

Jere Palomäki
SÄHKÖNKULUTUKSEN KARTOITUS TUOTANTOKONEILLE

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2016

SÄHKÖNKULUTUKSEN KARTOITUS TUOTANTOKONEILLE

Palomäki, Jere
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2016
Ohjaaja: Nieminen, Esko
Sivumäärä: 27
Liitteitä: 0

Asiasanat: Energiatehokkuus, sähköteho, sähkönhinta, sähkönkulutus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Lanka ja Muovi Oy:n tuotantolaitteiden sähkönkulutusta. Tarkoituksena oli myös tutkia ja havainnoillistaa mahdolliset säästökohteet energian kulutuksessa.

Tilaaajan osoittamiin tuotantokoneisiin, -laitteisiin ja koneryhmiin suoritettiin energiamittaukset käyttäen Fluke 1735 Power Logger mittaria. Tuloksista saatiin selville koneiden kulutus, josta voi laskea vuosittaisen kulutuksen käyttötuntien perusteella. Mittauksilla saatiin Lanka ja Muovi Oy:lle selvä kuva koneiden energiankulutuksesta ja miten energiansäästämistä voidaan tehostaa mahdollisin investoinnein.

SURVEY OF ELECTRICAL CONSUMPTION FOR PRODUCTION MACHINES

Palomäki, Jere
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
April 2016
Supervisor: Nieminen, Esko
Number of pages: 27
Appendices: 0

Keywords: Energy efficiency, electric power, price of electricity, electricity consumption

The purpose of this thesis was to research how much production machines expend electricity at factory of Lanka of Finland. The purpose of thesis was also to research and observe possible saving targets of energy consumption. Energy measurements were performed by using Fluke 1735 Power Logger meter. By the measurements of energy consumption, yearly consumptions are able to calculate by usage hours of machines for each production machine. Lanka of Finland had a good image about energy consumption of machines and how Lanka of Finland can enhance energy saving.

SISÄLLYS

1	ALKUSANAT.....	5
2	LYHENTEET.....	5
3	LANKA JA MUOVI OY	6
3.1	Tuotantokoneet	6
4	ENERGIATEHOKKUUS	6
4.1	Tuotannon mittarointi	7
4.2	Mittaustiedon seuranta.....	8
4.3	Raportointi	9
5	SÄHKÖTEHON TEORIAA	10
5.1	Vaihtosähkön teho	10
5.1.1	Näennäisteho	10
5.1.2	Pätöteho.....	10
5.1.3	Loisteho.....	11
5.1.4	Tehokolmio	12
5.1.5	Kolmivaihejärjestelmän teho	12
5.1.6	Vaihtosähkön energia.....	13
5.1.7	Hyötysuhde	13
6	SÄHKÖNHINNAN MUODOSTUMINEN.....	14
6.1	Energiahinta	14
6.2	Siirtohint.....	15
6.3	Verot.....	15
6.4	Loistehon hinnoittelu	16
7	MITTARI	17
7.1	Fluke 1735 Power Logger.....	18
7.2	Mittauksien toteutus.....	19
8	TULOKSET	20
9	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET.....	27

1 ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lanka ja Muovi Oy:n toimeksiannosta. Erityiskiitos Lanka ja Muovi Oy:n kehitysjohtajalle, Pasi Pohjanlehdolle.

2 LYHENTEET

I	Virta
I_p	Pätövirta
I_q	Loisvirta
Mj	Megajoule
MWh	Megawattitunti
P	Pätöteho
Q	Loisteho
S	Näennäisteho
U	Jännite
W	Pätöenergia
VAh	Volttiampeiritunti
VArh	Varitunti
Wh	Wattitunti
Wq	Loisenergia
Ws	Näennäisenergia
η	Hyötysuhde
ϕ	Tehokerroin

TAULUKKO 1. Lyhenteet

3 LANKA JA MUOVI OY

Lanka ja Muovi Oy on Porissa toimiva perheyritys, joka on perustettu vuonna 1955. Yrityksen toiminta alkoi vispilöiden valmistuksella, ja siitä se on vuosien saatossa kasvattanut toimintaansa. Tänä päivänä yritys kuuluu johtaviin teräslankatuotteita valmistaviin yrityksiin Suomessa. Yritys työllistää noin 65 henkilöä ja sen liikevaihto on noin 4,5 miljoonaa euroa. Yrityksen markkina-alue on kotimaan marketit, rautakaupat, sisustusliikkeet ja eri teollisuuden alat.

3.1 Tuotantokoneet

Yrityksessä on noin 60 erilaista tuotantokonetta, joita käytetään käsin tai automatiikan avulla. Tuotannon koneisiin sisältyvät erilaiset pistehitsauskoneet, hitsausrobotit, epäkeskopuristimet, särmäyskoneet, kaksi pinnoituslinjastoa, langantaivutus-koneet, CNC-hitsaussolut ja ruiskupuristuskoneet. Varastossa on pakkaus-uuni ja paineilmakompressori. Työkaluosastolla on erilaisia metallintyöstökoneita kuten pylväsporakone, metallisorvi, jyrsin ja MIG-hitsauskone.

4 ENERGIATEHOKKUUS

Energiansäästö ja energiatehokkuus perustuen vapaaehtoisuuteen on osoittanut toimivuutensa kannustaa yrityksiä Suomessa energiatehokkaampaan toimintaan. Yrityksillä on mahdollisuus parantaa omaa energiahuoltoaan erilaisilla energian säästötoimenpiteillä ja siten vähentää tarpeettomia kustannuksia. Samalla saadaan myös vähennettyä mahdollisia tuotannosta peräisin olevia päästöjä. Jos halutaan parantaa energiankäyttöä, siihen tarvitaan koko yrityksen ja organisaation panosta. Osaamisen ja innostuksen avulla saadaan pienennettyä energiakustannuksia ja kohotettua kannattavuutta. Erilaisten päätösten tueksi tarvitaan mitattua ja mittauksista jalostettua tietoa ja energiatehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja. Perustana

tulokselliselle ja tavoitteelliselle energiatehokkuustyölle on, että yritys ja sen henkilökunta tuntevat, miten energiankulutus jakautuu ja vaihtelee. Nämä pitää tuntea tehdas-, osasto-, linja- ja laitetasolla. On myös hyvä tunnistaa eri tekijät, jotka vaikuttavat energiankulutukseen ja tehokkuuteen. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi prosessien ajotavat, käytettävät raaka-aineet, tuotannon määrän ja laadun vaihtelut, tuotantotehot, tuotantokatkokset ja lopputuotteiden erilaiset ominaisuudet. Mahdollisesti myös erilaiset ulkoiset tekijät vaikuttavat, kuten ulkolämpötila ja sen vaihtelut. Itse käyttäjän toiminnot myös vaikuttavat energiatehokkuuteen näkyvästi. Energiatehokkuutta seurataan monissa yrityksissä vain kuukausitasolla ja käsin laadituilla raporteilla. Jos tuotannon energiankulutuksessa ilmenee paljon vaihteluita, on vaikea seurata ja vaikuttaa energiankulutukseen kuukausitasolla. Hetkelliset muutokset, kuten suuret kulutuspiikit eivät näy pitkältä aikaväliltä laadituista raporteista ja kuukausiyhteenvedoista.

(Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 2.)

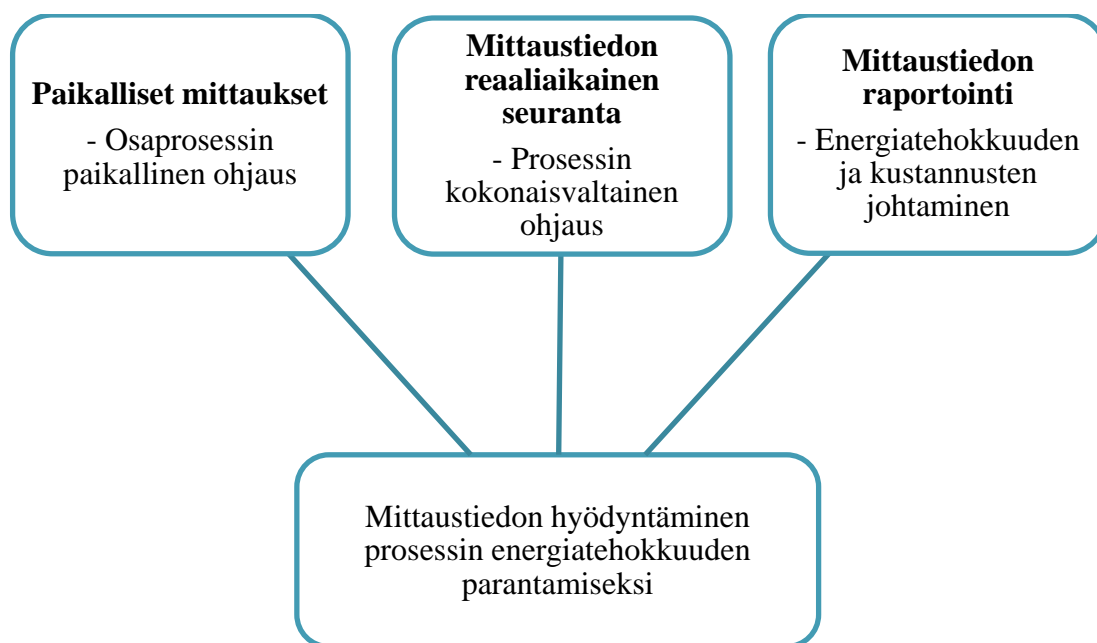
4.1 Tuotannon mittarointi

Lähtökohtana energiankäytön tehostamiseen on energiatehokkuuteen vaikuttavien suureiden mittaus. Kaikkien suureiden mittausta ei kuitenkaan välttämättä kannata mitata tarkasti ja on hyvin mahdollista, että joitakin suureita ei voi lainkaan mitata. Mittauksia ennen on hyvä kartoittaa, mikä on järkevä ja taloudellisesti kannattava mittaustarkkuus. Energiantehokkuuden seurantaan tarvittava mittari voi olla erikseen tiettyä tarkoitusta varten hankittu mittari tai mittari voi olla osana jo hankittua mittarointia. Ennen mittareiden hankintaa on hyvä kartoittaa, mitä mittareista prosessi tarvitsee ja miten mittarointi saadaan toteutettua järkevästi. On hyvä selvittää ennen mittareiden hankintaa, mikä mittaustapa on paras mahdollinen kyseisen suureen mittamiseen. On myös tehtävä suunnitelma, mihin kohtaan prosessia mittarointi asetetaan ja mitkä ovat reunaehdot mittaukselle kyseisessä kohteessa. Huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa ajatellen mittalaitteet on pidettävä kunnossa ja kalibroitava.

Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä oikein toteutettuna nopeuttaa reagointia muutoksiin ja näin saadaan tehokkaammin hallittua prosessin

energiatehokkuutta. Mittauksista saatua tietoa analysoimalla on mahdollista tehdä jatkotoimenpiteitä energiatehokkuuden tehostamiseksi. Kun tähän osa-alueeseen panostetaan, pienentyneet energiakustannukset maksavat tehdyn työn takaisin. Yksinkertaisimmillaan energiatehokkuuden seuranta sisältää ainoastaan yksittäisiä kenttämittauksia, joita suoritetaan paikallisesti ja seurataan säännöllisesti. Seurantaa voidaan kehittää entistä tehokkaammaksi liittämällä paikalliset energiamittaukset yrityksen kiinteistö- tai prosessiautomaatiojärjestelmään. Kun yrityksessä on ainoastaan käytössä kiinteistöautomaatiojärjestelmä, energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä rakennetaan eniten energiaa kuluttavien laitteiden tai laitteistojen läheisyyteen. Näitä ovat esimerkiksi sähkö- ja paineilmakekukset.

(Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 3-5.)



KUVA 1. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä (Motiva: Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 4.)

4.2 Mittaustiedon seuranta

Tuotantoa seurataan yleensä automaatiojärjestelmän kautta, josta myös tapahtuu tuotannon ohjaus. Lähellä prosesseja työskentelevät työntekijät tarvitsevat

paikallismittaroinnin tuen, jolloin he pystyvät helpommin seuraamaan omaa työtänsä. Paikallismittarointi on tärkeää, vaikka tuotannossa olisikin käytössä keskitetty mittausjärjestelmä. Paikallismittaroinnilla työntekijät saavat nopeasti käsityksen tuotannon sen hetkisestä tilasta ja pystyvät reagoimaan nopeasti prosessien muutoksiin, ongelmiin ja vikatilanteisiin. Yleisesti ottaen tällä hetkellä reaaliaikaista energiatehokkuutta seurataan harvoin, mutta mittarointi on koko ajan lisääntymässä. Prosessien hetkellinen tila, energiatehokkuuden ja energiakulutuksen vaihtelut saadaan reaaliaikaisella seurannalla. Reaaliaikaisesti energiatehokkuutta seurattaessa saadaan nopeasti hallittua monia muuttujia prosessissa ja prosessin kokonaiskuva hahmottuu. Nämä tiedot voidaan lähettää eteenpäin kunnossapitohenkilöstölle tai yrityksen johdolle.

(Motiva: Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 8.)

4.3 Raportointi

Historiatietoon pohjautuva raportoitu tieto on käytössä tuotantovastaavilla ja yrityksen johdolla. Yrityksen johdon tehdessä investointipäätöksiä ja niiden vaikutuksia seuraamalla energiatehokkuusraportit tulevat olennaisiksi. Energiatehokkuusraportit ovat myös hyödyksi, kun tehdään laskutusta ja todennetaan lupia ja vaatimuksia. Käytännössä mittareista saadut tiedot otetaan ylös ja muunnetaan taulukoiksi, jakaumiksi ja käyriksi. Mittareista saadut tiedot voidaan myös taulukoida, mutta taulukot ovat vaikealukuisia verrattuna esimerkiksi helposti luettavissa olevaan käyrästöön. Trendikuvaajilla saadaan taas helposti tarkasteltua mittareiden antamia lukemia ajan suhteen. Trendikuvaajasta saadaan myös helposti luettua eri ajankohtien vaihtelut ja niiden suuruudet. On tärkeää, että mittareiden käyttäjät koulutetaan lukemaan mittareita oikein ja ymmärtämään niitä. Mitattaessa energiatehokkuutta tarkemmin, opitaan ymmärtämään mittareihin vaikuttavia tekijöitä ja oppimisen yhteydessä myös motivaatio energiatehokasta työskentelyä kohden työntekijöiden keskuudessa kasvaa. Tulospalkkausta ajatellen energiatehokkuus on hyvä tekijä nostamaan työntekijöiden motivaatiota.

(Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 9.)

5 SÄHKÖTEHON TEORIAA

5.1 Vaihtosähkön teho

Vaihtosähkötekniikassa teho jaetaan kolmeen osaan. Nämä ovat näennäisteho, pätöteho ja loisteho. Mitä enemmän laite ottaa verkosta sähkövirtaa, sitä suuremalla teholla se toimii ja sitä enemmän se kuluttaa energiaa.

5.1.1 Näennäisteho

Näennäisteho on vaihtosähköpiirissä tehollisen jännitteen ja tehollisen virran tulo. Näennäisteho on yhtä suuri pätötehon kanssa, jos jännitteen ja virran välillä ei ole vaihesiirtoa. Jos vaihesiirtoa on, tällöin näennäisteho on suurempi kuin pätöteho. Näennäistehon tunnus on S ja SI-yksikkö on voltiampeeri (VA). Näennäisteho voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$S = U * I$$

jossa U on tehollinen jännite ja I on tehollinen virta. (Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet, 202-203.)

5.1.2 Pätöteho

Pätöteho on vaihtovirtapiirissä kulutettu todellinen teho. Pätöteho tekee varsinaisen työn virtapiirissä ja tämä ilmenee esimerkiksi vastuskuormassa, jossa se muuttuu lämpöenergiaksi. Pätöteho on näennäistehoa pienempi, jos jänniteellä ja virralla on vaihesiirtoa. Resistiiviset kuormat kuluttavat pelkästään pätötehoa. Resistiivisiä kuormia ovat erilaiset sähkövastukset, joita on esimerkiksi lämpöpattereissa. Pätötehon tunnus on P ja SI-yksikkö on watti (W). Pätöteho voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$P = U * I_p$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

$$P = U * I * \cos \varphi$$

jossa U on tehollinen jännite, I_p on pätövirta, S on näennäisteho, Q on loisteho ja φ on vaihesiirtokulma. (Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet, 202-203.)

5.1.3 Loisteho

Loisteho kuvaa pätötehon ja näennäistehon eroavuutta, joka johtuu jännitteen ja virran vaihe-erosta. Toisin kuin pätöteho, loisteho ei tee vaihtosähköpiirissä työtä. Siirrettäessä loistehoa se kuitenkin kuormittaa sen aiheuttaman loisvirran takia siirtojohtoja, mikä ilmenee siirtojohtojen lämpenemisenä. Loistehoa on kahta erilaista. On kapasitiivista loistehoa ja induktiivista loistehoa. Kapasitiivista loistehoa aiheuttaa kapasitiivinen kuorma ja induktiivista loistehoa aiheuttaa induktiivinen kuorma. Kun induktiivinen loisteho ja kapasitiivinen loisteho vaikuttavat samassa virtapiirissä ja ovat saman suuruisia, kumoavat nämä toisensa. Esimerkiksi sähkömoottoreissa on induktiivista kuormaa, jota voidaan kompensoida kapasitiivista loistehoa tuottavilla kondensaattoreilla. Voidaan myös ajatella, että induktiivinen kuorma kuluttaa loistehoa ja kapasitiivinen kuorma tuottaa loistehoa. Loistehon tunnus on Q ja SI-yksikkö on vari (var). Loisteho voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$Q = U * I * \sin \varphi$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = U * I_q$$

jossa I_q on loisvirta. (Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet, 202-203.)

5.1.4 Tehokolmio

Pätöteho, loisteho ja näennäisteho ovat ratkaistavissa tehokolmion avulla. Ratkaisemiseen käytetään Pythagoraan lausetta tai trigonometriaa.

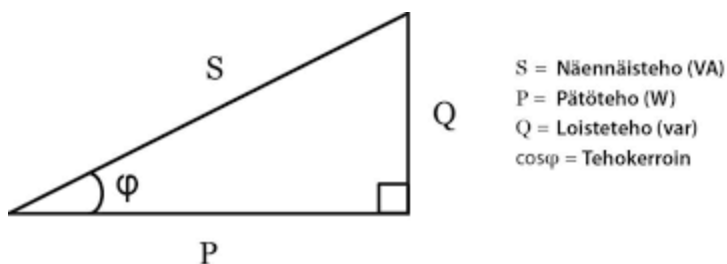
Pythagoraan lause voidaan esittää yhtälönä:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

jossa a ja b ovat suorakulman muodostavien kateettien pituudet ja c on hypotenuusan pituus. Sijoitetaan tehoyksiköt yhtälöön:

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

jolloin tehot ovat ratkaistavissa, kun kaksi tehoa tunnetaan.



KUVA 2. Tehokolmio (Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet, 203.)

5.1.5 Kolmivaihejärjestelmän teho

Tehon yhtälöt eroavat yksivaihejärjestelmän tehojen yhtälöistä siten, että yhtälöön lisätään kertoimeksi kolme kun laskuissa on käytössä käämiarvot. Pääarvoja käytettäessä yhtälön eteen lisätään kertoimeksi $\sqrt{3}$. Kolmivaihetehot esitetään yhtälöinä seuraavasti:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

jossa U on vaihejohtimien välinen pääjännite ja I on johtimessa kulkeva päävirta. Yhtälöt ovat käyttökelpoisia, kun on kyseessä symmetrinen tähti- tai kolmiokytkentä. (Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet, 243-244.)

5.1.6 Vaihtosähkön energia

Vaihtosähkön energia saadaan selville kertomalla tehoa P ajalla t:

$$W_s = S * t = U * I * t$$

$$W = P * t = U * I * t * \cos \varphi$$

$$W_q = Q * t = U * I * t * \sin \varphi$$

jossa W_s on näenneäisenergia, W on pätöenergia ja W_q on loisenergia. SI-mittajärjestelmän mukainen yksikkö näenneäisenergialle on voltiampeeritunti (VAh), pätöenergialle wattitunti (Wh) ja loisenergialle varitunti (VARh). Verrattaessa pätöenergiaa lämpöenergiaan, pätöenergian ollessa 1kWh, lämpöenergia on 3,6MJ. Yleisesti sähköenergian mittaamisen yksikkönä käytetään kilowattituntia (kWh) tai megawattituntia (MWh). Yhtälöt ovat käytettävissä, kun lasketaan yksivaiheisen järjestelmän energiaa. Kolmivaihejärjestelmän energiaa laskettaessa edellä esitettyihin yhtälöihin lisätään kertoimeksi $\sqrt{3}$.

(Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet, 204.)

5.1.7 Hyötysuhde

Hyötysuhde on antotehon ja ottotehon suhde toisiinsa. Hyötysuhteen arvo ei voi olla yksi, koska laitteissa syntyy aina häviöitä. Hyötysuhteen laskukaava on:

$$\eta = \frac{\text{antoteho}}{\text{ottoteho}} = \frac{P_2}{P_1}$$

jossa η on hyötysuhde.

6 SÄHKÖNHINNAN MUODOSTUMINEN

Sähkön hinta koostuu sähköenergian hinnasta, siirtomaksusta ja veroista. Energian hinta koostuu myynnistä ja hankinnasta. Siirtohinta koostuu kantaverkon ja jakeluverkon käytöstä. Verot koostuvat sähköverosta ja alv:sta. (Energiaviraston www-sivut 2016.)

6.1 Energiahinta

Sähkön energiahinta koostuu sähkön hankinnan ja myyntityön kustannuksista, joita aiheuttaa sähkönmyyjälle. Energiahinta koostuu yleensä kiinteästä perusmaksusta, joka maksetaan kuukausittain ja sähkön kulutusmaksusta. Kulutusmaksun suuruus riippuu sähkön käytön määrästä. Näiden lisäksi kuluttajille on suunnattuna erilaisia tariffeja, jotka määrittävät tietyille ajankohdille erilaisia kulutusmaksuja. Yleensä sähkönmyyjät jaottelevat tariffit seuraavanlaisesti:

- Yleissähkössä kulutusmaksu, joka on yksihintainen.
- Tuntihinnoittelussa on jokaiselle tunnille erillinen kulutusmaksu.
- Kaksiaikasähkössä perustuvassa sähkössä on yö- ja päivä sähkölle erillinen kulutusmaksu. Yleensä päivä sähköenergia on jokaisena viikonpäivänä kello 7 ja 22 välillä kulutettua energiaa ja yö sähköenergia on muina aikoina kulutettua energiaa.

- Kausiaikäsähkö perustuu kulutusmaksuun, joka on erillinen talviarkipäivänä kulutetulle sähkölle ja muulle sähkölle. Yleensä talviarkipäiväsähkö tarkoittaa kulutettua sähköä, jota käytetään maanantaista lauantaihin kello 7 ja 22 välisenä aikana. Talviarkipäiväsähkö on käytössä marraskuun alun ja maaliskuun lopun välillä.

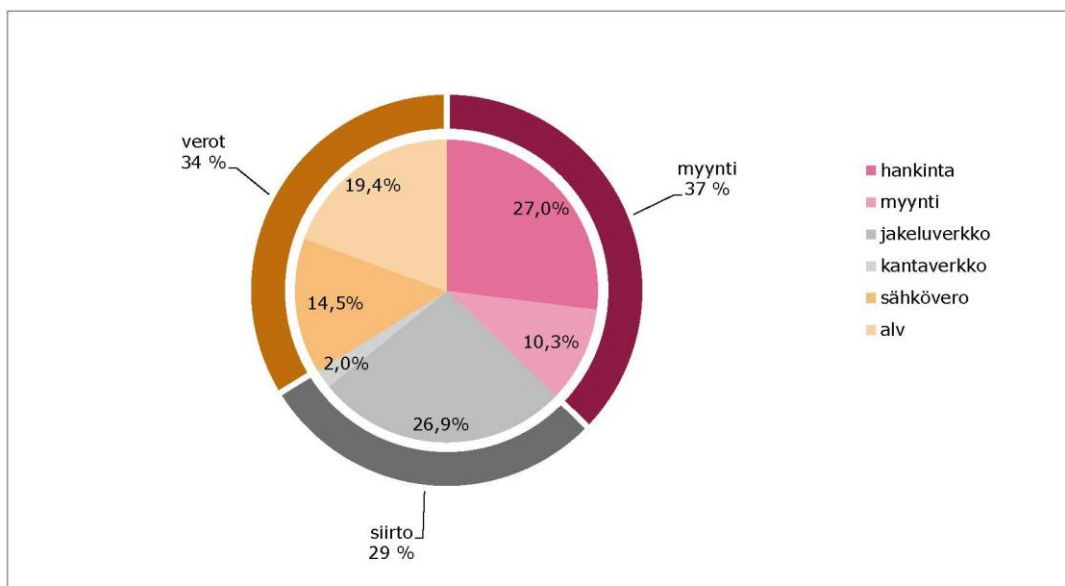
Sähkölaskusta, jonka yksityiskuluttaja saa, on 40-50 prosenttia sähköenergian osuutta. Sähköenergian osuus vaihtelee eri asiakasryhmien saamissa sähkölaskuissa. (Energiaviraston www-sivut 2016.)

6.2 Siirtohinta

Siirtopalvelun hinta koostuu sähkön siirrosta, sähkön kulutuksen mittauksesta ja taseselvityksestä. Sähkön siirto tarkoittaa yksinkertaisuudessaan sitä, että kuluttajalle toimitetaan sähkö sähköverkkojen kautta. Siirtomaksuilla katetaan verkon investoinnit, ylläpito ja käyttökustannukset. Taseselvityksessä selvitetään eri sähkönmyyjien sähköenergian määrä. Kuten energiahintakin, siirtohintaa koostuu kuukausittain maksettavasta perusmaksusta ja siihen lisätään sähkön käytöstä riippuva maksu. Käytettävissä on myös siirtohinnoittelu, joka on käytöstä riippuva ja erillinen eri ajankohtina. Asiakas ei voi kilpailuttaa siirtohintaa, koska siirtopalvelu on paikallisen sähköverkonhaltijan yksinoikeus. Siirtohinnoittelun kohtuus on energiaviraston valvonnassa. (Energiaviraston www-sivut 2016.)

6.3 Verot

Sähköenergiasta ja sähkönsiirtopalvelusta maksetaan arvonlisävero. Kuluttaja maksaa myös sähkövero sähkönsiirtohinnoitteluun sisällyttynä. Sähkövero on valmistevero, joka tarkoittaa että jonkin tuotteen valmistajalta kerätään valtiolle vero, tässä tapauksessa tuotteena on sähköenergia. Sähköveroluokkia on kahta erilaista. Sähköveroluokka 1 käsittää yksityistaloudet, maa- ja metsätalouden, rakentamisen sekä palvelutoiminnan. Sähköveroluokka 2 käsittää teollisuutta harjoittavat teollisuusyritykset ja kasvihuoneviljelytilat. Sähköveroluokka 2 kuuluvilta verotetaan vähemmän kuin sähköveroluokkaan 1 kuuluvilta. (Energiaviraston www-sivut 2016.)



KUVA 3. Sähkönhinnan muodostuminen vuonna 2014

6.4 Loistehon hinnoittelu

Paikalliset verkkoyhtiöt on velvoitettu huolehtimaan oman alueensa loistehon tarpeesta. Loistehoa ei rinnasteta pätöenergiaan, kun sähköä myydään. Loistehomaksu on sanktiomaksu, jolla verkkoyhtiö pyrkii ohjaamaan asiakkaitansa seuraamaan verkosta ottamaansa loistehon määrää. Myös asiakkaan pitää seurata verkkoon antamansa loistehon määrää. Sanktiomaksun tarkoituksena on, että asiakas pysyisi verkkoyhtiön määrittämällä optimaalisella toiminta-alueella loistehon ottamisessa ja antamisessa takaisin verkkoon. Loistehon hinnoittelu määritellään seuraavasti;

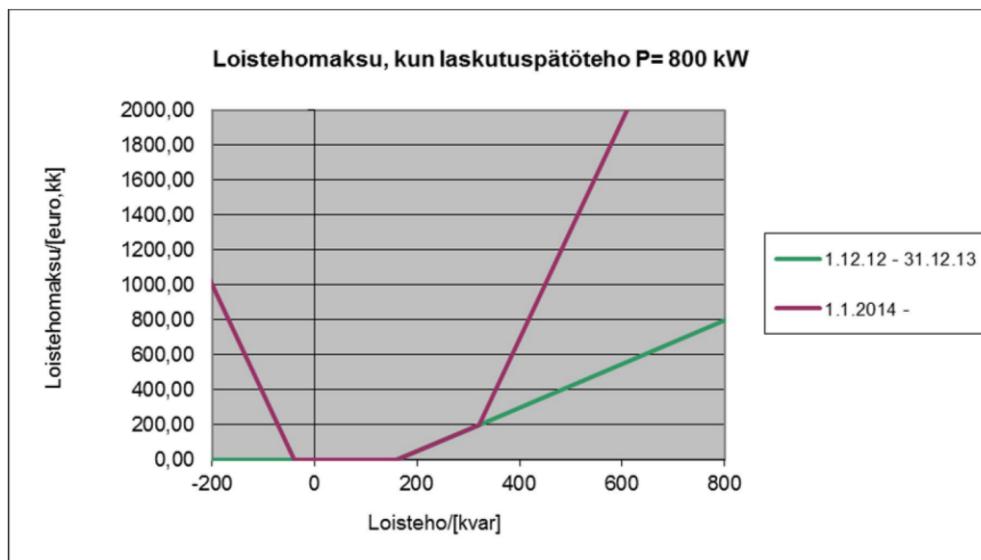
- Käyttöpaikkakohtainen pätöteho, mikä laskutetaan, on kahden suurimman laskutuskuukauden tunnin tehon keskiarvo. Laskutus suoritetaan liukuvan 12 kuukauden aikana.
- Kuukauden suurin mitattu induktiivinen loisteho on laskutettava induktiivinen loisteho. Tästä vähennetään 20% laskutettavan pätötehon lukuarvosta tai vähintään 50 kVAr. Esimerkiksi jos pätöteho on 30 MW ja loisteho 10 MVar, ilmaisosuus on 6 MVar ja laskutettava osuus on 4 MVar.
- Laskutettavan induktiivisten loistehon hinta määräytyy välillä 20-40% laskutettavan pätötehon lukuarvosta. Tähän käytetään kaavaa:

$$x * kVAr/€$$

Tämän yli menevän osuuden laskemiseen käytetään kaavaa:

$$5 * kVAr/€$$

- Kapasitiivista loistehoa laskettaessa otetaan huomioon kuukaden ajalta suurin mitattu kapasitiivinen loisteho. Tästä vähennetään 5% tai vähintään 12,5 kVAr laskutettavan pätötehon lukuarvosta. (Tampereen Sähkölaitos: Loistehon hinnoittelu ja kompensointi 2012, 2.)

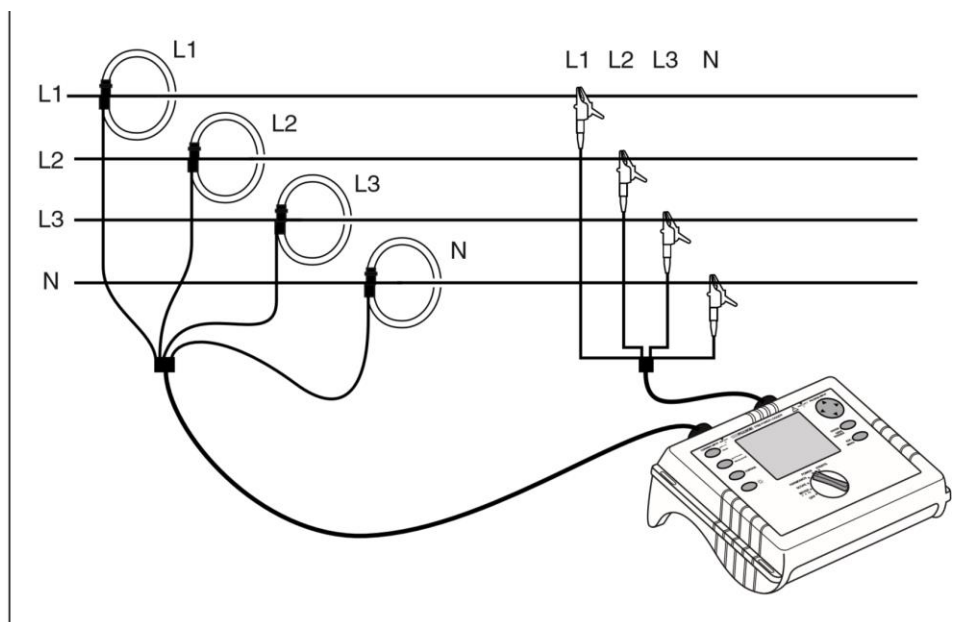


KUVA 4. Loistehon hinta esitettynä kuvaajana. (Tampereen Sähkölaitos: Loistehon hinnoittelu ja kompensointi 2012, 6.)

7 MITTARI

Energiamittauksissa tehtaalla käytettiin hyväksi Fluke 1735 Power Logger-mittaria ja sen toimintoja. Tehtaalla mittarointia ei ollut laite kohtaisesti, eikä ryhmä- ja pääkeskustasolla. Energiakulutuksen mittarointi on toteutettu tehtaalla 20kV muuntamoiden 400V puolella. Ehdotan, että mittarointiin panostettaisiin ja tehtaalle asennettaisiin mittarointi osastokohtaisesti, jolloin voidaan parantaa energiankulutuksen seuranta. Fluke 1735 mittarilla saatiin helposti mitattua

energiankulutus laitekohtaisesti jokaisen laitteen syötöstä erikseen. Mittauksissa käytettiin energialaskuri toimintoa, jolla saatiin mitattua kWh, kVAh ja kVArh arvot tunnin ajanjaksolta.



KUVA 5. Mittauskytkentä energiamittaukselle Fluke 1735-mittarilla (Fluke 1735 Power Logger Users Manual)

7.1 Fluke 1735 Power Logger

Mittari on kolmivaiheinen sähkönlaadun tiedonkeruuseen, kuormitustutkimuksiin ja energiakulutustestauksiin tarkoitettu mittari. Mittari soveltuu parhaiten energia mittauksiin ja sähkönlaadun perusparametrien seurantaan. Mittaria on helppo käyttää ohjekirjaan perehtymisen jälkeen ja mittauskytkennät on helppo toteuttaa. Laitteen käyttäjä voi halutessaan tallentaa tehoparametreja maksimissaan 45 päivän ajalta, joita voi tarkastella joko laitteen näytöltä tai tietokoneelta Fluke Power Log-ohjelmistoa käyttäen. Mittarilla voidaan tallentaa jännitehäiriöt, -kuopat ja -kohoumat. Mittarilla voidaan myös tallentaa harmoniset yliaallot ja tehoparametrit. Laitteella voidaan mitata:

- Jännite (rms)
- Virta (rms)
- Perustaajuus

- Harmoniset ja kokonaissärö (THD)
- Sähkötehon mittaukset (Pätöteho, Loisteho, Näennäisteho ja THD-särö)
- Energiamittaukset (kWh, kVAh ja kVARh)
- Tehokerroin (PF)
- Jännitemuutokset



KUVA 6. Fluke 1735 Kolmivaiheinen sähkönlaadun tiedonkeruulaite

7.2 Mittauksien toteutus

Mittaukset suoritettiin käyttäen edellä mainittua mittaria. Mittauksien aikana ongelmaksi osoittautui koneiden sulakkeiden puuttellinen merkintä sähkökeskuksissa. Ehdotan, että seuraavana kunnossapitotoimenpiteenä lähtöjen merkinnät päivitetäisiin ajantasalle. Tämä helpottaa huomattavasti koneiden korjaustoimenpiteitä, kun koneen sulakkeet löytyvät helposti ja sähkö saadaan katkaistua nopeasti. Mittaukset suoritettiin aina työparin kanssa. Mittauksissa noudatettiin sähköturvallisuuslakia ja paikoissa, jossa sähköiskun vaara oli suuri, käytettiin jännitetyöhanskoja. Näitä paikkoja olivat esimerkiksi avonaiset johtolähdöt ja ahtaat sähkökeskukset.



KUVA 7. Jännitetyöhanskat

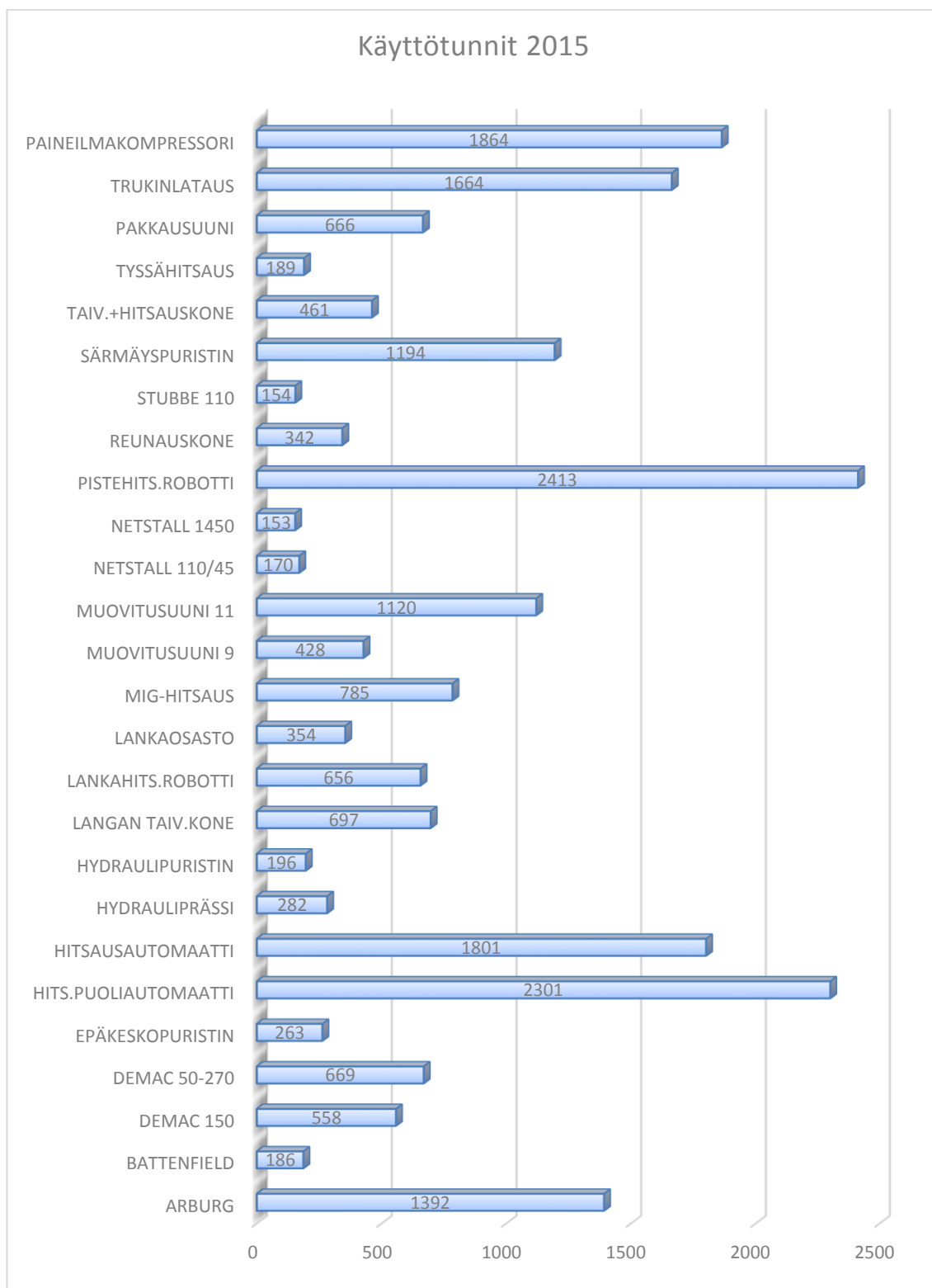
8 TULOKSET

Mittauksissa päästiin hyviin lopputuloksiin. Koneita on 60 kappaletta tehtaalla ja niistä on luotu 30 erilaista koneryhmää. Koneista mitattiin viiden minuutin ajanjaksolta energian kulutus. Riippuen koneesta ja sen prosessin vaiheiden määrästä mittausväliä nostettiin tunnin ajanjaksoksi tai niin pitkäksi, että saatiin luotettava lopputulos. Saadusta lukuarvosta laskettiin tunnin ajanjaksolta energiakulutus. Esimerkiksi, jos kone kulutti viiden minuutin ajanjaksolla 0,5kWh energiaa, siitä saadaan laskettua seuraavalla menetelmällä tunnin energiakulutus:

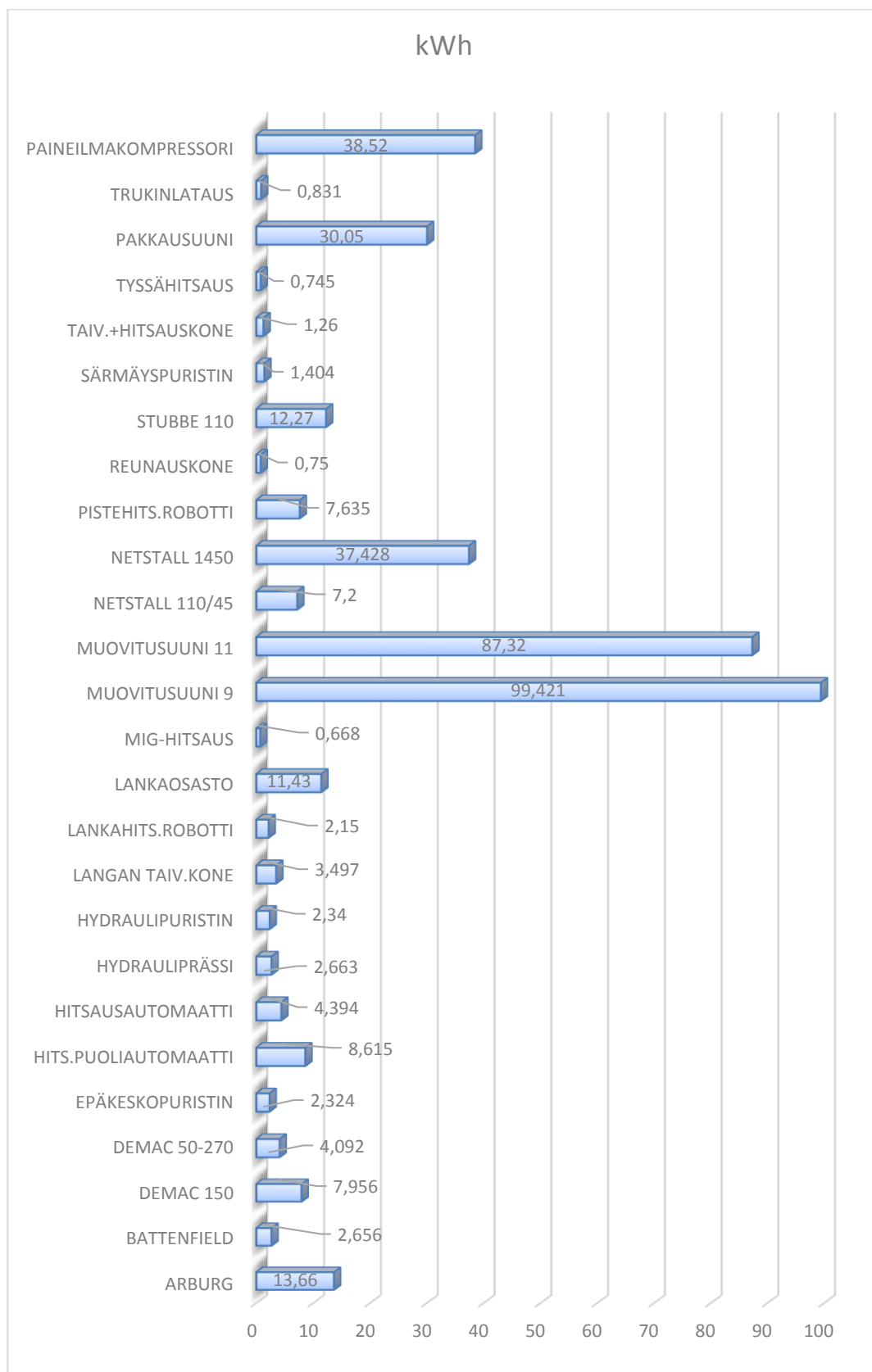
$$\frac{60min}{5min} * 0,5 kWh = 6kWh$$

Kun tiedetään koneen energiankulutus tunnin ajanjaksolta, voidaan laskea yhteen eri koneryhmien energiankulutuksen arvot ja tämän jälkeen kertoa kWh-arvo koneen tai koneryhmän vuosittaisilla käyttötuntien lukemilla. Seuraavassa diagrammissa on esitetty koneryhmien ja koneiden vuoden 2015 käyttötunnit. Käyttötunnit perustuvat eri koneilla tehtyjen urakoiden leimaamiseen kulunvalvontajärjestelmään. Taulukkoon on myös Lanka ja Muovi Oy:n puolesta pyydetty tuotantokoneista poikkeavia mittauskohteita. Näitä ovat sähkötrukin akkujen lataus,

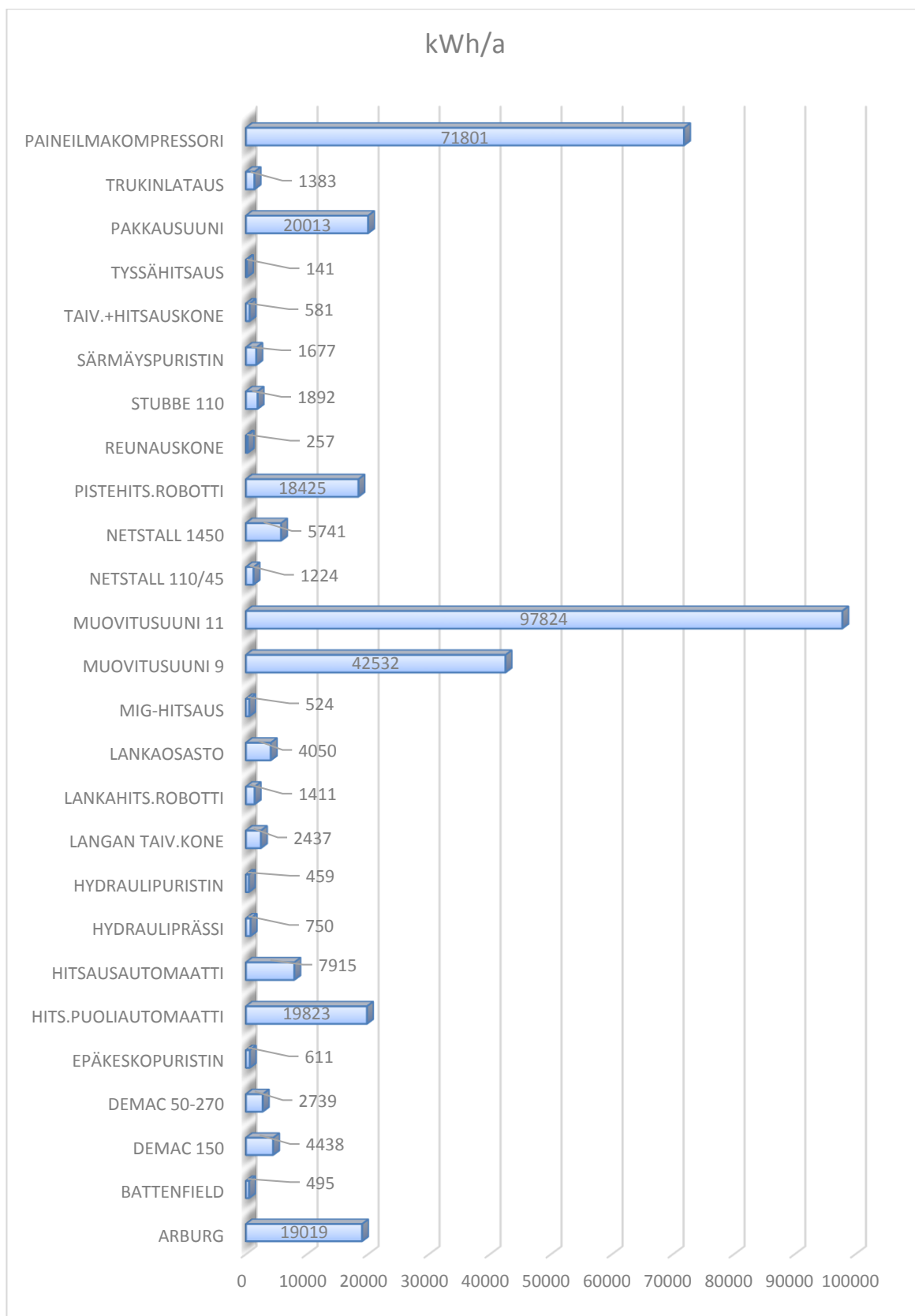
paineilmakompressori ja muovitusuuni. Kohteisiin laskettiin arvioidut käyttötunnit vuoden ajanjaksolle.



KUVAAJA 1. Koneryhmien ja koneiden käyttötunnit vuonna 2015. Käyttötuntien summa on yhteensä 20961 h.



KUVAAJA 2. Koneryhmien ja koneiden energian kulutus tunnin ajanjaksolta.
Energian kulutus yhteensä 391,279 kWh.



KUVAAJA 3. Koneryhmien ja koneiden vuoden energiakulutus.

Kone/koneryhmä	h/a	kWh/h	kWh/a
ARBURG	1392	13,66	19019
BATTENFIELD	186	2,656	495
DEMAC 150	558	7,956	4438
DEMAC 50-270	669	4,092	2739
EPÄKESKOPURISTIN	263	2,324	611
HITS.PUOLIAUTOMAATTI	2301	8,615	19823
HITSAUSAUTOMAATTI	1801	4,394	7915
HYDRAULIPRÄSSI	282	2,663	750
HYDRAULIPURISTIN	196	2,34	459
LANGAN TAIV.KONE	697	3,497	2437
LANKAHITS.ROBOTTI	656	2,15	1411
LANKAOSASTO	354	11,43	4050
MIG-HITSAUS	785	0,668	524
MUOVITUSUUNI 9	428	99,421	42532
MUOVITUSUUNI 11	1120	87,32	97824
NETSTALL 110/45	170	7,2	1224
NETSTALL 1450	153	37,428	5741
PISTEHITS.ROBOTTI	2413	7,635	18425
REUNAUSKONE	342	0,75	257
STUBBE 110	154	12,27	1892
SÄRMÄYSPURISTIN	1194	1,404	1677
TAIV.+HITSAUSKONE	461	1,26	581
TYSSÄHITSAUS	189	0,745	141
PAKKAUSUUNI	666	30,05	20013
TRUKINLATAUS	1664	0,831	1383
KOMPURA	1864	38,52	71801
YHTEENSÄ	20961	391,279	328163

TAULUKKO 2. Edellä esitetyissä kuvaajissa olevat arvot yhteenvedona taulukoituna.

9 YHTEENVETO

Taulukkoa tarkastellessa voidaan todeta, että suurimmat energian kuluttajat ovat pinnoitusuunit UM9 ja UM11. Myöskin paineilmakompressori kuuluu suurimpiin energian kuluttajiin mittauskohteista. UM9 pinnoitusuunia tarkastellessa voidaan todeta, että johtuen suurista sähkövastuksista energian kulutus on suuri. UM11 kohdalla voidaan todeta suurimmiksi energian kuluttajiksi suuret puhaltimet ja sähkömoottorit. Ruiskupuristuskoneista eniten energiaa kuluttaa Netstall 1450.

Energiansäästö mahdollisuuksia löytyi muutamia:

- Vanha ruiskupuristuskone Netstall 1450 kuluttaa selvästi enemmän energiaa, kuin esimerkiksi samaa kokoluokkaa oleva uudempi Arburg. Ehdotankin investoimaan ja vaihtamaan Netstall 1450:n uuteen, jolloin tuloksia tarkastellessa voidaan todeta energian kulutuksen laskevan kolmannekseen. Myös tuotantoa ajatellessa vikojen määrä vähenee ja turhat tuotannon keskeytymiset vähenevät.
- Päivittäistä tuotantoa suunnitellessa on hyvä ottaa huomioon UM9 lämmitys. Välttääksemme turhia uunin vastuksien lämmitämistä, tuotannon suunnittelu on tärkeää.
- Paineilmakompressori kuuluu suurimpiin energian kuluttajiin. Tämän energiatehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi tekemällä koko paineilmaverkon tarkastus vuotokohtien löytämiseksi.
- Varastossa puoliautomaattisen pakkausuunin käyttöä tarkastellessa on hyvä suunnitella pakkausuunin käyttöä. Sen uudelleen lämmitys kestää kuusi minuuttia ja tässä ajassa se kuluttaa energiaa 6 kWh. Esimerkiksi kahvitauon (12min) ajaksi on samantekevää, sammutetaanko uuni vai annetaanko olla päällä. Energiankulutus on likimäärin sama tässä tilanteessa. Tietysti on otettava huomioon paloturvallisuus, jolloin uunilla on oltava yksi työntekijä sen ollessa päällä. Turhat lämmitykset eivät ole kannattavia päivän aikana. Uuni kuitenkin aina kuluttaa lämmittämiseen puolet enemmän energiaa, mitä normaali käytössä. Pyritään siihen, että uunia käytettäessä päivän pakattavat tuotteet pakataan yhdellä kertaa.

- Yleisesti ottaen vanhojen koneiden uusiminen uusiin koneisiin parantaa energiatehokkuutta nykyaikasen tekniikan johdosta useimmissa koneissa. Tuotantovarmuus todennäköisesti nousee investointien jälkeen.
- Lisäksi aiheesta poiketen suuri energiansäästö kohde on valaisimet. Suosittelemme vaihtamaan kaikki vanhat loisteputkivalaisimet moderneihin, LED-tekniikalla varustettuihin valaisimiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli mitata tilaajan osoittamien koneiden ja koneryhmien energiankulutus. Tuloksia vertailemalla käyttötunteihin saatiin luotettava tulos vuoden energiankulutuksesta kohteille. Työn tarkoituksena oli myös tutkia mahdollisia energiansäästökohteita, joita löytyi muutamia.

Opinnäytetyön tekeminen toteutui suunnitelmien ja odotusten mukaisesti. Ongelmakohtia ei tullut vastaan ja teorian hakeminen, mittausten toteutus ja kirjoitustyö toteutui hyvin.

LÄHTEET

Fluke 1735 Users manual. WWW dokumentti. Luettavissa:
<http://www.fluke.com/fluke/fifi/sahkonlaatutyokalut/kolmivaiheinen/fluke-1735.htm?pid=56028>

Energiavirasto: Sähkön hinta. WWW dokumentti. Luettavissa:
<https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hinta>

Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta.
Luettavissa: http://www.motiva.fi/julkaisut/energiatehokkuuden_mittaus-ja_seurantajarjestelman_hankinta.2193.shtml

Yrityksensivut: <http://www.lankajamuovi.fi/>

Antti J.Tonteri, Lauri Aura. 2009. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähköneiden perusteet. Helsinki: WSOYpro Oy

Energiateollisuus: Sähkön hinta ja sopimukset. WWW dokumentti. Luettavissa:
<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkon-hinta-ja-sopimukset/mista-sahkon-hinta-muodostuu>

Tampereen Sähkölaitos: Loistehon hinnoittelu ja kompensointi. Luettavissa:
https://www.tampereensahkolaitos.fi/sahkoverkkopalvelut/sahkoverkkoonliittyminen/TSV-urakoitsijalle/Documents/Loistehon%20hinnoittelu-%20ja%20kompensointiohje%20TSV_01-12-2012_internet.pdf