



Teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön katselmus

Ville Peltonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

VILLE PELTONEN

Teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön katselmus

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2013

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suorittaa teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön katselmus Valkeakoskella sijaitsevaan Adara Pakkaus Oy –nimiseen yritykseen. Tavoitteena oli selvittää kiinteistösähkön sähkönkuluttajat ja mahdolliset säästökohteet.

Katselmus alkoi liikkeelle mittausten suunnittelusta jonka pohjalta suoritettiin mittaukset. Ajankohdaksi valittiin vuoden ensimmäinen viikko, jolloin tuotantoprosessit eivät olleet käynnissä.

Mittausten perusteella piirrettiin kuvaajat kiinteistösähkön kulutuksesta. Tulosten pohjalta laskettiin kunkin sähkönkäyttäjän arvioidut vuosikulutukset ja -kustannukset.

Työn tulokset osoittavat, että mahdollisia energiansäästämahdollisuuksia ovat energianseurannan kehittäminen, kattava rakennusautomaatio sekä sähkötariffin tarkastaminen. Energiaseurannan avulla pystytään määrittämään yrityksen sähköenergian kulutusprofiili, joka on avain säästötoimenpiteiden tehokkaaseen toteuttamiseen. Ohjaamalla rakennusautomaatiolla rakennuksen teknisiä laitteita pyritään minimoimaan energiankulutus, ja saamaan laitteista paras mahdollinen hyöty. Lisäksi tarkastamalla tehotariffin sopivuus, varmistetaan edullisimmasta vaihtoehdosta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electric Power Technology

VILLE PELTONEN
Property Energy Inspection of Industrial Building

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 2 pages
April 2013

The purpose of this thesis was to carry out property energy inspection of Adara Pakkaus Ltd industrial building located in Valkeakoski. The aim was to find out property electricity consumers and possible ways to save energy.

Energy inspection started with the planning of the measurements. Measurements were carried out on the basis of the planning. The date was chosen on the first week of the year, when the production processes were not running.

The Graphs of the property energy were drawn by the results of the measurements. Annual electricity consumption and costs were calculated based on the results.

The outcome of this thesis are opportunity for energy savings by energy monitoring development, a comprehensive building automation, and verification of electricity tariff. With energy monitoring, it is possible to determine the electrical energy consumption profile of the company, which is the key to the effective implementation of cost-saving measures. By controlling building technical equipment with building automation it is attempted to minimize the energy consumption, and to get the best possible benefit of the electronic devices. By checking the suitability of tehotariff, the most favorable electricity tariff option can be ensured.

Key words: property energy, energy consumption , industrial building

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TEOLLISUUDEN KIINTEISTÖSÄHKÖ.....	8
2.1	Kiinteistösähkön katselmuksen sisältö	8
2.2	Säästöjen laskenta	8
2.3	Adara Pakkaus Oy:n sähkönkulutus	9
3	KIINTEISTÖSÄHKÖKATSELMUKSEN SUORITTAMINEN	12
3.1	Kohteeseen tutustuminen	12
3.2	Mittausten suunnittelu.....	12
3.3	Mittauksien suorittaminen	13
4	SÄHKÖNKULUTTAJIEN PERUSKARTOITUS	16
4.1	Valaistus.....	16
4.1.1	Valaistus tuotannon ollessa seis	16
4.1.2	Valaistus tuotannon ollessa käynnissä	17
4.2	Lämmittimet.....	18
4.3	Ilmanvaihto	19
4.4	Erilaiset pienemmät sähkölaitteet	20
4.5	Koko kiinteistösähkö	21
4.5.1	Koko kiinteistösähkön jakauma, kun tuotantoprosessit eivät ole käytössä	21
4.5.2	Koko kiinteistösähkön jakauma tuotannon ollessa käynnissä	22
5	SÄHKÖN OSTO- JA SIIRTOTARIFFI	24
5.1	Sähkötariffi	24
5.2	Adara Pakkaus Oy:n tariffi	24
6	KIINTEISTÖSÄHKÖN VUOSIKOHTAINEN HINTALASKELMA	25
7	KIINTEISTÖN ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET.....	27
7.1	Sähköjärjestelmien liittäminen rakennusautomaatioon	27
7.2	Kiinteistön energianseurannan kehittäminen	29
7.3	ABC-analyysi.....	31
7.4	Energiansäästö valaistuksesta	32
7.5	Energiansäästö lämmittimistä	33
7.6	Energiansäästö ilmanvaihdosta.....	33
7.7	Sähkötariffin tarkistus	33
7.7.1	Tehonrajoitus yhdessä tehotariffin kanssa	34
8	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET	38

Liite 1. Adara Pakkaus Oy:n sähkönkulutus kesäkuussa 2012 ja lokakuussa 2012	38
Liite 2 Sähkön syötön piirikaavio.....	39

LYHENTEET JA TERMIT

W	watti, tehon yksikkö
kW	kilowatti, tehon yksikkö, 1 000 wattia
MW	megawatti, tehon yksikkö, 1 000 000 wattia
Wh	wattitunti, energianyksikkö
kWh	kilowattitunti, energian yksikkö 1 000 wattituntia
MWh	megawattitunti, energian yksikkö 1 000 000 wattituntia
V	voltti, jännitteen yksikkö
VA	voltiampeeri, näennäistehon yksikkö

1 JOHDANTO

Maapallon uusiutumattomat energiavarat ovat rajalliset. Tuotettaessa 1 kWh sähköenergiaa joudutaan käyttämään primäärienergiaa 3 kWh. Sähkön tuottaminen fossiilisilla polttoaineilla lisää ympäristön saastekuormien määrää, kun taas uusiutuvien energianlähteiden tuotantoprosessi on pääsääntöisesti kalliimpaa. Ydinvoimaan liittyy puolestaan erilaiset ympäristöriskit, sekä loppusijoitusongelma radioaktiiviselle polttoaineelle.

Sähkön hintojen nousu ja kasvihuonepäästöt ovat lisänneet ihmisten mielenkiintoa sähkön säästämiseen. Vuonna 2011 Suomessa suurin sähkönkuluttaja oli teollisuus, jonka osuus oli lähes puolet Suomen sähkönkulutuksesta.

Teollisuudessa sähköenergiaa kuluu itse tuotantoprojektin lisäksi kiinteistön valaistukseen, ilmanvaihtoon ja lämmitykseen. Nämä tekijät muodostavat teollisuuskiinteistössä kiinteistösähkön.

Tämän insinööriyön aiheena on selvittää, mistä koostuu Valkeakoskella sijaitsevan Adara Pakkaus Oy:n teollisuusrakennuksen kiinteistösähkö. Tavoitteena on myös selvittää, minkälaisilla toimenpiteillä sähkön kulutusta voitaisiin pienentää. Teollisuusrakennuksen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö, joten rakennuksen lämmitystä ei oteta huomioon tässä työssä. Ainoat sähkölämmittimet olivat porttikopin lämmitys sekä räystäs- ja asfaltinlämmittimet.

2 TEOLLISUUDEN KIINTEISTÖSÄHKÖ

Teollisuudessa kiinteistösähkön osuus on merkittävä. Joillain teollisuuden aloilla kiinteistösähkön osuus on jopa 70 % sähköenergian kokonaiskulutuksesta (Motiva). Jokaisella teollisuusyrityksellä on oma sähköenergian kulutusprofiili. Tämä profiili tulisi tietää mahdollisimman tarkkaan, jotta energiantehokkuustoimet kohdistuisivat juuri säästön kannalta suurimpiin kohteisiin.

Perinteisesti teollisuusrakennuksissa kiinteistösähkön kulutuksesta suurimman osan vievät valaistus (40 %) ja LVI-laitteet (40 %), loput 20 % kuluu muihin, pienempiin sähkölaitteisiin.

2.1 Kiinteistösähkön katselmuksen sisältö

Energiakatselmuksset ovat kokonaisvaltaisia selvityksiä rakennuksen energiankäytöstä ja niiden perusteella määritetään kannattavat tehostamismahdollisuudet. Kiinteistösähköraportissa käsitellään kohteen sähkönkäytön nykytilanne, sekä esitetään mahdollisia säästötoimenpiteitä.

Energiankäytön tehostamistoimenpiteet tuovat yrityksille suoraa taloudellista hyötyä ja vähentävät kasvihuonepäästöjä. Katselmuksen kiinteistösähköraportti tehostamisehdotuksineen antaa yritykselle hyvän pohjan pysyville säästötoimenpiteille. Energian järkevä käyttö on kauaskatseista, vastuullista ja taloudellisesti kannattavaa. (MOTIVA)

2.2 Säästöjen laskenta

Säästöt lasketaan yleensä käsin tai käyttämällä apuna laskentaohjelmia. Laskelmat tulee suorittaa käyttäen ajantasaisia hintatietoja. Säästöjä laskiessa tulee ottaa huomioon sekä sähkön myyntihinta, että sähkön siirtohintaa. On tärkeää myös muistaa, ettei säästöjä laskiessa arvioida mahdollisia hintamuutoksia.

2.3 Adara Pakkaus Oy:n sähkönkulutus

Tässä insinööriyössä on tarkoitus selvittää, mistä johtuu suuri kiinteistösähkön osuus Adara Pakkaus Oy:n teollisuuskiinteistössä. Kyseinen kiinteistö on liitetty Tervasaaren tehtaat UPM:n keskijänniteverkkoon ja sähköenergia ostetaan Valkeakosken Energialta.

Liitteessä 1 on esitelty Adara Pakkauksen tuntikohtainen sähkönkulutus kesä- ja lokakuussa 2012. Kuten liitteestä nähdään, huipputehot ovat kesäkuussa 1070 kW ja lokakuussa 1125 kW. Koko kesäkuun sähkönkulutus oli 454 MWh ja lokakuun 531 MWh. Kesäkuun kohdalla nähdään juhannuksen vaikutus. Silloin sähkönkulutus on usean päivän ajan pientä. Tämä heijastuu koko kuukauden kokonaissähkönkulutukseen, joka on huomattavasti pienempi kuin lokakuussa.

Liitteen 1 kuvaajista nähdään, että viikonloppuisin tuotannon ollessa pysähdyksissä, kulutus putoaa välille 190–400 kW. Tämä energiankulutus on suurimmalta osalta kiinteistösähköä. Etenkin kesäkuun päivät 20–24 ovat lähes täysin kiinteistösähköä, koska juhannuksena koneita ei ole jätetty tyhjäkäynnille.

Taulukossa 1 on esitelty Adara Pakkauksen vuoden 2012 sähkönkulutus kuukausittain, sekä kuukausittainen huipputeho. Koska joulukuun huipputeho ei ole tiedossa, se on arvioitu yhtä suureksi kuin marraskuun huipputeho. Kuten taulukosta näkyy, vuoden 2012 kulutus oli 6068 MWh ja koko vuoden huipputeho on ollut tammikuussa suuruudeltaan 1279 kW.

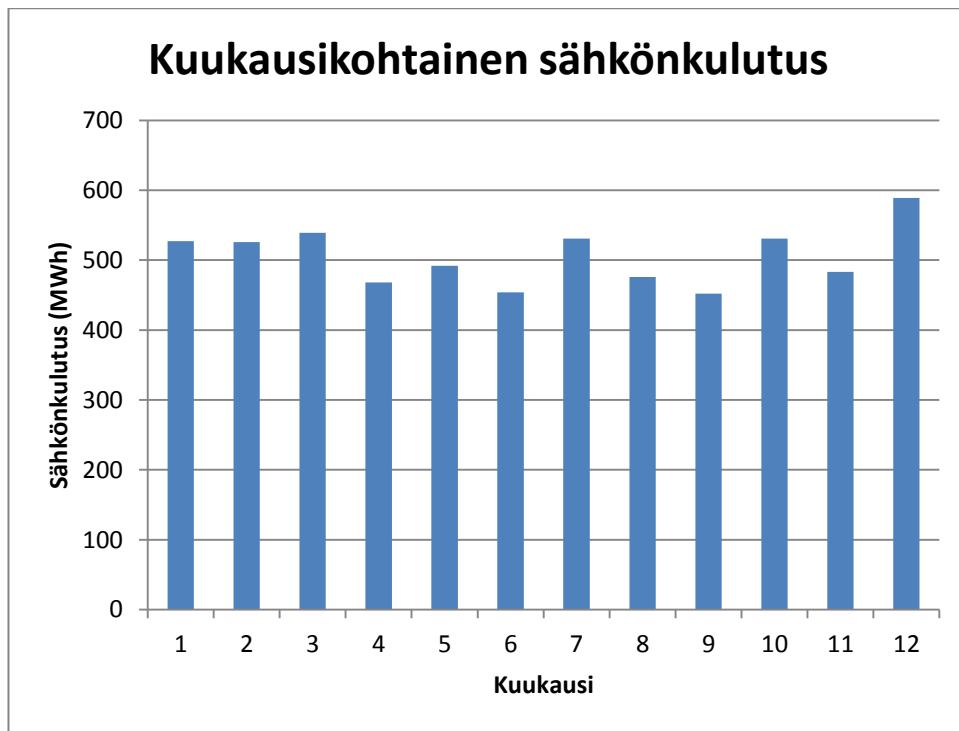
Taulukko 1 Kuukausikohtainen sähkönkulutus

Kuukausikohtainen sähkönkulutus

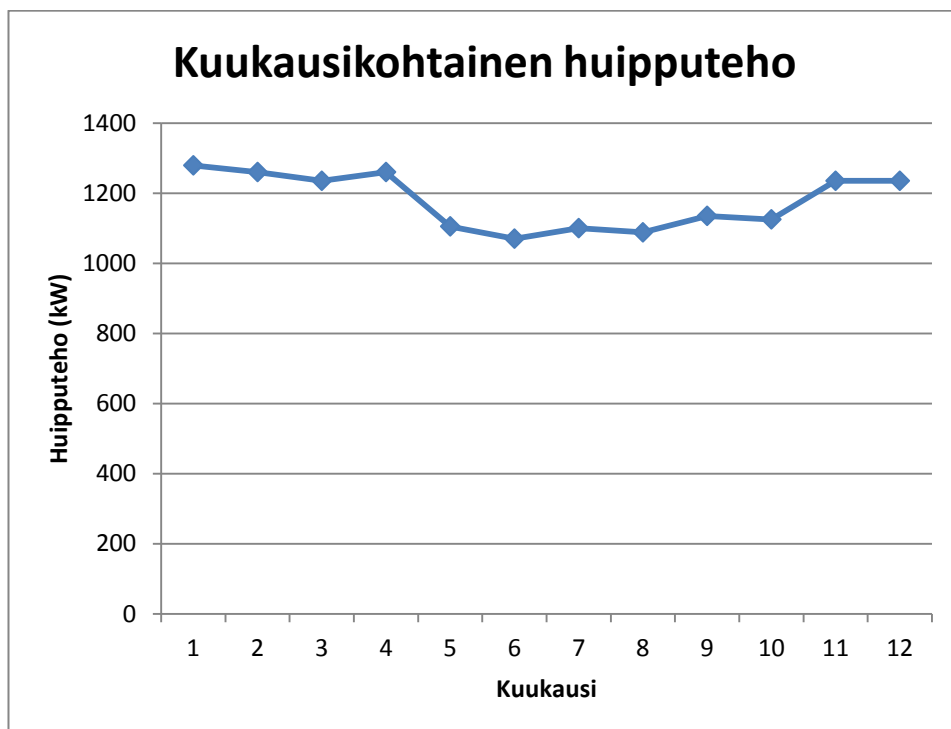
2012

Kuukausi	Energia (MWh)	Huipputeho (kW)
Tammikuu	527	1279
Helmikuu	526	1260
Maaliskuu	539	1235
Huhtikuu	468	1260
Toukokuu	492	1105
Kesäkuu	454	1070
Heinäkuu	531	1100
Elokuu	476	1088
Syyskuu	452	1135
Lokakuu	531	1125
Marraskuu	483	1235
Joulukuu (arvioitu)	589	1235
		Maksimi
Yhteensä	6068	1279

Taulukon 1 perusteella on piirretty kuviot 1 ja 2. Kuviossa 1 on esitelty pylväsdiagrammeilla kuukausikohtainen sähkön kokonaiskulutus. Kuvioista nähdään, että kuukausikohtainen kulutuksen vaihtelu on pientä. Kuviossa 2 näkyy huipputehon suuruus kuukausittain. Myös huipputehon kuukausikohtainen vaihtelu on pientä.



Kuvio 1 Kuukausikohtainen sähkönkulutus



Kuvio 2 Kuukausikohtainen huipputeho

3 KIINTEISTÖSÄHKÖKATSELMUKSEN SUORITTAMINEN

Pelkästään laskemalla kiinteistösähkön katselmusta ei voi suorittaa, vaan mittaukset luovat perustan katselmukselle. Mittauksien avulla saadaan hyvä kokonaiskuva teollisuusyrityksen sähkön kuluttajista, ja näin voidaan paneutua energiatehokkuustoimissa säästön kannalta suurimpiin kohteisiin.

3.1 Kohteeseen tutustuminen

Ensimmäiseksi tutustuttiin kiinteistöön. Tutustumisen yhteydessä sain kohteen sähkökuvat. Sähkökuvat on esitelty liitteissä 2. Teollisuuskiinteistö kierrettiin läpi teollisuusprosessien ollessa käynnissä ja kartoitettiin kohteen suurimmat kiinteistösähkön kuluttajat. Erityisesti huomiota kiinnitettiin kiinteistön valaistukseen ja erilaisiin asfaltinlämmittämiin, joiden epäiltiin olevan suurimmat kuluttajat.

Liitteessä 2 on esitelty Adara Pakkauksen sähkönsyötön piirikaavio. Kohteesta on käytössä yksi 20 / 0,4 kV ja yksi 6 / 0,4 kV muuntaja, sekä varalla on yksi 20 / 0,4 kV muuntaja.

3.2 Mittausten suunnittelu

Mittaustyö alkaa kohteen piirustuksiin tutustumalla. Niitä läpikäymällä selvitetään mahdolliset paljon energiaa kuluttavat kohteet. Ennen varsinaisten mittausten aloittamista suunniteltiin mittauspaikat sekä mittauksen ajankohta.

Kohteen teollisuushalli on kohtalaisen vanha, joten sähkökaappien takana oli usein sekä teollisuusprosesseja, että kiinteistökuormaa. Täten sopivaksi ajankohdaksi valittiin vuoden 2013 ensimmäinen viikko, jolloin tuotantoprosessit eivät olleet kiinteistössä käynnissä.

Mittauspaikkojen suunnittelu toteutettiin sähköpiirustusten perusteella. Usein samantyyppiset energiankuluttajat jakautuivat monen sähkökeskuksen alueelle, joten

mittauspisteitä kullekin kulutustyyppille piti suunnitella useita. Osa sähköpiirustuksista oli myös hieman epäselviä lukuisten muutoksien takia. Tämä johti siihen, että jotkin mittauspaikat selvisivät vasta mittausten teon yhteydessä.

3.3 Mittauksien suorittaminen

Mittauksia varten Adara Pakkaus Oy:ltä löytyi tarkoitukseen sopiva mittalaite. Mittalaitena toimi Fluke 1975 kolmivaiheinen sähkönlaadun tiedonkeruulaite. Fluke mittasi jännitteen ja virran sekä laski näiden perusteella pätötehon (kW) ja näennäistehon (kVA) senhetkiset arvot. Sähkötyöturvallisuuden varmistamiseksi mittausten kytkemisen suoritti yrityksen sähköasentaja, jolla oli tehtävään tarvittava pätevyys ja lupa.

Kuvassa 1 on esitelty yhden mittauspisteen kytkentä. Kuten kuvasta selviää, virtamittaus on suoritettu virtapihdeillä keskuksen syöttökaapeleista ja jännitemittausta varten on kytketty hauenleuat.



Kuva 1 Mittausten tekeminen

Valaistuskormaa oli sisällä teollisuushallissa, lastaus- ja säilytyshalleissa, toimistoissa sekä ulkona. Lämmitysvastuksien kulutusta kohteessa selvitettiin pihalla olevista asfaltin-, räystäään- ja liuskanlämmittimistä. Vahtimestarin rakennuksen lämmitysmuotona oli sähkölämmitys, joten sen kulutus mitattiin myös. Kulutukset selvitettiin lisäksi serverihuoneesta sekä taajuusmuuttajakäyttöisiltä pumpuilta.

Koska teollisuusprosessit eivät olleet käynnissä mittausten aikana ja mittaukset suoritettiin talvella, piti ottaa huomioon myös ilmanvaihto ja toimistojen ilmastointikoneet. Ilmanvaihto päätettiin kytkeä käsiohjauksella mittauksen ajaksi päälle. Ilmastoinnin kulutuksen määrittäminen suoritettiin siten, että yhden ilmastointilaitteen kulutus selvitettiin mittaamalla ja laskettiin vastaavien ilmastointilaitteiden määrä kiinteistössä.

4 SÄHKÖNKULUTTAJIEN PERUSKARTOITUS

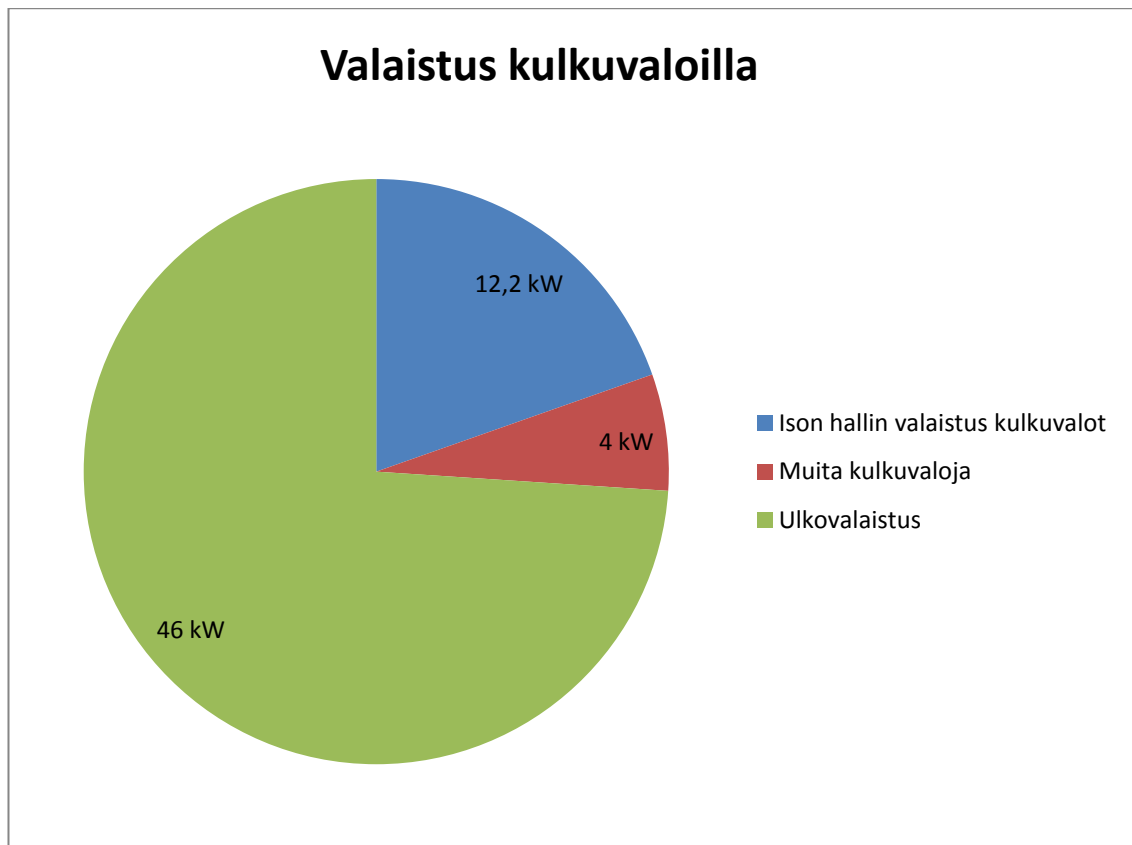
Sähkökuluttajia kartoitettaessa kuluttajat jaettiin neljään kategoriaan, valaistus, lämmittimet, ilmanvaihto sekä erilaiset pienemmät kuluttajat. Kukin kategoria lajiteltiin vielä sisäisesti pienempiin kategorioihin. Kustakin luokasta on piirretty kuvaaja eri sähkökuluttajien osuuksien hahmotuksen helpottamiseksi. Lisäksi kuvaajat on tehty myös kokonaiskulutuksesta.

4.1 Valaistus

Sisävalaistus on toteutettu energiansäästölampeilla. Sisävalaistusta ohjataan tilakohtaisilla käsikytkimillä. Ulkovalaistus on toteutettu pylväs- ja kattovalaisimilla, joissa oli myös energiansäästölamput. Ulkovalaistuksen ohjauksen suorittaa hämäräkytkin, mutta myös käsinkytkentä on mahdollista.

4.1.1 Valaistus tuotannon ollessa seis

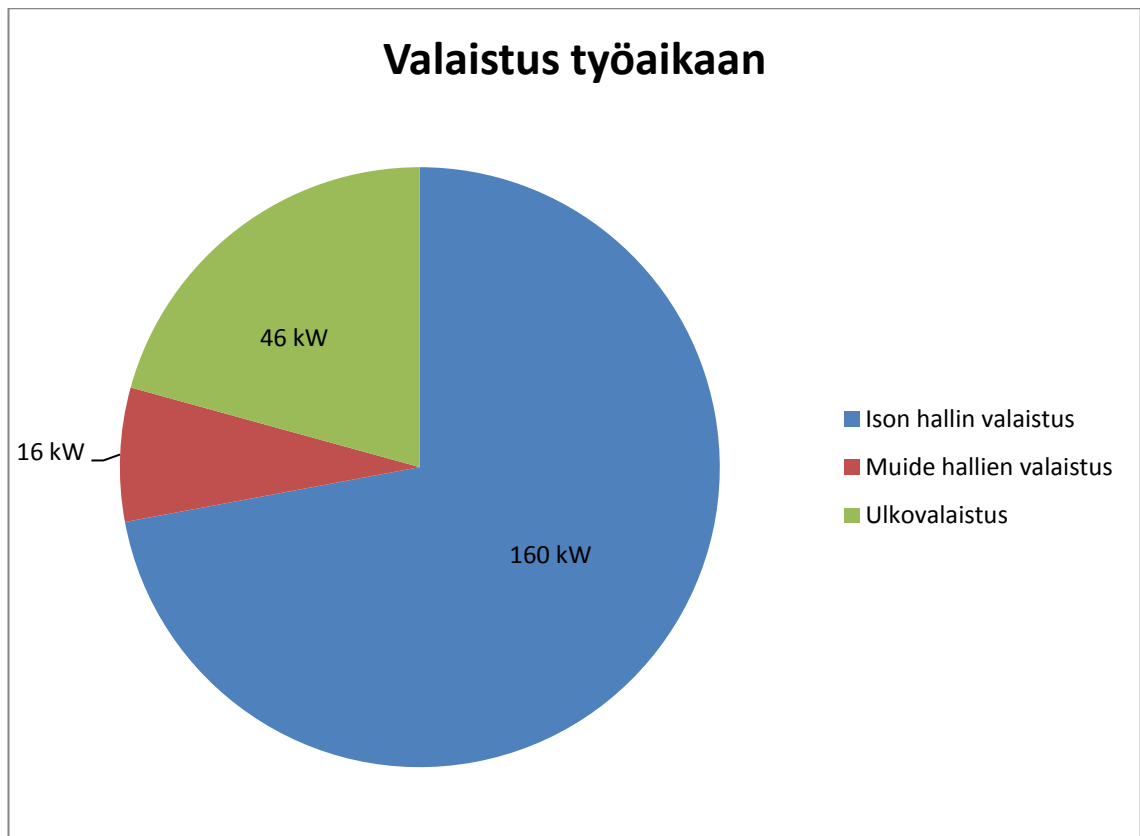
Kulkuvalaistuksen sähkökulutus on esitelty kuviossa 3. Valaistuksen kuluttama teho kokonaisuudessaan kulkuvaloilla on 62,2 kW. Kuten kuviosta nähdään, ulkovalojen osuus sähkökulutuksesta on merkittävä, lähes 75 %. Itse kiinteistön valaistuksen osuus koko valaistuksesta on vain noin neljännes. Kiinteistön sisällä suurimman osan energiasta kuluttaa ison hallitilan kulkuvalaistukset.



Kuvio 3 Valaistus kulkuvaloilla

4.1.2 Valaistus tuotannon ollessa käynnissä

Valaistuksen sähkönkulutus työaikaan, jolloin kaikki valaisimet ovat päällä, on esitetty kuviossa 4. Valaistuksen kuluttama teho kokonaisuudessaan työaikaan on 222 kW. Kuten kuviosta nähdään, ison hallin valaistuksen tehonkulutus kaikkien valaisimien ollessa päällä kasvaa yli kymmenkertaiseksi verrattuna pelkästään kulkuvalojen tehonkulutukseen. Tämä johtaa siihen, että ison hallin energiankulutus on reilusti suurin osa valaistuksen energiankulutuksesta.

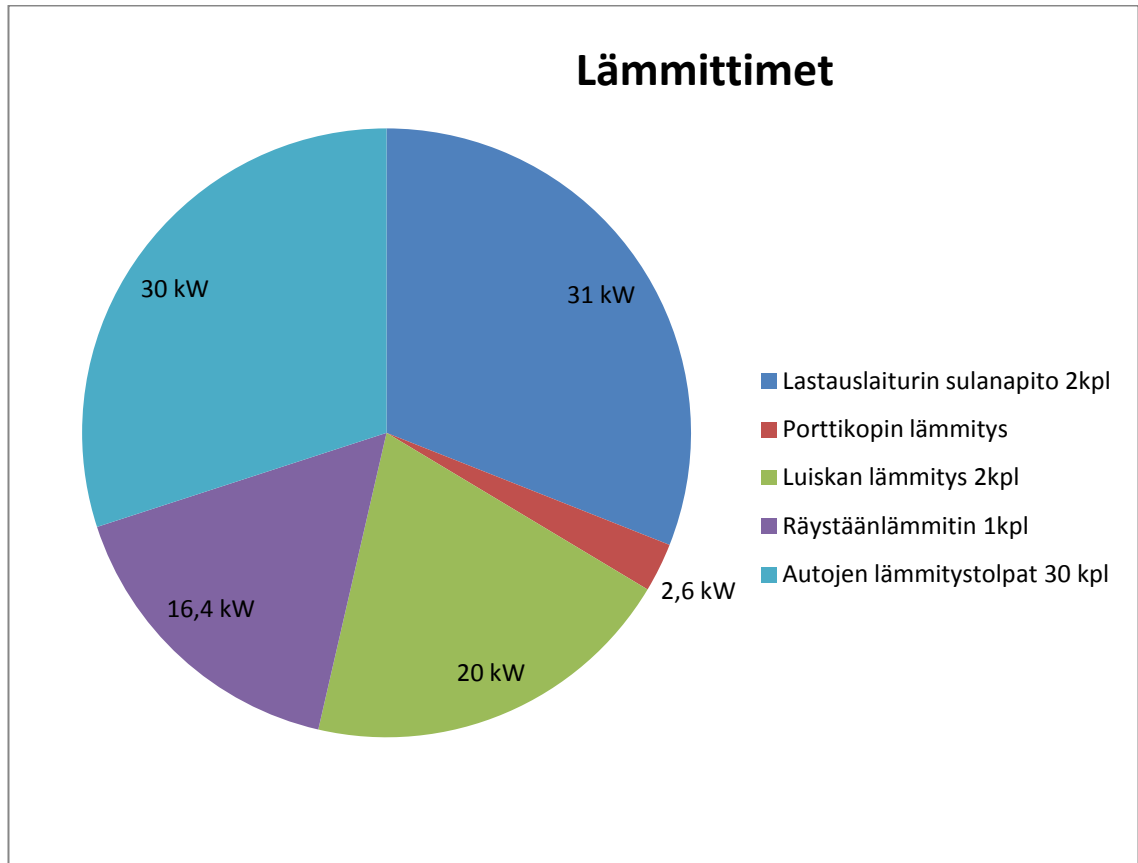


Kuvio 4 Valaistus työaikaan

4.2 Lämmittimet

Kiinteistössä on 2 kappaletta lastauslaiturin sulanapitolämmittimiä ja 2 kappaletta liuskojen sulanapitolämmittimiä. Näiden toiminnan määräksi maahan asennetut termostaatit. Kiinteistössä on räystäänlämmittimet sadevesien sulanapitoa varten. Näiden toimintarajat on asetettu välille $-5..5$ °C. Parkkipaikalla on autojen lämmitystolppia, joita on käytössä ajateltu olevan yhtä aikaa 30 kappaletta. Lisäksi vartijan porttikopin lämmitysmuotona on sähkölämmitys, joka tulee ottaa myös huomioon.

Kiinteistössä olleiden lämmittimien sähkönkulutus näkyy kuvio 5. Lämmittimien kokonaiskulutus on 100 kW. Suurimman osan lämmittimien sähkönkulutuksesta vievät lastauslaiturien lämmittimet kuluttaen yhteensä 31 kW, sekä autojen moottorin- ja sisätilanlämmittimet kuluttaen 30 kW. Liuskanlämmittimistä kumpikin käyttää sähköä 10 kW. Niistä toinen ei kuitenkaan toiminut mittauksien aikana. Räystäänlämmittimen ollessa toiminnassa sen kulutus on 16,4 kW. Vartijan porttikopin lämmityksen energiankulutus on minimaalinen osuus, 2,6 kW.

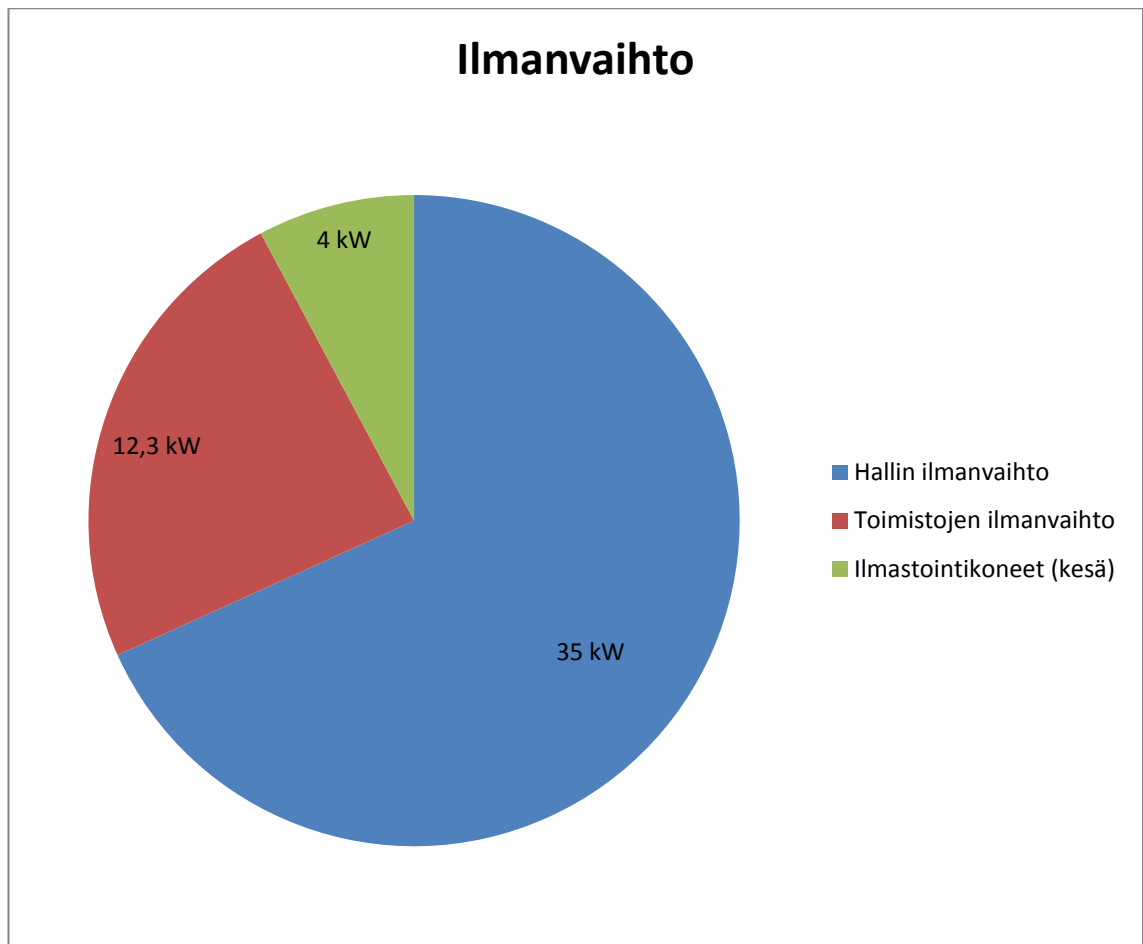


Kuvio 5 Lämmittimet

4.3 Ilmanvaihto

Kiinteistön ilmanvaihdon sähkösyöttö oli jaettu kahdelle eri keskukselle. Toinen keskuksista syötti hallien ilmanvaihtoa ja toinen toimistojen ilmanvaihtoa. Mittausajankohtana hallin ilmanvaihto ei ollut päällä, koska tuotanto ei ollut käynnissä. Niinpä ilmanvaihto kytkettiin manuaalisesti päälle. Yksittäisistä toimistoista eripuolella kiinteistöä löytyi myös erillinen ilmastointikone. Näiden ilmastointikoneiden määrä laskettiin ja mitattiin yhden koneen kulutus.

Ilmanvaihdon kulutus on esitetty Kuviossa 6. Ilmanvaihdon kokonaiskulutus on 51,3 kW. Hallin ilmanvaihto kuluttaa reilusti suurimman osan, lähes 70 % kiinteistön kokonaisilmanvaihdon kulutuksesta. Toimistojen ilmanvaihdon osuus kokonaiskulutuksesta on vain 23 %. Kesäisin toimivat ilmastointikoneet kuluttavat vain alle 10 % ilmanvaihdon kulutuksesta.

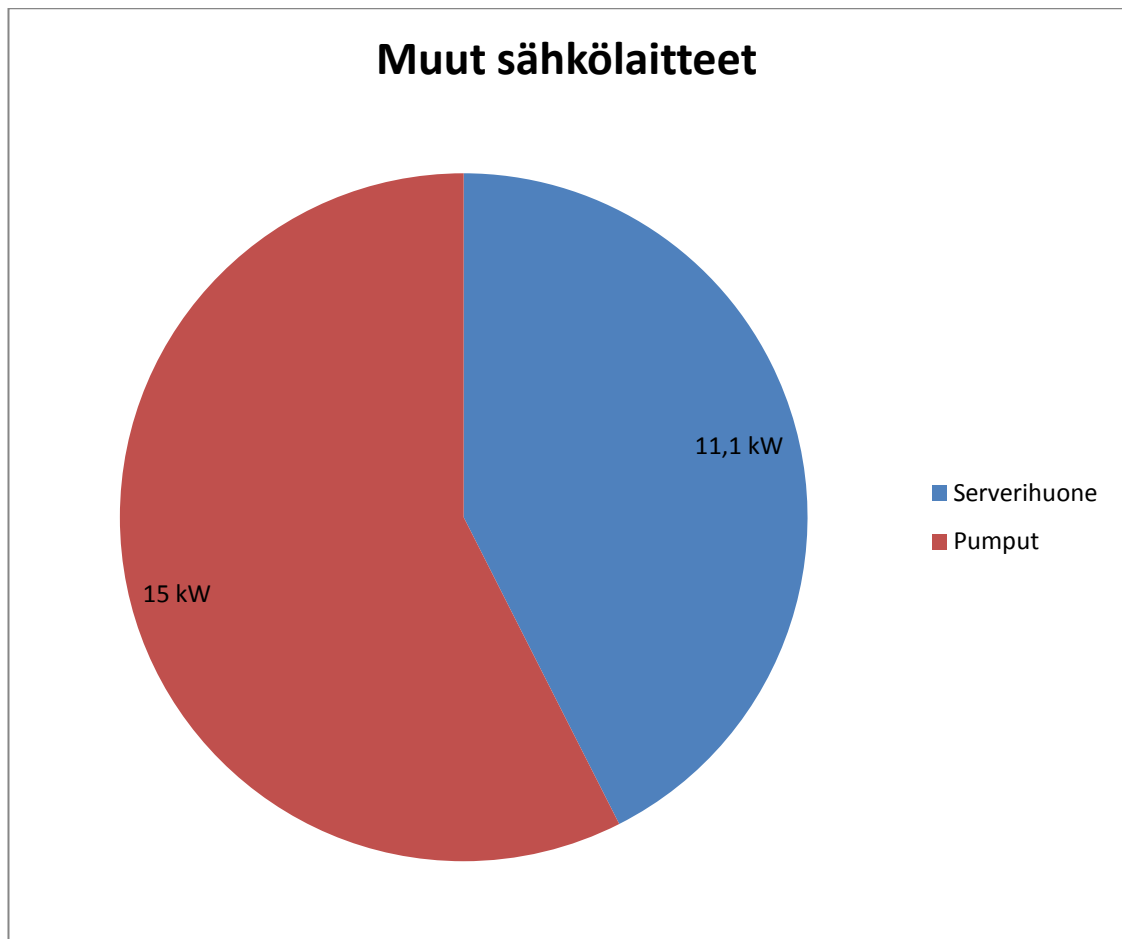


Kuvio 6 Ilmanvaihto

4.4 Erilaiset pienemmät sähkölaitteet

Muiden pienempien sähkölaitteiden mittauksia suoritettiin erilaisille taajuusmuuttajakäyttöisille pumpuille, sekä serverihuoneelle. Kiinteistössä on myös erilaisia sekoitinmoottoreita, jotka pyörivät harvakseltaan ympäri vuorokauden. Näiden moottoreiden kulutusta ei voitu mittaushetkellä mitata, johtuen mittauksien ajankohdasta.

Pienempien sähkölaitteiden kulutus on esitetty Kuviossa 7. Näiden yhteenlaskettu teho on 26,1 kW. Tästä 15 kW kuluttaa serverihuone ja 11,1 kW taajuusmuuttajakäyttöiset pumput.



Kuvio 7 Muut sähkölaitteet

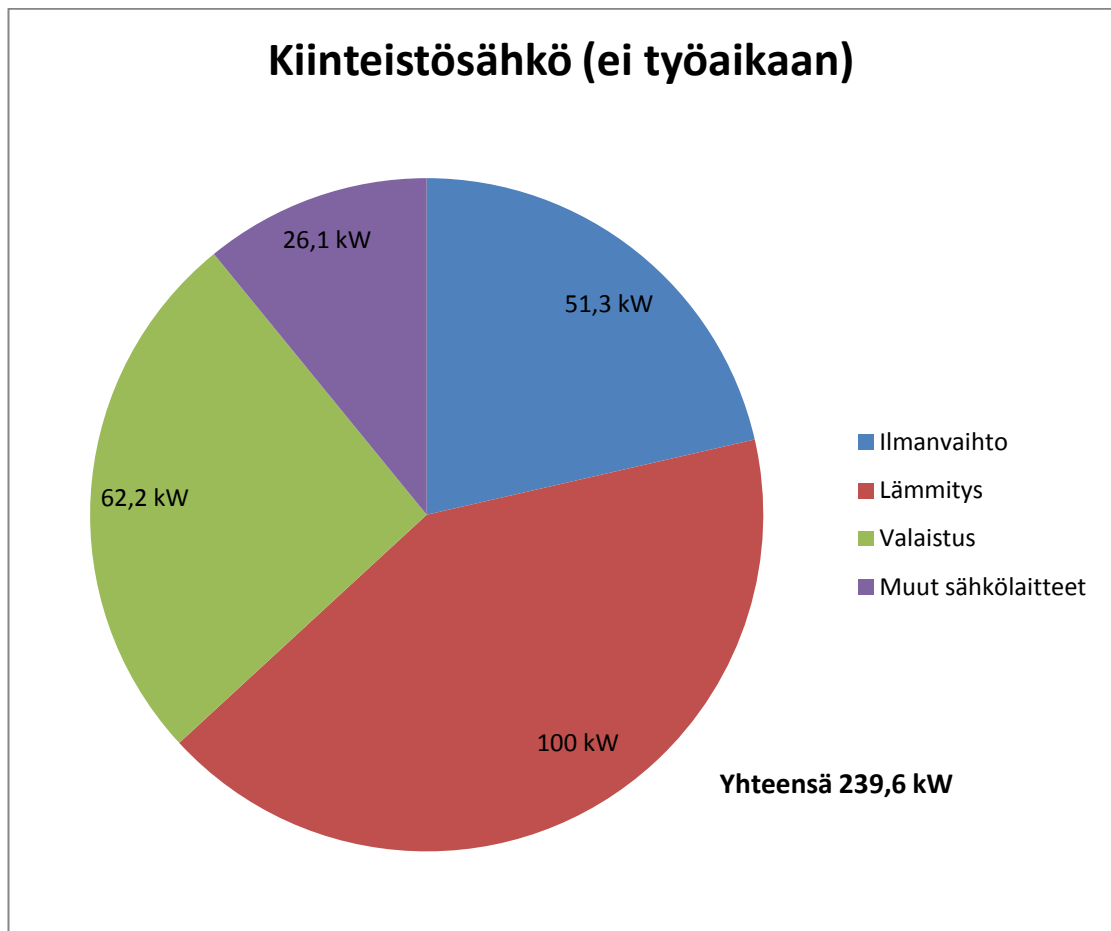
4.5 Koko kiinteistösähkö

Koko kiinteistösähkön tehojakaumista on tehty kuvaajat, jotka on jaoteltu neljään kategoriaan. Nämä kategoriat on esitetty kappaleessa 4.1–4.4. Tehojakaumat on tehty tuotannon ollessa pysähdyksissä ja tuotannon ollessa käynnissä.

4.5.1 Koko kiinteistösähkön jakauma, kun tuotantoprosessit eivät ole käytössä

Kokon kiinteistösähkön jakauma, kun tuotantoprosessit eivät ole käytössä, on esitetty kuviossa 8. Kokonaistehoksi saatiin noin 240 kW. Liitteestä 1 selvinnyt viikonloppujen kulutus on 200 – 400 kW. Mittauksista saatu kokonaiskulutus osuu tämän haarukan alaosaan. Tämä selittyy sillä, että mittauksissa erilaisten sekoittimien moottoreita ei saatu mitattua, sekä sillä, että usein teollisuuskiinteistössä prosessien vaatimat koneet jäävät viikonlopuksi päälle tyhjäkäynnille.

Kuviosta 8 selviää, että suurimmat kiinteistösähkön kuluttajat ovat lämmitys, kuluttaen noin 41 % koko kiinteistösähköstä, ja valaistus, kuluttaen noin 26 % koko kiinteistösähköstä. Ilmanvaihdon osuus kokonaiskulutuksesta on noin 21 % ja muut sähkölaitteet kuluttavat noin 12 %.

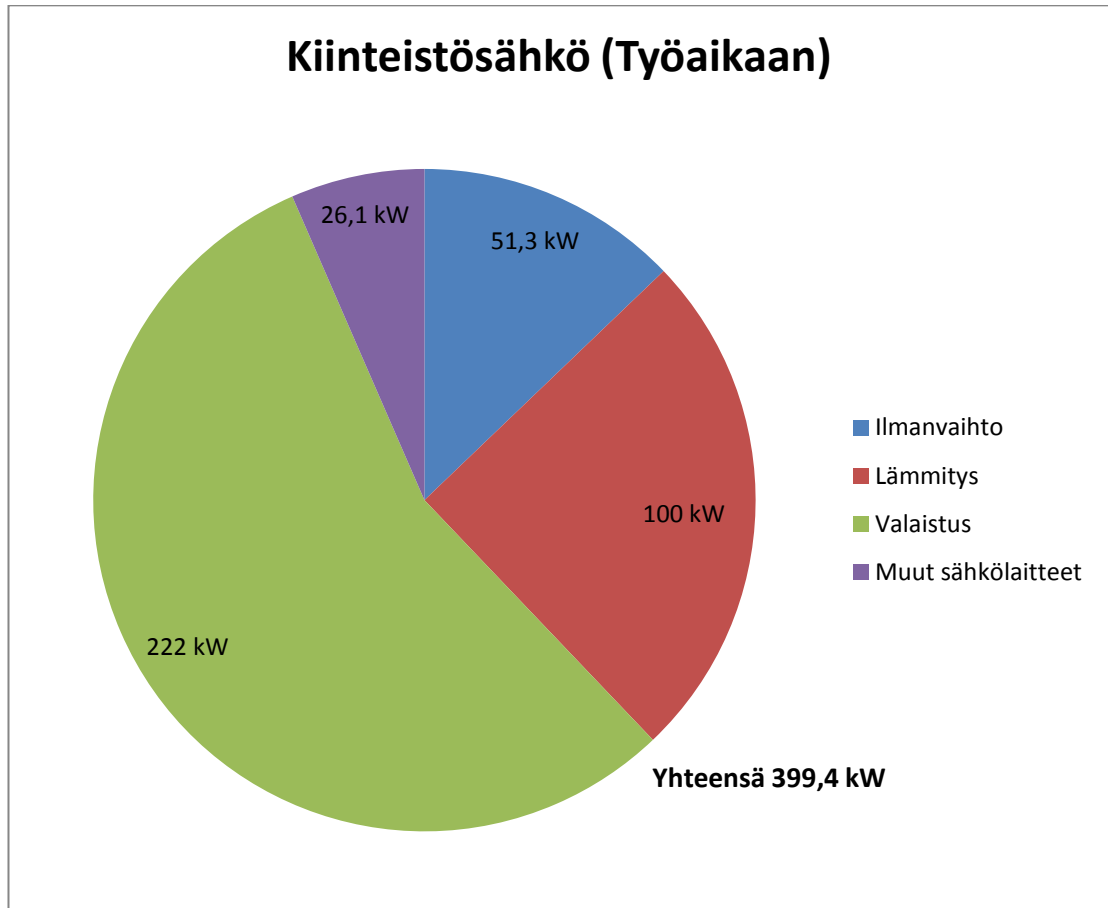


Kuvio 8 Koko kiinteistö ei työaikaan

4.5.2 Koko kiinteistösähkön jakauma tuotannon ollessa käynnissä

Koko kiinteistösähkön jakauma tuotannon ollessa käynnissä on esitetty kuviossa 9. Kokonaiskulutus tällöin on noin 400 kW. Ainut ero kiinteistösähkön määrässä ei työaikaan on valaistuksen määrä. Tuotannon aikaan valaistus on kokonaisuudessaan päällä, kun taas tuotannon ollessa pysähdyksissä päällä on vain kulkuvalot.

Kuviosta 9 selviää, kuinka valaistuksen osuus kasvaa suuresti verrattuna kuvion 7 tilanteeseen. Valaistuksen ollessa kokonaan päällä se kuluttaa lähes 56 % koko kiinteistösähköstä. Muiden sähkölaitteiden kulutusten määrä kulutusjakaumassa pienenee huomattavasti kuvion 6 tilanteeseen verrattuna.



Kuvio 9 Koko kiinteistö työaikaan

5 SÄHKÖN OSTO- JA SIIRTOTARIFFI

Adara Pakkauksen sähkönmyynnistä vastaa paikallinen sähköyhtiö Valkeakosken Energia. Yrityksen sähkötariffina toimii tehomyynti 1. Sähkön siirrosta vastaa Tervasaaren tehtaat UPM.

5.1 Sähkötariffi

Sähkötariffeiksi kutsutaan sähkön myynnissä käytettyjä hinnoittelusysteemejä. Tariffit muodostuvat yleensä seuraavista palasista, kiinteä vuosi- tai kuukausimaksu, varattuun sähkötehoon verrannollinen maksu, energiamaksu, sekä loistehomaksu.

Jako tariffien kesken tapahtuu tukkutariffeihin ja jakelutariffeihin. Tukkutariffeilla sähköä ostavat suurteollisuus ja jakelusähkölaitokset. Nämä myyvät ostamansa sähkön jakelutariffeilla pienille ja keskisuurille kuluttajille.

Sähkötariffien rakenteet ovat normaalisti sellaisia, että kuluttajat, joiden huipputehon käyttöaika on pitkä, saavat sähkönsä pienemmällä keskihinnalla kuin ne kuluttajat, joiden huipputehon käyttöaika on lyhyt. Kuluttajat varaavat sähkön tuotanto- ja siirtolaitteistosta käyttöönsä tilaustehoaan tai pääsulakkeiden suuruutta vastaavan määrän. Ne kuluttajat, joiden huipun käyttöaika on pitkä, käyttävät laitteistoja tehokkaasti, kun taas pienen huippuajan kuluttajat käyttävät tehottomammin laitteistoa hyväksi.

5.2 Adara Pakkaus Oy:n tariffi

Adara Pakkaus Oy:n sähkötariffi on rakenteeltaan sellainen, ettei erillisiä teho- tai kuukausimaksuja ole. Laskutettava sähkömäärä on siis suoraan kuukauden kulutettu sähköenergia. Esimerkiksi lokakuun 2012 tapauksessa laskettava sähköenergian määrä oli 531 MWh, kuten liitteestä 1 selviää.

6 KIINTEISTÖSÄHKÖN VUOSIKOHTAINEN HINTALASKELMA

Laskelmia tehdessä tuotantoprosessien oletetaan olevan käynnissä 16 tuntia päivässä ja 260 päivää vuodessa. Tänä aikana valaistus on kokonaisuudessa päällä, muulloin vain kulkuvalot. Asfaltin- ja liuskanlämmittimien vuosikohtaiseksi toiminta-ajaksi määritetään 4320 tuntia, räystäslämmittimen toiminta-ajaksi 1440 tuntia ja autojen moottorilämmittimen toiminta-ajaksi 2080 tuntia. Ilmastoinnin käyntiajaksi täydellä teholla oletetaan 4160 tuntia vuodessa ja puoliteholla 4600 tuntia vuodessa.

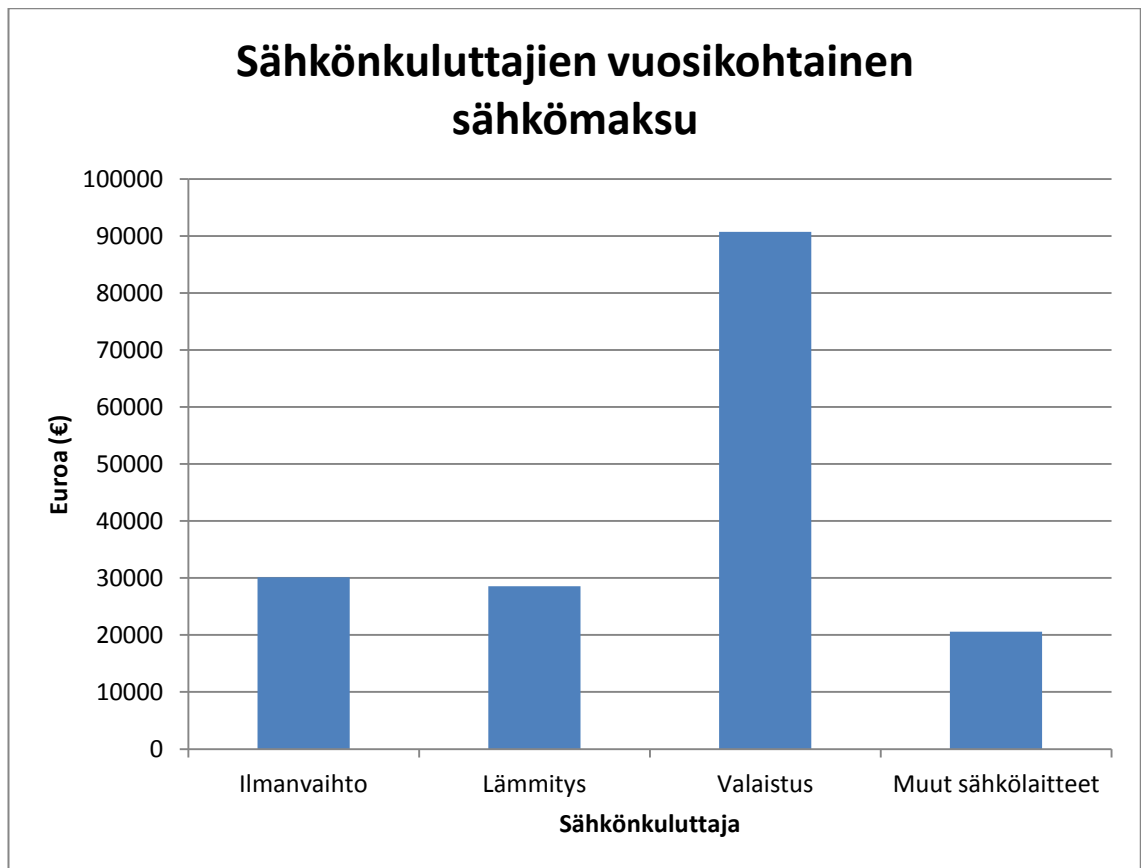
Sähkön oston ja siirron kokonaishintana käytetään 90 € / MWh. Tämä hinta koostuu energiateollisuuden 1. puolivuotiskauden 2011 hinnasta, johon on lisätty kuluttajahintojen kehitys ajalta 2011 – 2013.

Taulukossa 2 on esitetty kiinteistösähkön sähkönkulutus (MWh) sekä hintalaskelmat (€). Laskelmien vuosikohtainen kiinteistösähkön kulutus on 1890 MWh, joka on lähes kolmannes vuoden 2012 kokonaiskulutuksesta.

Taulukko 2 Vuosikohtaiset sähkön kulutuslaskelmat

	Vuosikohtainen sähkönkulutus (MWh)	Vuosikohtainen sähkömaksu (€)
Ilmanvaihto	335	30 150
Lämmitys	315	28 350
Valaistus	1010	90 900
Muut sähkölaitteet	230	20 700
Yhteensä	1890	170 100

Taulukon 2 perusteella on piirretty kuvio 10. Kuten kuviosta nähdään, valaistus on reilusti kallein maksaen vuodessa lähes 91 000 €, joka on yli puolet koko kiinteistösähkön hinnasta. Ilmanvaihto ja lämmitys maksavat lähes yhtä paljon, noin 30 000 € vuodessa. Muiden laitteiden sähkön hinta vuodessa on lähes 21 000 €.



Kuvio 10 Sähkönkuluttajien vuosikohtainen sähkömaksu

7 KIINTEISTÖN ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET

Tämän työn tarkoituksena on etsiä säästömahdollisuuksia kiinteistösähköstä. Kuviossa 6 on nähtävissä kiinteistösähkön suurimmat kuluttajat tilanteessa, jossa valaistuksessa päällä ovat pelkästään kulkuvalaistus sisällä sekä pihavalistus.

Taulukossa 3 on esitelty Motivan 65 teollisuuskohteen otannasta osoitetut sähkön säästöpotentiaalit, kun kohteisiin on tehty teollisuuden kiinteistön energiakatselmus. Taulukosta nähdään, että sähkön säästöpotentiaali on ollut keskimäärin 6 %.

Taulukko 3 Osoitettu sähkön säästöpotentiaali kiinteistösähkö katselmuksessa (Motiva 2013)

Osoitettu säästöpotentiaali	
Energiankäyttö <500 GWh/a (65 kohdetta)	
Lämpö	16 %
Sähkö	6 %
Vesi	4 %

7.1 Sähköjärjestelmien liittäminen rakennusautomaatioon

Katselmuksen tekohetkellä kiinteistössä ei ole käytössä kattavaa rakennusautomaatiojärjestelmää.

Rakennuksissa keskeisimmät energiaan liittyvät tekijät ovat energiankulutus, sisäilmaolot sekä säätöpiirien toiminta. Rakennusautomaation avulla voidaan ohjata automaattisesti rakennuksen lämmitys-, valaistus-, valvonta- ja hälytystoimintoja, sekä automaatiojärjestelmä mahdollistaa helpon energiankulutuksen seurannan. Ohjaamalla rakennuksen teknisiä laitteita, pyritään minimoimaan energiankulutus ja saamaan

laitteista paras mahdollinen hyöty. Sisäolojen seuranta yhdessä niihin vaikuttavien ohjauksien kanssa voi paljastaa kiinteistön epäenergiatehokkaan käytön. Rakennusautomaatiolla on mahdollista säästää kiinteistön energiakuluissa useita kymmeniä prosentteja.

Rakennusautomaatioon liitettävät järjestelmät ovat normaalisti valaistuksen ja ilmastoinnin ohjaukset, jäähdytyslaitteet, sähkönjakelu- ja energiamittaukset, sekä erilaiset muut mittaukset ja ohjaukset rakennuksen eri tiloista.

Rakennusautomaatiojärjestelmät voidaan karkeasti jakaa kolmeen eri energiatalousluokkaan:

- Rakennusautomaatio perustoiminnoilla, jossa saadaan ohjelmoitua koneiden ja laitteiden aikaohjaukset sekä hälytystoimintoja.
- Rakennusautomaatio laajennetuilla perustoiminnoilla, jossa perustoimintojen lisäksi löytyy mittausseuranta ja kulutusraportointi.
- Rakennusautomaatio laajoilla energiataloudellisilla toiminnoilla. Laajennettujen perustoimintojen lisäksi huipputehon valvonta ja rajoitus, lämmityksen optimointi sekä erilaisia analysointiohjelmia.

Tämä rakennusautomaation energiatalous luokkajako on kuitenkin vain suuntaa antava. (ST 710.11 2004, 3–4.)

Eri valmistajien laitteet ja ohjelmistot poikkeavat suuresti toisistaan. Kuvassa 2 On esitelty Siemensin tarjoamia rakennusautomaatiotuotteita.



Kuva 2 Siemensin Rakennusautomaatiokomponentteja (Siemens 2012)

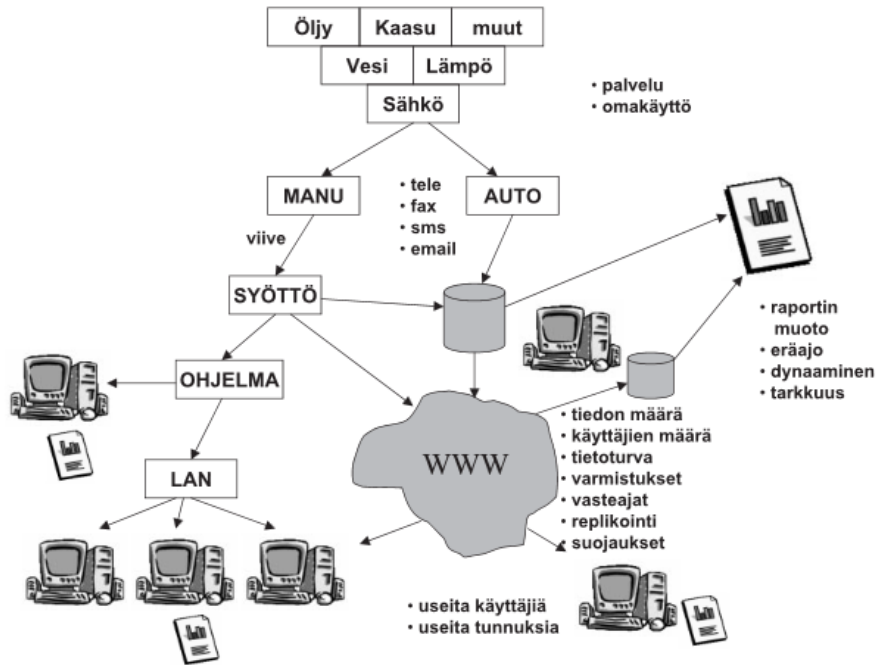
7.2 Kiinteistön energianseurannan kehittäminen

Liitettäessä kiinteistön eri kulutuslaitteet rakennusautomaatiojärjestelmään energian kulutusta on helppo seurata mittausten avulla. Kuvassa 3 on esitelty esimerkki kulutuksen seurantarjestelmän toimintaperiaatteesta.

Markkinoilla on myös kohtalaisen edullisia sähkökeskuksiin kytkettäviä elektronisia kWh-mittareita kuten ABB:n DELTAplus mallisto. Näissä mittareissa on LCD-näyttö, joka näyttää kulutetun kWh-lukeman. Kytkemällä elektroniset kWh-mittarit kiinteistön jokaiseen keskuksen, voidaan energiankulutusta helposti seurata.

Mittaustuloksista piirrettyjen käyrien perusteella voi helposti hahmottaa kiinteistön energiakulutuksen kannalta merkittävimmät tekijät sekä niiden energiankulutuksen mahdolliset muutokset.

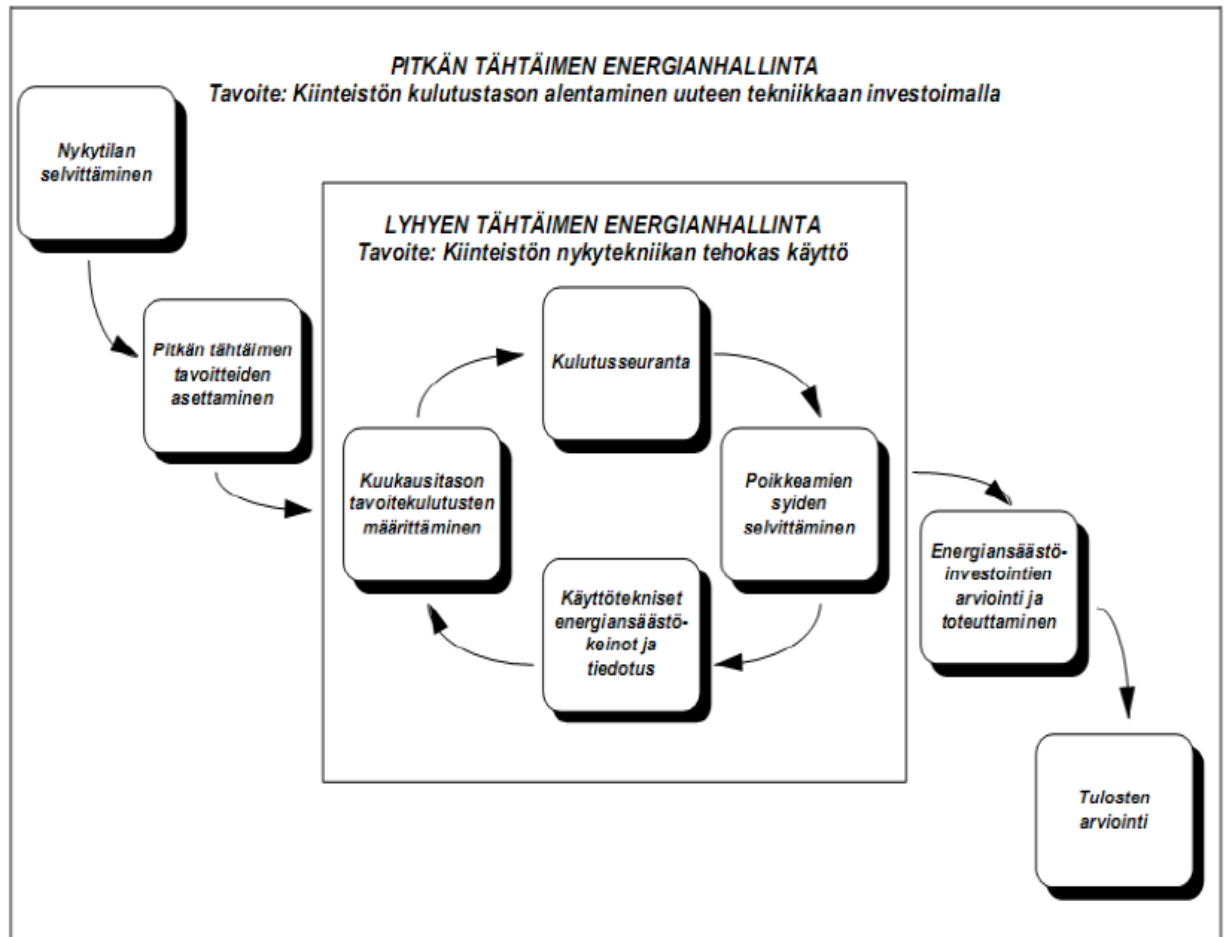
Järjestelmällisellä kulutusseurannalla on tavoitteena nopeasti havaita kulutuspoikkeamat, toisin sanoen epänormaalien suuruiset erot tavoitekulutukseen verrattuna. Nopeiden havaintojen avulla ongelmiin pystytään puuttumaan nopeasti.



Kuva 3 Energian kulutuksen seurantajärjestelmän toimintaperiaate

Kiinteistön energianhallinta voidaan jaotella pitkän ja lyhyen tähtäimen toimintoihin. Kuvassa 4 on esitelty energianhallintaprosessi nykyisestä tilasta aina tulosten arviointiin asti. Lyhyen tähtäimen energianhallinnan pääasiallisena tavoitteena on havaita energiakulutukseen vaikuttavat järjestelmien ja laitteiden viat, sekä käyttötekniset virheet.

Pitkän tähtäimen energiahallinnalla, kuten käyttökäytännön kouluttamisella ja pitkälle kantavilla energiansäästöinvestoinneilla, on tavoitteena vaikuttaa energiakäytön rakenteisiin.

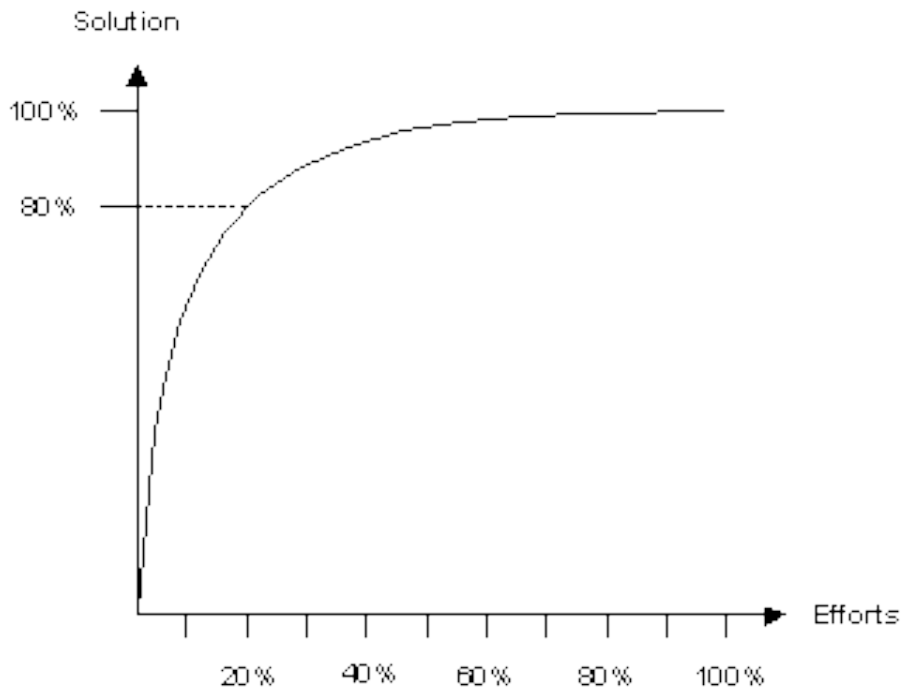


Kuva 4 Kiinteistön energianhallinnan prosessi (Leskinen, Mustakallio & Paiho 2000, 28).

7.3 ABC-analyysi

Kokonaisenergiankulutus koostuu useista tekijöistä. Näihin kaikkiin tekijöihin puuttuminen ei ole tehokasta, eikä säästöjen kannalta merkittävää. Mittaamalla ja seuraamalla eri laitteistojen energiankulutusta, voidaan ne järjestää kulutuksen mukaan.

ABC-analyysin mukaan 20 % sähkönkuluttajista kuluttaa 80 % sähköstä. Analyysi perustuu ajatukseen, jonka mukaan kaikki kuluttajat eivät ole saman arvoisia. Analyysiä hahmottava käyrä on esitelty kuviossa 11. Nämä prosentit ovat kuitenkin vain suuntaa antavia. ABC-analyysin perusteella voidaan päätellä, että puretumalla kulutuksen kannalta merkittävimpiin tekijöihin, saavutetaan säästötoimenpiteillä suurimmat säästöt. Kerätyillä kulutustiedoilla saadaan selville nämä suurimmat sähkönkuluttajat.



Kuvio 11 ABC-analyysi (Barriers in Knowledge Management and Pragmatic Approaches)

7.4 Energiansäästö valaistuksesta

Kuviosta 7 on nähtävissä, että valaistuksen ollessa kokonaisuudessaan päällä, sen osuus kiinteistösähköstä on erittäin merkittävä. Täten siitä on mahdollista saada pienillä leikkauksilla isoimmat säästöt. Kohteessa käytössä on energiansäästölamput, joten lamppujen tyyppiä vaihtamalla ei merkittäviin säästöihin päästä.

Kuten kuvioista 8 ja 9 nähdään, valaistuksen kulutus on moninkertainen koko valaistuksen ollessa päällä verrattuna tilanteeseen, jossa vain kulkuvalot ovat päällä. Tämän takia on todella tärkeää, että valaistus kytketään pois aikoina, jolloin sitä ei tarvita. Valaistuksen ohjaus voidaan liittää automaatiojärjestelmään ja ohjelmoida valaistukselle aikamääräinen sammutus niihin aikoihin, kun valaistusta ei tarvita. Näin vältetään siltä, ettei inhimillisestä erehdyksestä valaistus jäisi turhaan pitkiksi ajoiksi päälle. Myös liiketunnistimilla toteutetut valojen päälle / pois kytkennät harvemmin käytetyissä tiloissa ovat kannattavia. Liiketunnistimen havaitessa liikettä, se antaa valaistuksen ohjaukselle päällekytketymisluvan.

7.5 Energiansäästö lämmittimistä

Kuviosta 8 selviää lämmittimien olevan toiseksi suurin kiinteistösähkön kuluttaja, kun valaistuksesta vain kulku- ja pihavalot ovat päällä. Näin ollen siitä on mahdollisuus saada merkittäviä säästöjä. Suurimmat lämmitinkuormat selviävät kuviosta 5.

Liittämällä lämmittimet kulutusseurantaan, voidaan seurata lämmittimien energiankulutusta ja puuttua nopeasti mahdollisiin virheisiin. Esimerkiksi mahdollinen lämpöanturien puutteellinen toiminta ja näin ollen lämpövastuksien turha lämpiäminen selviää kulutusseurannasta.

7.6 Energiansäästö ilmanvaihdosta

Kuviosta 8 näkyy, että ilmanvaihto on kolmas merkittävä kiinteistösähkön kuluttaja. Kuviosta 6 selviää osiin lajiteltuna ilmanvaihdon sisäiset kuluttajat.

Liittämällä ilmanvaihto kiinteistön automatiikkaan ja lisäämällä tarvittavia antureita, voidaan ilmanvaihtojärjestelmän toiminta optimoida. Tällöin hallien ja huoneiden ilmanlaatu pysyy hyvänä, eikä ilmanvaihtokoneet pyöri turhaan kuljettaen lämmintä sisäilmaa ulos.

7.7 Sähkötariffin tarkistaminen

Kuten kuviosta 2 nähdään, huipputehossa ei ole vuodenaikakohtaisesti suurta hajontaa. Huipputehon ollessa näin suuri ja hajonnan pieni, tulisi tarkistaa, olisiko tehotariffi mahdollisesti halvin sähkötariffi. Tehotariffi soveltuu paljon sähköä kuluttaville käyttäjille, kuten teollisuudelle. Tehotariffin maksu koostuu perusmaksusta, kulutusmaksusta ja tehomaksusta.

7.7.1 Tehonrajoitus yhdessä tehotariffin kanssa

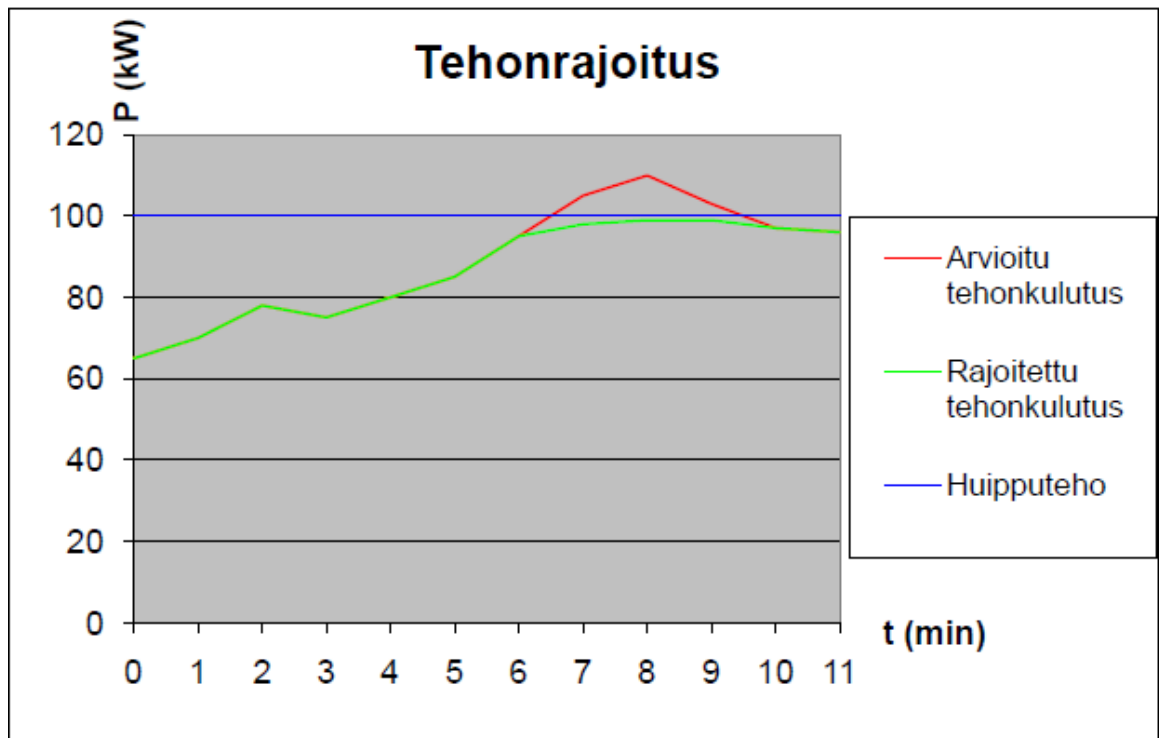
Tehomaksun huipputehona käytetään useimmiten kahden talvikuukauden huipputehojen keskiarvoa. Nämä talvikuukausien huipputehot siis määrittävät kaikkien vuoden kuukausien huipputehot. Tästä syystä tehotariffia käytettäessä tehonrajoitus on avainmittaviin säästöihin.

Tehonrajoitin on ohjelmisto, jolla rajoitetaan sähkön käyttöä tilanteissa, joissa lähestytään kiinteistön huipputehoa. Kuormien rajoituksella voidaan pienentää huipputehon suuruutta ja kasvattaa käyttöaikaa huipputeholla. Kokemuksien mukaan tyypillisesti saavutettava huipputehon pieneneminen teollisuusrakennuksissa on noin 10–20 %. (Energiaa säästävä sähköasennustekniikka)

Tehonrajoittimen toiminta perustuu siihen, että valitaan ensin ne ohjaavat prosessit, joiden osa-aikainen tehon rajoittaminen tai poiskytkentä voidaan sallia. Valituille kuormille määritetään minimi ja maksimi poiskytkentäajat, sekä minimiaika ennen uutta poiskytkentää.

Ohjelmisto seuraa jatkuvasti käytettävää tehoa ja pyrkii ennustamaan tulevan tehon suuruutta tietyissä jaksoissa, esimerkiksi 15 minuutin sykleissä. Jos määrätty huipputehoraja ylittyy ennustuksessa, käynnistää ohjelmisto tehonrajoituksen. Tehonrajoituksessa ohjelma alkaa kytkeä kuormia pois tai osateholle ennalta määrättyjen ehtojen mukaisesti, pyrkien tasoittamaan tehonkulutuksen huippua. Ohjelmiston toimintaa on havainnollistettu kuviossa 12.

Adara Pakkaus Oy:n tapauksessa huipputeho voitaisiin rajoittaa välille 1100-1200 kW. Tällä pienentyneellä huipputeholla tulisi laskea tehotariffin kannattavuus.



Kuvio 12 Tehonrajoittimen toiminta (Rinne-Kanto, M. 35).

8 POHDINTA

Työn lähtökohtana oli selvittää, mistä johtuu Adara Pakkaus Oy:n suuri kiinteistösähkönkulutus, ja esittää mahdollisia säästötoimenpiteitä. Sähkönkulutus tuotannon ollessa pysähdyksissä oli keskimäärin yli 200 kW.

Teollisuuskiinteistöön suoritettiin kiinteistösähkökatselmus, jonka pohjana toimivat sähkön kulutusmittaukset. Mittausten avulla selvitettiin suuri osa kiinteistösähkön kuluttajista ja niiden kuluttama sähköenergia. Käyttämällä hyväksi mittausten tuloksia ja arvioimalla vuosikohtaiset toiminta-ajat, laskettiin vuosikulutukset ja -kustannukset.

Yrityksen käyttämien sähkötariffien selvitys oli lähtökohta säästötoimenpiteiden määrittämiselle. Sähkötariffeissa ei ollut erillisiä kuukausi- tai tehomaksuja, joten kokonaiskulutuksen pienentäminen oli avain-asemassa säästöjä mietittäessä.

Katselmus onnistui hyvin ja suurimmat kiinteistösähkönkuluttajat kulutuksineen saatiin selvitettyä. Joskin pidemmänajan mittaustuloksia tarvittaisiin vuosikulutuksien tarkempaan määrittämiseen. Myös erilaisia sähkön säästötoimenpide-ehdotuksia löydettiin.

LÄHTEET

ABB. Pienjännitekojeet. Luettu 26.4.2013

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/80defa2855fba4b0c2256eb300351c1f/\\$file/delta1fi04_04.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/80defa2855fba4b0c2256eb300351c1f/$file/delta1fi04_04.pdf)

Barriers in Knowledge Management and Pragmatic Approaches. Tulostettu 23.4.2013

http://sic.ici.ro/sic2002_1/art01.htm

Energiateollisuus ry. Energiavuosi 2011. Luettu 20.2.2013.

<http://www.slideshare.net/energiateollisuus/energiavuosi-2011-shk-15095885>

Energiateollisuus. Teollisuussähkön verollinen kokonaishinta EU:ssa. Luettu 20.4.2013

<http://www.slideshare.net/fullscreen/energiateollisuus/shkn-kansainvlinen-hintatilasto-1-puolivuotiskausi-2011/3>

Motiva. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Luettu 8.12.2012.

http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf

Motiva. Kulutusseurantaohjelmistot ja –palvelut. Luettu 20.4.2013

<http://www.motiva.fi/files/454/kulutusseuranta.pdf>

Motiva. Teollisuuden energiankatselmus. Tulostettu 18.4.2013

http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/teollisuuden_energiakatselmus

Paiho, S., Leskinen, M., Mustakallio, P. 2000. Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen rakennusten energiatietoisien käytön apuvälineenä. Espoo. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos.

Rinne-Kanto, M. 2010. Rakennusautomaatiolla energiasäästöihin kiinteistössä. Tutkintotyö

Ruppa, E., Tapaninen, M. & Niemi J-P. 1994. Energiaa säästävä sähköasennustekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.

Siemens. Älyä kiinteistön hallintaan. Luettu 3.4.2013

http://www.siemens.fi/fi/infrastructure_and_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/talotekniikan_tuotteet.htm

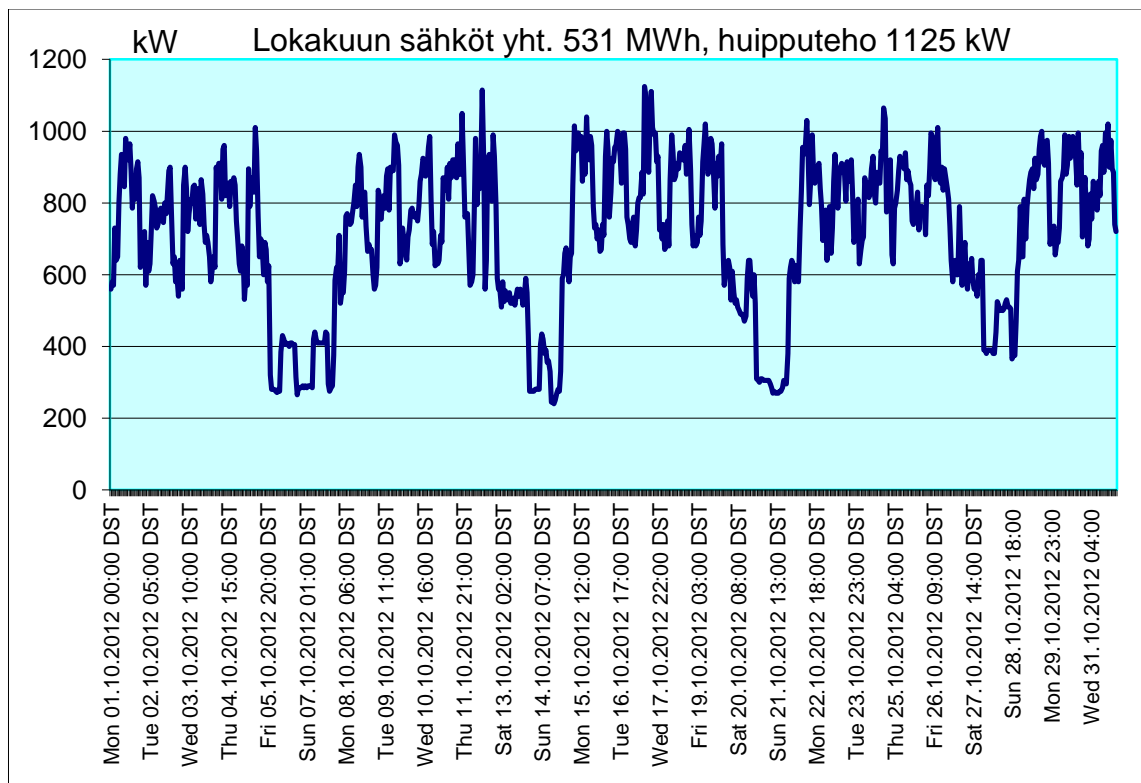
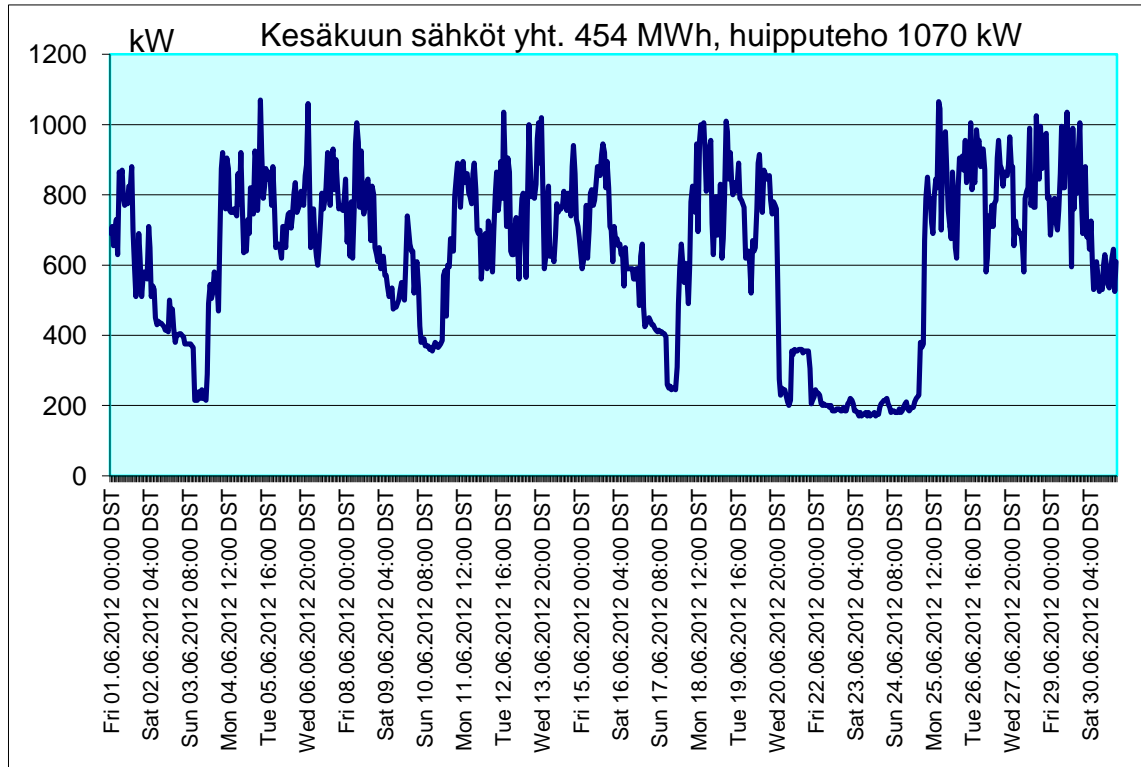
Siemens. Building Automation Systems. Tulostettu 12.4.2013

https://eb.automation.siemens.com/collaterals/files/01/JPG/P_BT01_XX_03502i.jpg

ST 710.11. Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnallisen tavoitetason määrittäminen. 2004. Sähkötieto ry. Luettu 5.4.2013

LIITTEET

Liite 1. Adara Pakkaus Oy:n sähkönkulutus kesäkuussa 2012 ja lokakuussa 2012



Liite 2 Sähkösytön piirikaavio

