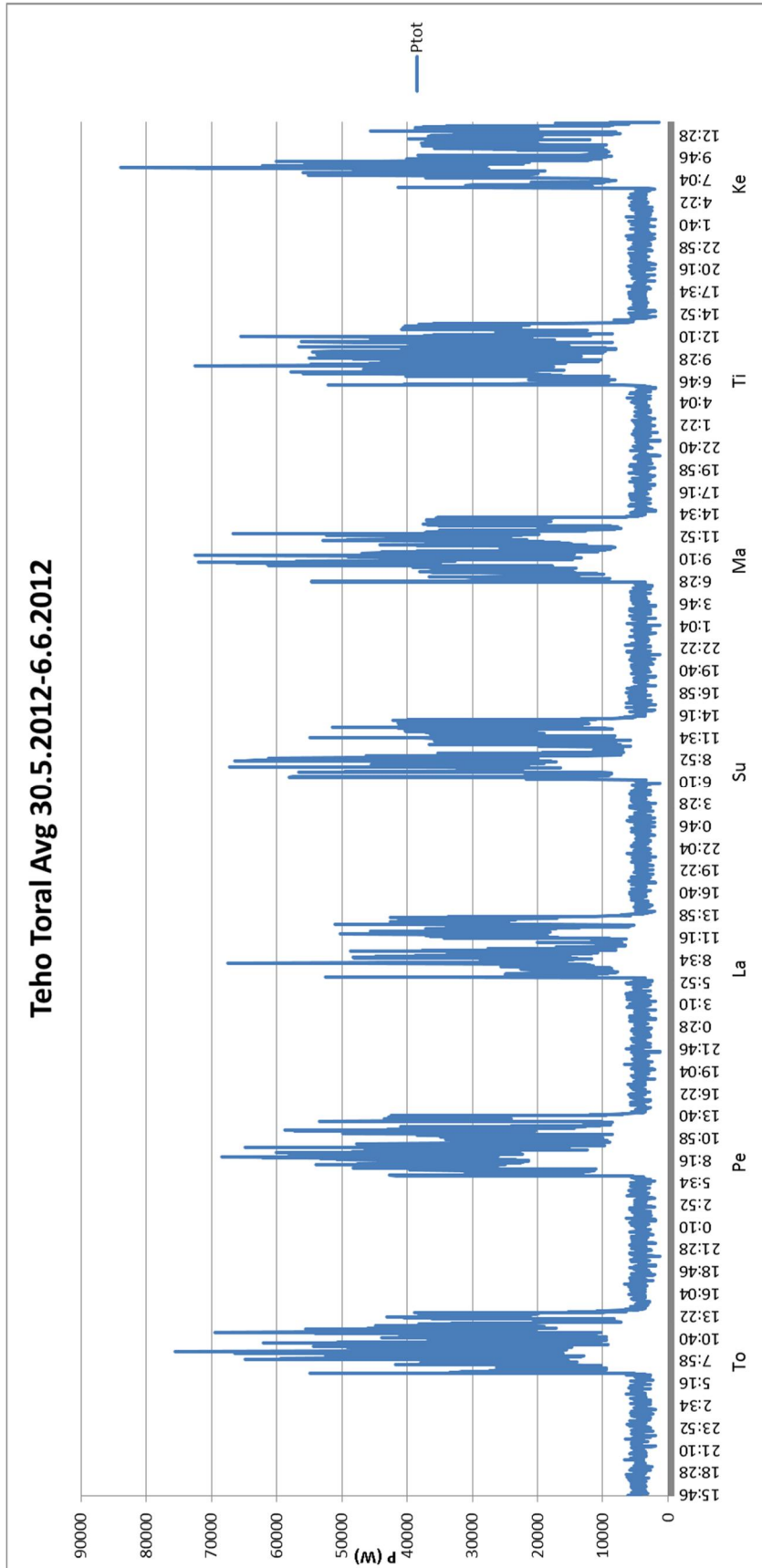
### Elimäen palvelukeskuksen mittaukset

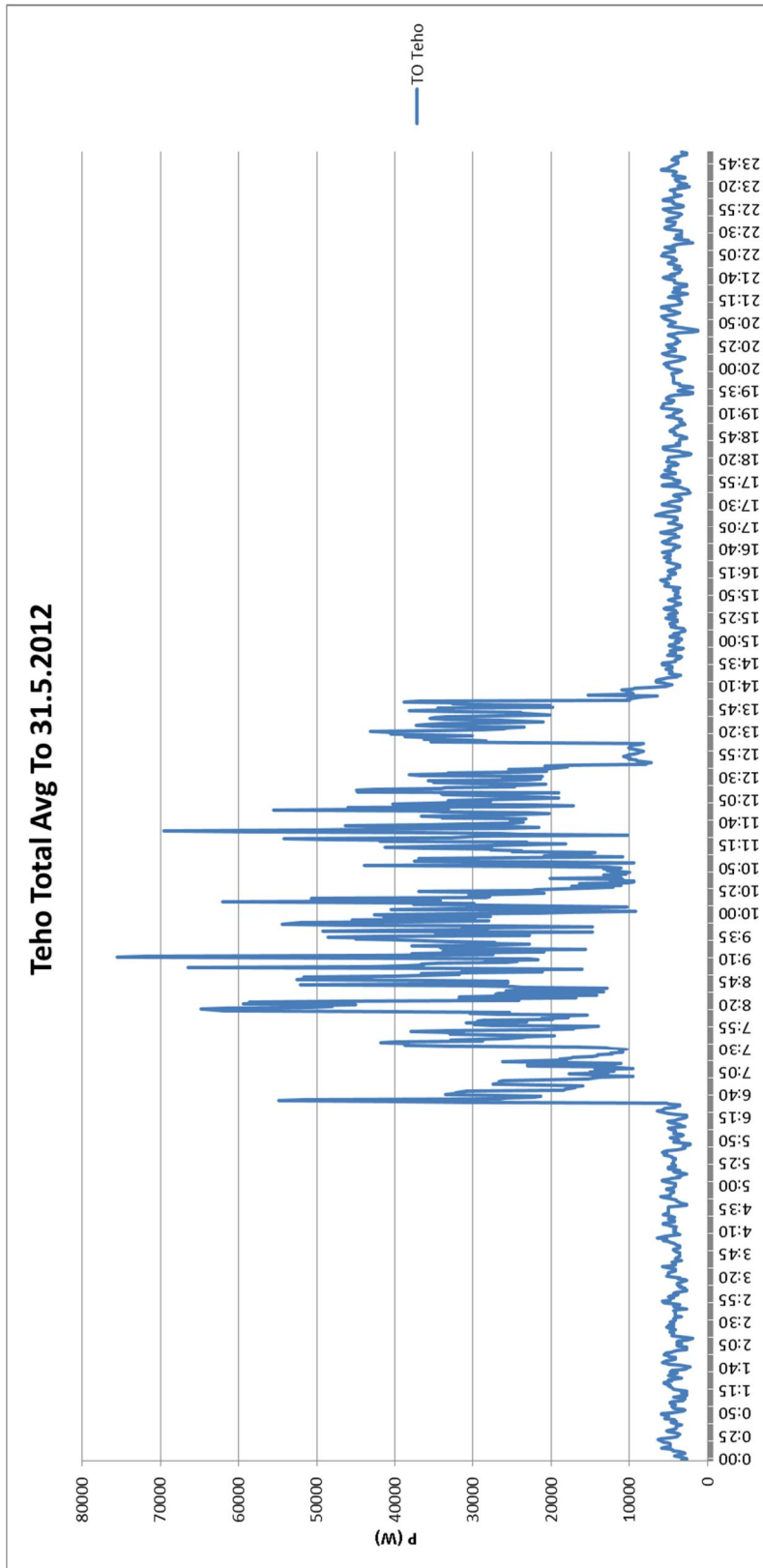




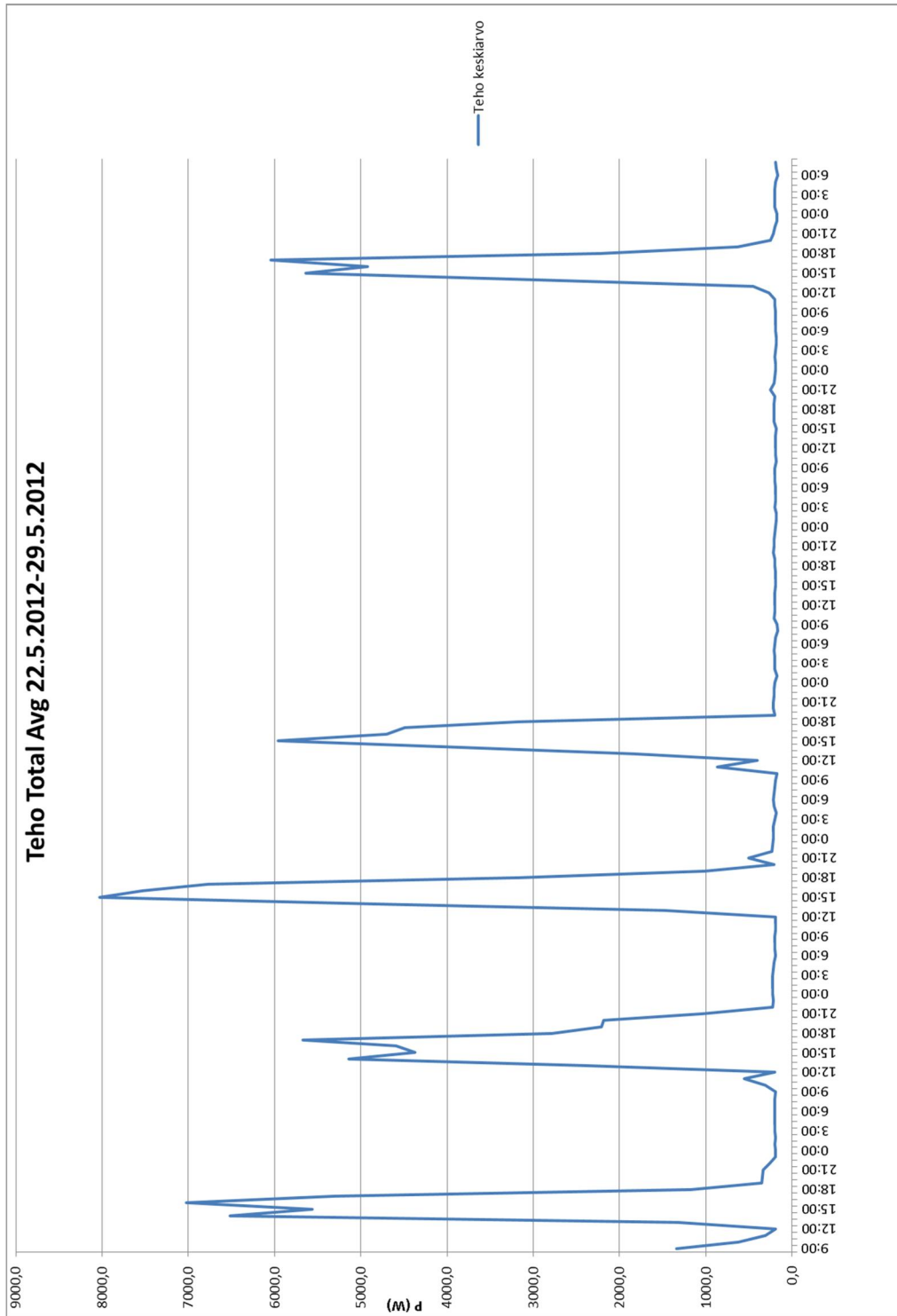


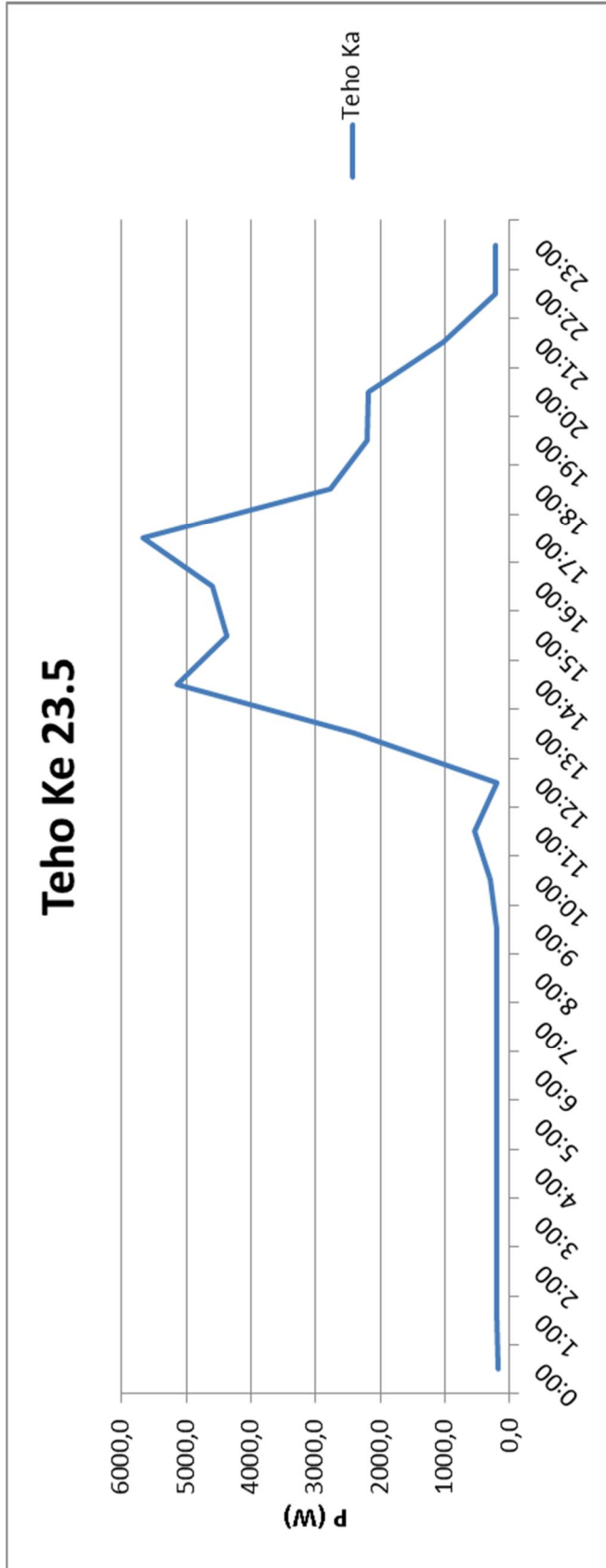
### Omenamäen mittaukset





### Loppukirin mittaukset







Päivä	Virta L1 Avg	Virta L2 Avg	Virta L3 Avg	Virta N Avg	Teho L1 Avg	Teho L2 Avg	Teho L3 Avg	Teho Total Avg	Energia (Wh)	Hinta(€)
Ti 22.5.2012	3,86	5,17	2,84	3,77	745,54	840,92	470,27	2056,71	30850,7	3,70
Ke 23.5.2012	2,91	4,02	1,90	3,03	515,39	644,86	251,49	1411,79	33882,9	4,07
To 24.5.2012	3,00	4,23	2,24	2,97	526,49	691,50	311,16	1529,14	36699,4	4,40
Pe 25.5.2012	2,36	3,62	2,12	2,71	383,29	532,42	274,33	1190,09	28562,1	3,43
La 26.5.2012	1,04	1,82	0,92	1,34	73,80	111,47	11,83	197,13	4731,1	0,57
Su 27.5.2012	1,04	1,74	1,00	1,32	74,01	110,80	12,99	197,78	4746,7	0,57
Ma 28.5.2012	2,45	2,68	2,42	2,80	403,57	336,86	355,39	1095,85	26300,5	3,16
Ti 29.5.2012	1,03	1,58	1,00	1,33	72,61	104,83	13,57	191,05	1719,5	0,21
Päivä	Ruoka 1		Ruokailijat	Ruoka 2		Ruokailijat	kWh/lautane	kWh hinta (€)	Hinta/lautanen(€)	
Ti 22.5.2012	Porokiusaus		34	Kesäkurpitsagratiini			0,91	0,12	0,109	
Ke 23.5.2012	Šieni-pinaattirisotto		36				0,94		0,113	
To 24.5.2012	Oliivitäytteinen lihamureke		29	Palsternakkapaistos			1,05		0,126	
Pe 25.5.2012	Lohi-kookoskeitto		30				0,95		0,114	
La 26.5.2012										
Su 27.5.2012										
Ma 28.5.2012	Siskonmakkarakeitto		28	Juureslinsseikitto			0,94		0,113	
Ti 29.5.2012										
Energian keskimääräinen kulutus arkisin				31,36 kWh			3,76 €			
Energiankulutus keskimäärin kun ruokaa ei laiteta				4,74 kWh			0,57 €			
Energiankulutus keskimäärin viikossa				166,28 kWh			19,95 €			
Energiankulutus keskimäärin kuukaudessa				665,14 kWh			79,82 €			
Energiankulutus keskimäärin vuodessa				7049,42 kWh			845,93 €		Kesällä 12 viikkoa ilman ruoanlaittoa	