

Timo Ruohola

SÄHKÖNKULUTUKSEN JAKAUTUMISEN KARTOITTAMINEN

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2015

SÄHKÖNKULUTUKSEN JAKAUTUMISEN KARTOITTAMINEN

Ruohola, Timo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2015
Ohjaaja: Tuomela, Jorma
Sivumäärä: 32
Liitteitä: 2

Asiasanat: energiankulutus, sähköteho, energialoggeri, kulutuskohte

Opinnäytetyö tehtiin Neorem Magnets Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena oli tarkastella ja selvittää tehtaan eri prosesseissa kulutettua sähköenergian määrää ja sen jakautumista eri kohteiden kesken. Mittaukset suoritettiin heinä-marraskuun 2015 välisenä aikana.

Kulutuskohteiden mittauksissa käytettiin Fluke 1735 sekä Metrel PowerQ4- energialoggereita. Kohteiden mittauksissa selvitettiin laitteiden ottama pätöteho tietyllä mittausjaksolla. Tämän jälkeen selvitettiin laskemalla prosessien vuosikohtainen kulutus vuodessa tehtyjen vuorojen perusteella.

Työssä myös verrattiin vuoden 2014 kulutusta mittaustuloksista saatuihin tuloksiin. Mitatut kulutuskohteet olivat vetyhajoituslaitteet, jauhimet, puristimet, sintrausuunit, hiontalaitteet, kompressorit ja muut kulutuslaitteet.

SURVEY OF ELECTRICITY CONSUMPTION DISTRIBUTION

Ruohola, Timo
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
December 2015
Supervisor: Tuomela, Jorma
Number of pages: 32
Appendices: 2

Keywords: energy consumption, electric power, energy logger, consumption target

This thesis was made for Neorem Magnets Oy. The purpose of this thesis was to examine the amount of energy consumed in the various processes of the plant and its distribution between the different items. Measurements were carried out between July-November 2015.

The Fluke 1735 and Metrel PowerQ4-energylogger were used in measurements of consumption target. Measurements of the items examined by the active power of the equipment in a given measurement period. After this, it has been examined by calculating the annual specific consumption of processes basis of work shifts made in a year.

The thesis also compared the results of consumption in 2014 to the results obtained in measuring. Measured consumption target contained hydrogen decrepitation, grinders, presses, sintering furnaces, machining equipment, compressors and other consumer devices.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	NEOREM MAGNETS OY	6
2.1	Yrityksestä	6
2.2	Ulvilan tehdas	6
3	TEHON PERUSTEET	7
3.1	Vaihtosähkötekniikan teho	7
3.1.1	Pätöteho.....	7
3.1.2	Näennäisteho	7
3.1.3	Loisteho.....	8
3.1.4	Kolmiokytkennän tehot.....	8
3.2	Sähköenergia ja hyötysuhde	9
3.3	Kompensointi.....	9
3.3.1	Kompensointi tehtaalla.....	11
4	ENERGIATEHOKKUUDEN MITTAUS JA SEURANTA	12
4.1	Tuotannon mittarointi	12
4.2	Käyttö ja seuranta	13
4.3	Ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi	14
5	MITTAUKSISSA KÄYTETYT MITTALAITTEET.....	15
5.1	Fluke 1735	15
5.2	Metrel PowerQ4.....	16
5.3	Mittauksien suorittaminen	16
6	MITTAUSTULOKSET.....	17
6.1	Vetyhajoituslaitteet	18
6.2	Jauhimet	19
6.3	Puristimet.....	20
6.4	Sintrausuunit	21
6.5	Hiontalaitteet.....	22
6.6	Kompressorit.....	24
6.7	Muut kulutuslaitteet	26
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
7.1	Kulutuksien jakautuminen prosentti osuutena laitekohtaisesti.....	29
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Neorem Magnets Oy:n Ulvilan tehtaalle. Työssä selvitettiin magneettitehtaan energiankulutuksen jakautumista eri tuotanto-osastoille. Nämä kohteet olivat käsittelylaitteet, hiontalaitteet, jauhimet, kompressorit, vetyhajoituslaitteet, puristimet, sintrausuunit ja muut kulutuslaitteet.

Tehtaalla ei ollut erillistä energian kulutusta seuraavaa järjestelmää, mittalaitteina käytettiin pääsääntöisesti Fluke 1735- sekä Metrel PowerQ4- energialoggereita. Energialoggereita käytettiin suurien prosessilaitteiden mittauksiin, joiden mittausaikana seurattiin laitteen tuotantoa.

Muissa kohteissa selvitettiin pääasiallisesti laitteiden kulutustehot ja viikon aikana kertyneet työtunnit. Vuoden aikana kulutettu energia saatiin arvioitua tehtyjen vuorojen avulla.

2 NEOREM MAGNETS OY

2.1 Yrityksestä

Neorem Magnets Oy on perustettu vuonna 1995, mutta sen juuret ovat Outokumpu Magnets Oy:n ajalta joka on perustettu jo vuonna 1988. Yritys valmistaa sintrattuja NdFeB neodyymi magneetteja Hitachi Metalsin lisenssillä (Sumitomo lisenssi hankintahetkellä) vuodesta 1991. Neorem Magnets Oy:llä on sertifioitu ISO 9001:2008 laatu järjestelmä ja ISO 14001:2004 ympäristöjärjestelmä.

Vuonna 2007 Neorem Magnets Oy:stä tuli osa Vacuumschmelze GmbH & Co. KG. Vuonna 2011 Neorem ja Vacuumschmelze tuli osa OM Group, joka on yhdysvaltalainen teknologiayritys.

Yrityksellä on tehdas, joka sijaitsee Ulvilassa sekä tytäryhtiö Kiinassa, Neorem Magnets Ningbo Co, Ltd joka on perustettu vuonna 2005. Magneetteja valmistetaan suurien sähkökoneiden, uusiutuvan energian ja erikoissovelluksien käyttöön. Tyypillisiä kohteita magneeteille on korkea- ja keskinopeusgeneraattorit, hissimoottorit sekä servomoottorit.

2.2 Ulvilan tehdas

Tehtaalla on 65 työntekijää ja sen tuotantokapasiteetti on 550 tonnia vuodessa. Tehdas on perustettu vuonna 1997.

Tuotanto jakautuu seitsemään osaan:

- Magneettisen metalliseoksen jauhaaminen
- Puristaminen ja orientointi
- Sintraus ja lämpökäsittely
- Magneettien työstö ja hionta
- Pinnoittaminen
- Laadunvalvonta
- Pakkaaminen

3 TEHON PERUSTEET

3.1 Vaihtosähkötekniikan teho

Vaihtosähkötekniikassa tehoa voidaan käsitellä kolmena eri osana, jotka ovat pätöteho, näennäisteho sekä loisteho.

3.1.1 Pätöteho

Pätöteho on todellinen laitteen kuluttama teho, mikä esimerkiksi vastuksessa muuttuu lämpöenergiaksi. Häviöttömässä kondensaattorissa ja kelassa ei kulu sähköenergiaa, joten pätöteho $P = 0$. Pätötehon yksikkö on Watti (W). Pätöteho on jännitteen ja sen suuntaisen pätövirran tulo ja se voidaan esittää seuraavassa muodossa:

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

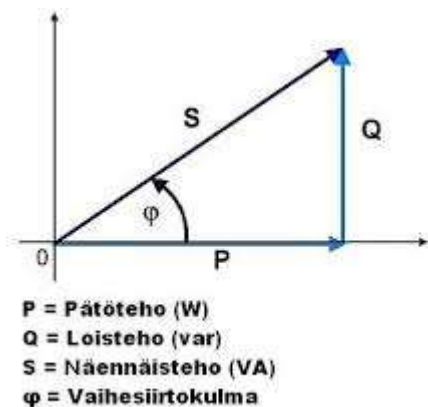
jossa U on jännite, I on virta, I_p on pätövirta ja $\cos \varphi$ on vaiheensiirtokulma. (Momentti 2, 211.)

3.1.2 Näennäisteho

Kokonaisvirran suuntaista tehoa nimitetään näennäistehoksi. Se koostuu virran pätökomponentista ja loiskomponentista ja se lasketaan seuraavassa muodossa:

$$S = U * I$$

Näennäistehon yksikkö on voltiampeeri (VA). (Sähkötekniikka, 177.)



KUVA 1. Pätö-, lois- ja näennäisteho ratkaistaan suorakulmaisesta tehokolmioista Pythagoraan lauseen tai trigonometrian avulla.

3.1.3 Loisteho

Edestakaisin jännitelähteen ja kulutuslaitteen välillä heilahtelevaa osuutta kutsutaan loistehoksi Q ja sen yksikkö on vari (var). Loisteho on jännitteen ja sen 90° :n vaihesiirrossa olevan loisvirran tulo, eli:

$$Q = U * I_q$$

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

jossa I_q on loisvirta. (Momentti 2, 212)

3.1.4 Kolmiokytkennän tehot

Symmetrisen tähti- ja kolmiokytkentäisen kuorman kokonaisteho on $\sqrt{3}$ kertainen vaihetehoon nähden, koska järjestelmässä on kolme syöttöjohtoa (L1, L2, L3) ja nollajohdin (N) eli:

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

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

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

Yhtälöissä jännite U on vaihejohtimien välinen pääjännite ja virta I syöttökaapelin vaihejohtimissa kulkeva päävirta. Kolmiokytkennässä vastuksen virta on $\sqrt{3}$ kertainen tähtikytkentään nähden. (Sähkötekniikka, 276- 277.)

3.2 Sähköenergia ja hyötysuhde

Energia ja työ [W] voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$W = P * t$$

jossa t on aika ja P on pätöteho. Energian yksiköksi saadaan täten wattisekunti (Ws), joka vastaa lämpöenergian yksikköä joulea (J). Sähköenergian mittaamisessa käytetään yleisesti pätöenergian yksikköä kilowattituntia (kWh), tai megawattituntia (MWh).

(Sähkötekniikka, 194.)

Tehohyötysuhteella [η] tarkoitetaan laitteesta hyödyksi saadun antotehon (P_2) suhdetta laitteeseen vietyyn ottotehoon (P_1). Laitteessa syntyvien häviöiden vuoksi hyötysuhde on aina pienempi kuin yksi. (Sähkötekniikka, 56.)

$$\text{hyötysuhde } \eta = \frac{\text{laitteen tai koneen antoteho}}{\text{laitteen tai koneen ottoteho}} = \frac{P_2}{P_1}$$

3.3 Kompensointi

Kompensoinnissa kytketään induktiivisen kuorman rinnalle kondensaattori syöttämään kuormalle kapasitanssia, parantamaan tehokerrointa ja pienentämään sähköverkosta otettua virtaa. Loistehon kompensointi on edullisinta tehdä mahdollisimman lähellä loistehon aiheuttajaa. Kun kulutuskojeen, kuten sähkömoottorin tehokerrointa halutaan parantaa, joudutaan käyttämään kompensointikondensaattoria. Kompensointitehon tarve voidaan laskea kaavalla:

$$Q_c = P_n / \eta (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

jossa Q_c on kompensointiteho, P_n on moottorin nimellisteho, η on moottorin hyötysuhde, φ_1 on vaihekulma ennen kompensointia ja φ_2 on vaihekulma kompensoinnin jälkeen.

Kompensointitapoja ovat:

- Laitekohtainen kompensointi
- Ryhmäkompensointi
- Keskitetty kompensointi
- Kompensointi sähkölaitteiden suurjännitepuolella

Loistehon kompensoinnilla saavutettavat edut:

1. Sähköverkon pätötehon siirtokyky kasvaa, koska kuormitusvirran loiskomponentti pienenee.
2. Kaapeleiden ja kiskostojen lämpötilat laskevat kuormitusvirtojen pienentyessä.
3. Sähköverkon jännitteen alenema pienenee, koska kuormitusvirrat pienenevät.
4. Sähkön laatu eli sinimuotoisuus paranee

(Sähkötekniikka, 182–186. Teollisuuden sähköasennukset, 19–20.)

3.3.1 Kompensointi tehtaalla

Perinteisen kompensoinnin reagointiaika on useimmiten 10 - 12 sekunnin luokkaa. Sen tarkoitus on korjata melko staattisia tilanteita, esimerkiksi loisteputkien tai moottoreiden aiheuttamaa loistehoa. Neoremilla tilanne on poikkeuksellinen puristimien magnetointilaitteiden osalta. Näiden liitäntätehot ovat melko suuria, ja kuormaa säädetään tyristoritasasuuntauksella. Kahden puristimen osalta lähtöteho on suurimmillaan luokkaa 60V 8000A DC, toisaalta pulssin kesto on sekuntiluokkaa. Virran nousuaika ke- lasta ja magneettiipiiristä riippuen 0,2-0,5 s.

Tasasuuntaus tunnetusti aiheuttaa runsaasti harmonisia ja loistehoa, tällaista lyhytkestoisista virhettä perinteinen kompensointi ei ehdi korjata.

Pahimmillaan kompensoinnin säätö värähtelee kuorman vaihtelun mukaan aiheuttaen jatkuvan ali- /ylikompensointi tilanteen. Tämä saattaa myös aiheuttaa säätimen häiriötilan ja peruskompensoinnin loppumisen ja joka tapauksessa lisää oleellisesti kompensointilaitteiden kytkinelementtien (kontaktori) vaihtotarvetta sekä verkkohäiriöitä. Mahdollisesti se myös lisää syöttökaapelien vaikeasti ennustettavaa kuormittumista.

Tämän estämiseksi on hankittu nopeaa kompensointia, jonka toivotaan ehtivän korjamaan magnetoinnista johtuvat nopeat muutokset ja estämään em. värähtelyn.

Nopean kompensoinnin kytkiminä toimivat puolijohteet, jotka mahdollistavat korjauksen jopa yhden jakson (20 ms) aikana.

Käytännössä säätö on huomattavasti hitaampi johtuen mm. värähtelyn estämisestä säätimellä.

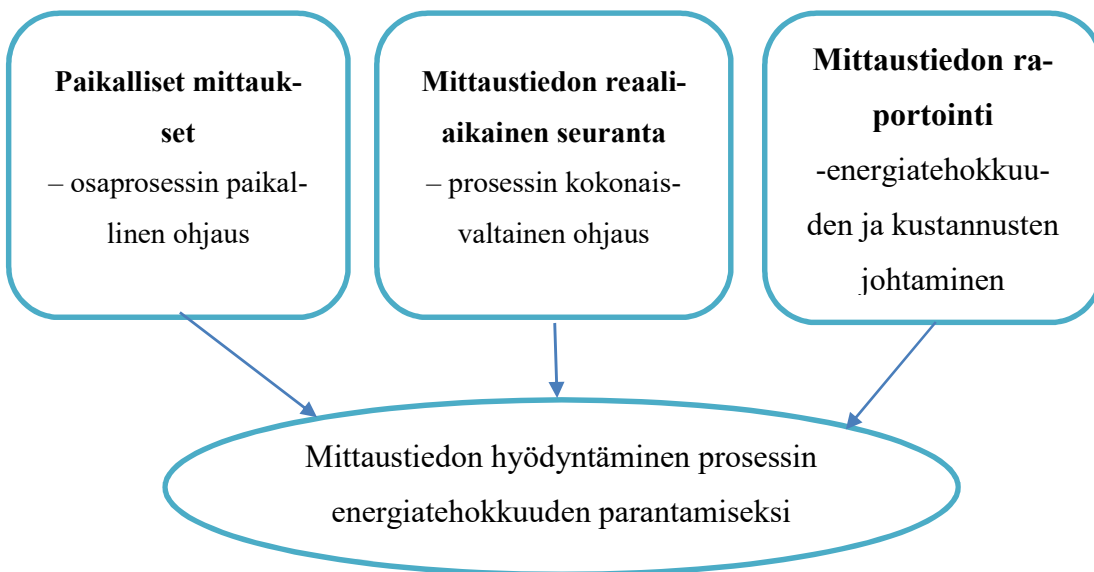
Puristimien keskinäistä toimintaa ei ole mitenkään synkronoitu, joten nopean kompensoinnin tarve vaihtelee arvaamattomasti. Tästä syystä on hankittava myös keinoja kompensoinnin ohjaamiseksi puristimien toiminnan mukaan.

4 ENERGIATEHOKKUUDEN MITTAUS JA SEURANTA

Jos yritys haluaa tehostaa energiankäyttöä ja vähentää energiakustannuksia, se tarvitsee koko organisaation innostusta, panosta ja osaamista kannattavuuden parantamiseksi. Päätösten tueksi tarvitaan mittauksia, mittauksista saatua tietoa ja energiatehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja. Tuloksellisen energiatehokkuustyön perustana on tuntea kulutuksen vaihtelu ja jakautuminen linja-, osasto-, sekä laitetasolla. On myös tutkittava, mitkä tekijät vaikuttavat energiatehokkuuteen ja kulutukseen. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi tuotannon määrän ja laadun vaihtelut, prosessien ajotavat, tuotantotehot sekä lopputuotteiden ominaisuudet ja joskus myös ulkoiset tekijät, kuten raaka-aineiden saanti. Monissa yrityksissä seurataan energiankulutusta vain kuukausitasolla, mikä vaikeuttaa energiankulutuksen poikkeamiin puuttumista riittävän nopeasti. (Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 2.)

4.1 Tuotannon mittarointi

Tehokkuuden parantamisen lähtökohtana on mitata vaikuttavat suureet. Kaikkia kohteita ei välttämättä kannata mitata tai mittausten ei tarvitse olla yhtä tarkkoja. Hyvin mietitty ja toteutettu mittaus- sekä seurantajärjestelmä auttavat muutoksien hallintaan ja seurantaan. Kohteiden seuranta voi olla yksinkertaisuudessaan esimerkiksi paikallisesti luettava mittaus, jota seurataan säännöllisesti.



KUVA 2. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä (Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 4.)

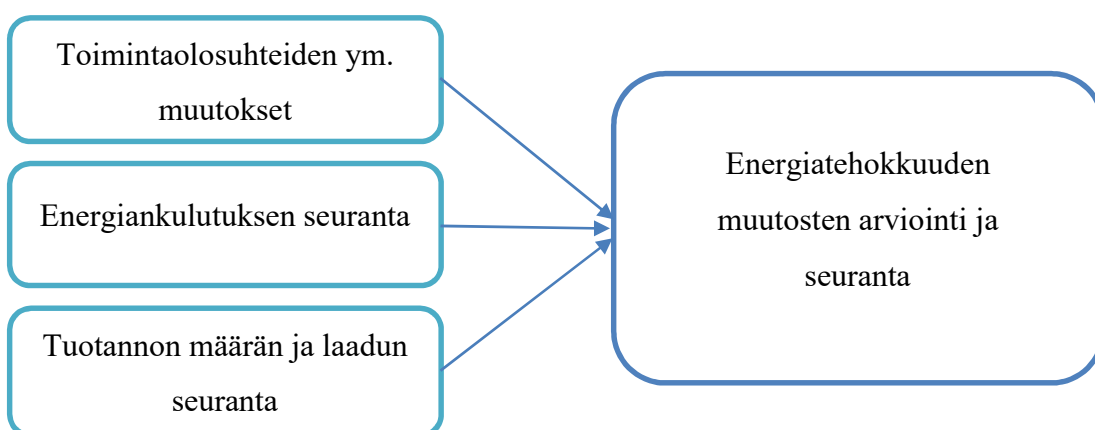
4.2 Käyttö ja seuranta

Mittareiden toimivuutta ja mittausten laatua täytyy seurata järjestelmällisesti. Jos järjestelmä on epäluotettava, mittauksen seuranta ei motivoi kiinnittämään huomiota energiatehokkuuteen. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän osalta on oleellista, että sen avulla voidaan todentaa prosessi- ja ajotapamuutosten vaikutus prosessin energiatehokkuuteen.

Raportoitua tietoa mittauksista käyttävät työssään niin tuontantovastaavat kuin yrityksen johto. Yleisesti energiankulutusraportteja voidaan hyödyntää tuotannon arvioinnissa sekä toimenpiteiden vaikutusten seurannassa. Käytännössä mittaustietoja voidaan esittää käyrinä, jakaumina ja taulukoina. Taulukkomuodossa voidaan esittää suuria määriä tietoja, mutta niiden tulkinta saattaa olla hankalaa. Pylväskuvaajat tuovat esiin paremmin tarkasteltavien kohteiden tiedot ja niistä on helpompi myös tulkita tietoja.

Kun energiatehokkuutta mitataan tarkemmin ja opitaan paremmin ymmärtämään ja tulkitsemaan siihen vaikuttavia tekijöitä voidaan yksinkertaisesti parantaa energiatehokkuutta.

(Motiva: Energiatehokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmän hankinta 2014, 8-10.)



KUVA 3. Energian kulutusseurannasta energiatehokkuuden seurantaan (*Yritysten energiaopas: Energia tehokkuus*)

4.3 Ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi

Mielestäni ainakin suurimmilla energiaa kuluttavilla laitteilla voisi olla jonkinlainen energiankulutusta seuraava järjestelmä. Näitä kohteita ovat sintrausuunit, puristimet, kompressorit sekä ilmastointi.

Puristimiin on hyvä järjestää mittaus, sillä niiden parametrit, kuten tuotannon määrä ja tyyppi vaihtelevat. Tämä voi vaikuttaa mitattuun energiatehokkuuteen ja siksi ne tulisi kirjata tuotannon vaihteluksi, jotta varmistetaan energiankäytön todellisesta parannuksesta ja muutoksesta.

Ilmastoinnin energiankulutuksen seuraamisen avulla voidaan tarkkailla viikko- tai kuukausikohtaista kulutusta, ja puuttua sen mukaan lämmön säätelyyn. Myös, jos mahdollista, voitaisiin lämpötilojen joustavalla säädöllä saada parannuksia energiatehokkuuteen.

Paineilmajärjestelmään olisi myös hyvä saada jonkinlainen mittaus tai seuranta, koska sen kokonaiskulutus oli suuri. Parannuksia voidaan saada aikaan esimerkiksi kompressoreiden päivityksillä sekä optimoimalla käyttöpaineet.

5 MITTAUKSISSA KÄYTETYT MITTALAITTEET

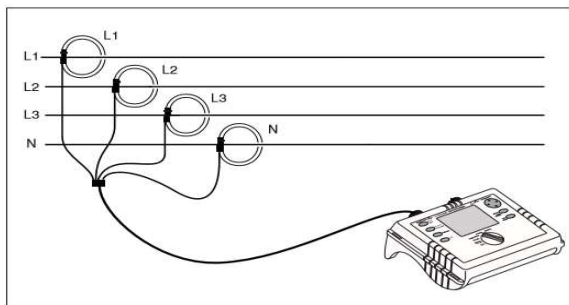
Tehtaassa ei ollut energiankulutusta seuraavaa järjestelmää, joka seuraisi laitekohtaista kulutusta, paitsi sähköpääkeskuksessa sijaitseva energiamittari, joka mittaa koko laitoksen kulutusta. Siitä johtuen mittauksissa käytettiin pääsääntöisesti Fluke 1735-energiamittaria sekä vastaavalla periaatteella toimivaa Metrel PowerQ4- mittalaitetta. Mittaukset suoritettiin kunkin laitteen syötöstä.

5.1 Fluke 1735



KUVA 4. Fluke 1735 – mittalaite

Mittalaite on tarkoitettu mitattavan kohteen energiankulutuksen seurantaan sekä sähkönlaadun tarkkailuun ja mittaamiseen. Virta- ja jännitemittauksen avulla nähdään kohteen pätö-, lois-, ja näennäistehon sekä tehokertoimen arvot. Laitteen voi jättää mittaamaan kohdettaan haluamukseen ajaksi ja laskentavälin voi valita 15 min ja 45 päivän väliltä. Laite laskee valitun mittausajan energiankulutuksen minimin, maksimin ja keskiarvon aina kellonajan mukaan sekä vaiheittain. Myös halutessaan voidaan tarkastella erikseen päiväkohtaista kulutusta. Virtamittauksella saadaan (KUVA 5) laskettua vain virrankulutuksen tiedot josta halutessaan voi laskea tehonkulutuksen. Virtamittaus osoittautui kyllä tärkeäksi toiminnoksi, koska joistakin mittauspaikoista oli hankalaa saada jännitettä mitatuksi.



KUVA 5. Kolmivaiheinen virtamittaus Fluke 1735 – mittalaitteella. (Fluke 1735 Power Logger Manual)

5.2 Metrel PowerQ4



KUVA 6. Metrel PowerQ4 – mittalaite

Pääosin samanlainen mittalaite kuin Fluke-1735. Huono puoli oli, että mittalaitteen maksimi tallennusaika oli 7 tuntia, joten laite ei soveltunut pitkiin mittauksiin, kuten esimerkiksi sintrausuunien mittaukseen. Mittaustulokset oli helppo lukea näytöltä ja laitetta oli helppo käyttää. Metrelin mittarissa oli hyvänä puolena se, että sen sai ajastettua, jolloin mittauksen sai laitettua alkamaan haluamaansa aikaan.

5.3 Mittauksien suorittaminen

Mittaukset suoritettiin sähköturvallisuutta noudattaen. Paikoissa, joissa jouduttiin työskentelemään lähellä avoimia johtoliitäntöjä, käytettiin jännitetyökäsineitä. Myös keskuksilla oli aina työpari oltava mukana. Mittauksia suorittaessani kohtasin monta kertaa ongelman, jossa laitteiden syöttöjä oli vaikea löytää puutteellisten merkintöjen vuoksi. Ehdotan siis, että laitteiden merkintöihin kiinnitetäisiin huomiota. Samalla turvallisuuskin paranee, kun laitteiden syötöt löytyvät nopeammin.

6 MITTAUSTULOKSET

Mitatut kohteet jakautuvat kahdeksaan eri ryhmään (jokaisessa on vielä useampi alaryhmä) seuraavasti: vetyhajoituslaitteet, jauhimet, puristimet, sintrausuunit, hiontalaitteet, kompressorit ja muut kulutuskohteet. Taulukosta näkee laitekohtaisen kulutuksen sekä kaikkien laitteiden vuoden aikana kuluttaman pätöenergian. Pylväsdiagrammista näkee vielä tarkemmin, mikä laite kyseisestä ryhmästä on kuluttanut eniten vuoden aikana energiaa kWh:na. Mittauksien virta-arvot tulevat mittauksien aikana saadusta kulutetun virran keskiarvosta.

Laskentaperiaate/-kaavat:

1. Vuoron aikana kulutettu energia (kWh) = Virta (A) * Jännite (V) * Aika (h)
2. Vuoden aikana kulutettu energia (kWh) = Tehdyt vuorot * Vuoron aikana kulutettu energia (kWh)

Poikkeuksena äskeisiin kaavoihin puristimien energiankulutus vuodessa on laskettu tehtyjen palojen mukaan:

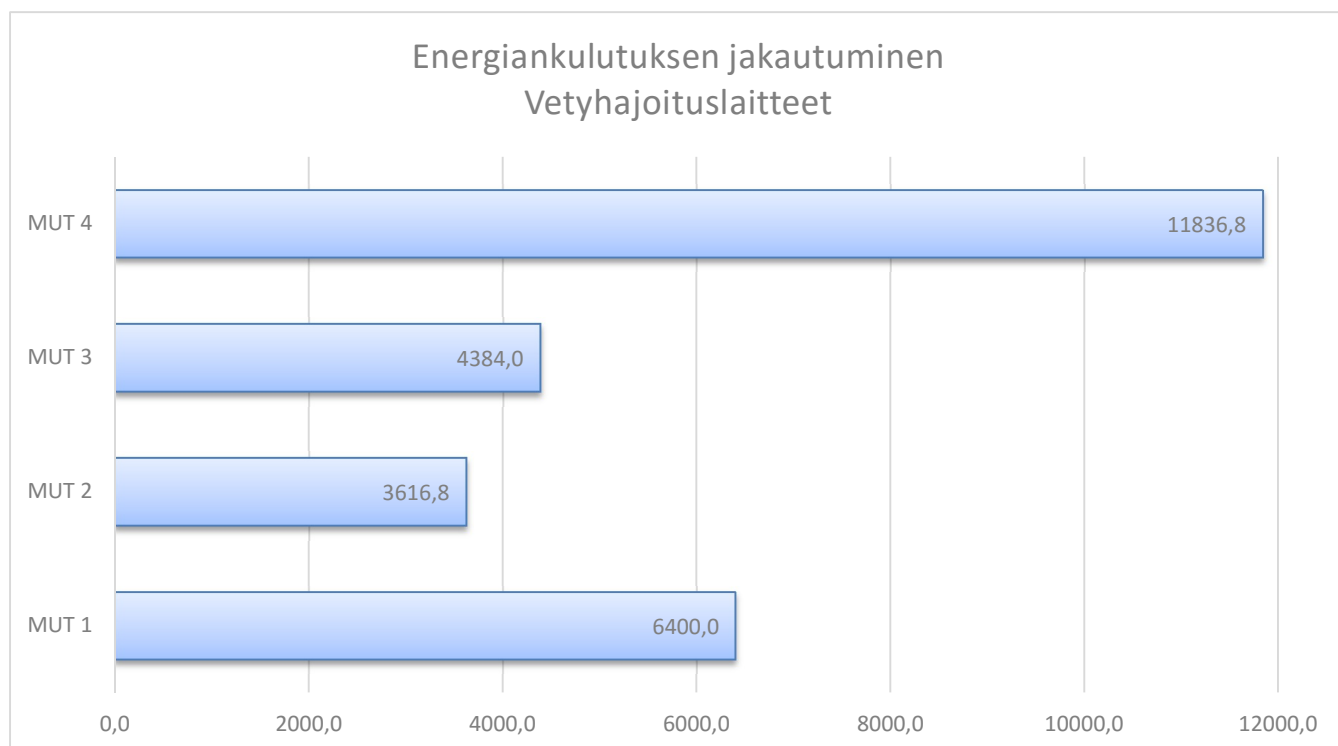
1. Puristuksessa kulutettu energia (kWh) = Virta (A) * Jännite (V) * Aika (h)
2. Vuoden aikana kulutettu energia (kWh) = (Puristuksessa kulutettu energia (kWh) / Tehty kappalemäärä mittauksen aikana) * Tehdyt kappalemäärät vuodessa

6.1 Vetyhajoituslaitteet

TAULUKKO 1. Vetyhajoituslaitteiden energiankulutus vuonna 2014.

Laite	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	V	P (kW)	Aika (h)	kWh/ Prosessi	Prosesseja	kWh/vuosi yht.
MUT 1	20,1	21,3	21,1	400	8,3	12	100,0	64	6400,0
MUT 2	22,6	23,1	22,8	400	9,1	12	109,6	33	3616,8
MUT 3	22,6	23,1	22,8	400	9,1	12	109,6	40	4384,0
MUT 4	22,6	23,1	22,8	400	9,1	12	109,6	108	11836,8
YHT.									26237,6

KUVAAJA 1. Vetyhajoituslaitteiden kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.

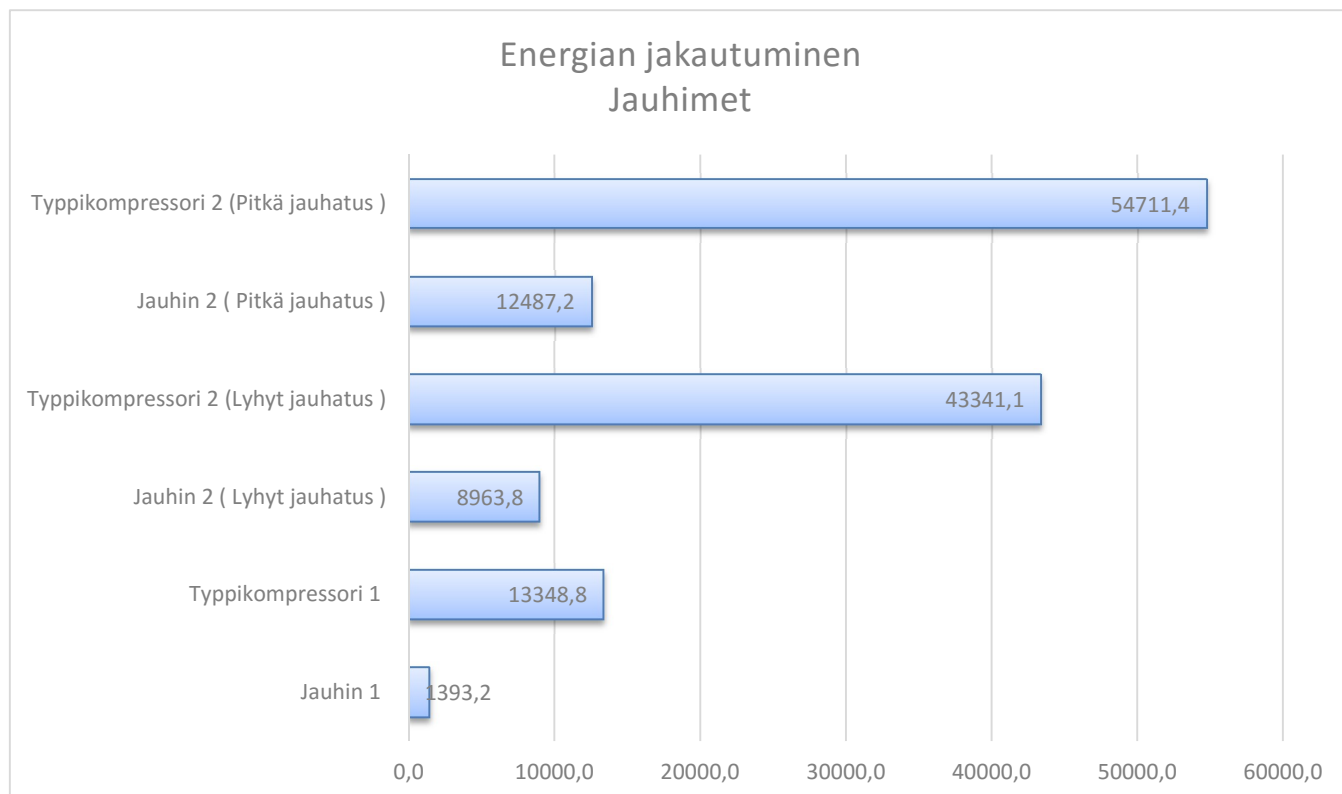


6.2 Jauhimet

TAULUKKO 2. Jauhimien energiankulutus vuonna 2014.

Laite	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	V	P (kW)	Aika (h)	kWh/ Jauhatus	Jauhatuksia	kWh/vuosi yht.
Jauhin 1	12,1	12,8	13,8	400	5,2	6	31,0	45	1393,2
Typfikompressori 1	125,4	124,5	120,9	400	49,4	6	296,6	45	13348,8
Jauhin 2 (Lyhyt jauhatus)	39,3	38,1	35,4	400	15,0	4	60,2	149	43341,1
Typfikompressori 2 (Lyhyt jauhatus)	177,6	185,1	182,7	400	72,7	4	290,9	149	43341,1
Jauhin 2 (Pitkä jauhatus)	37	45	47	400	17,2	6	103,2	121	12487,2
Typfikompressori 2 (Pitkä jauhatus)	188	190	187,2	400	75,4	6	452,2	121	54711,4
YHT.									134245,0

KUVAAJA 2. Jauhimien kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.

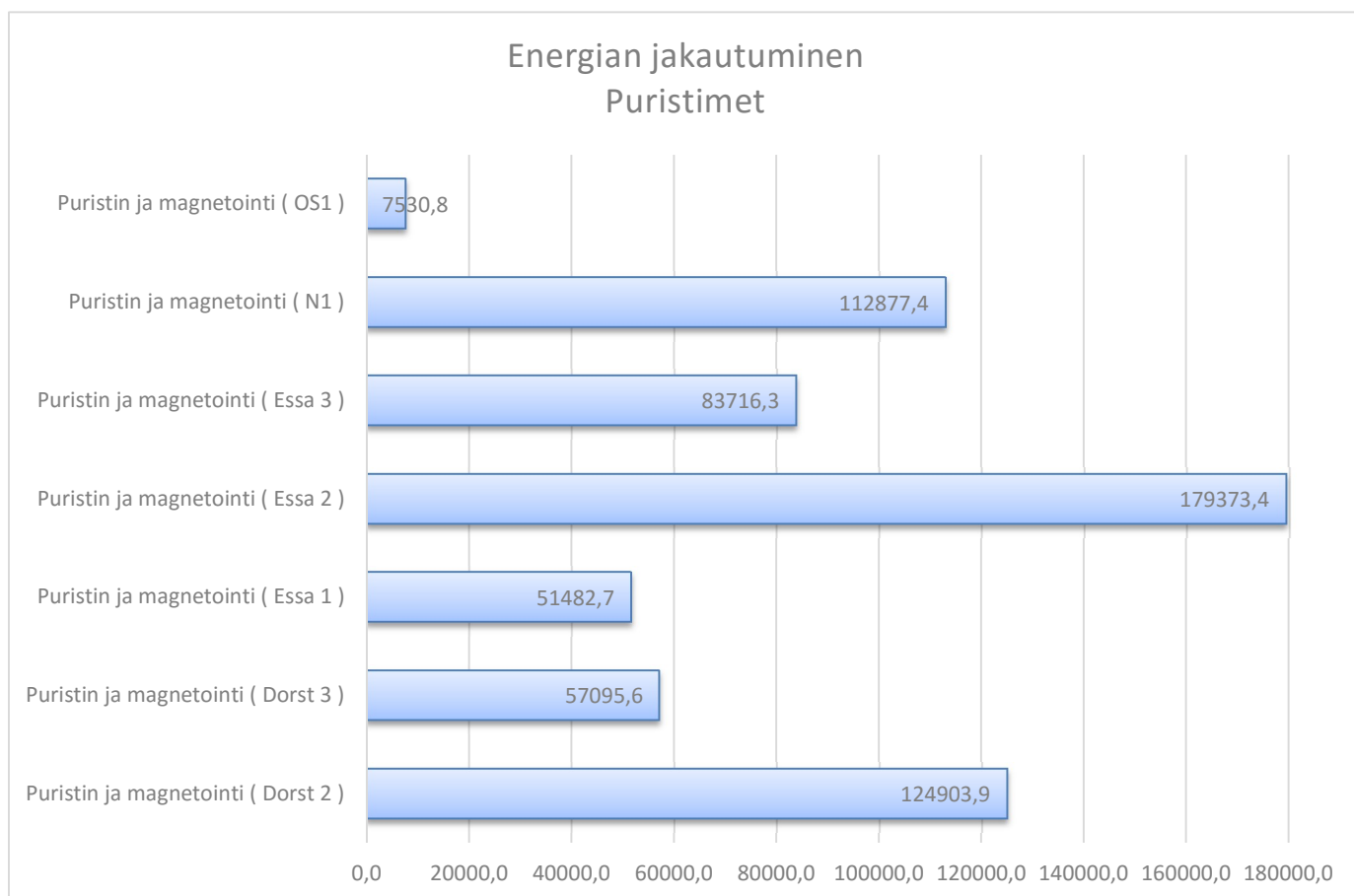


6.3 Puristimet

TAULUKKO 3. Puristimien energiankulutus vuonna 2014.

Laite	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	V	P (kW)	Aika (h)	kWh	Teht. kpl	Teht. kpl/v.2014	kWh/vuosi yht.
Puristin ja magnetointi (Dorst 2)	189,2	186,2	183,2	400	74,5	0,5	37,2	198	664097	124903,9
Puristin ja magnetointi (Dorst 3)	198,5	193	200,6	400	78,9	0,5	39,5	256	370287	57095,6
Puristin ja magnetointi (Essa 1)	152	156	148	400	60,8	0,5	30,4	96	162577	51482,7
Puristin ja magnetointi (Essa 2)	212,5	206,3	205,7	400	98,7	1	98,7	138	297423	179373,4
Puristin ja magnetointi (Essa 3)	141	143,9	151,9	400	58,2	0,5	29,1	79	227115	83716,3
Puristin ja magnetointi (N1)	137	135,8	136,9	400	54,6	0,5	27,3	54	223165	112877,4
Puristin ja magnetointi (OS1)	134,1	132,9	133,8	400	53,4	2	106,9	100	7046	7530,8
YHT.										616980,0

KUVAAJA 3. Puristimien kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.

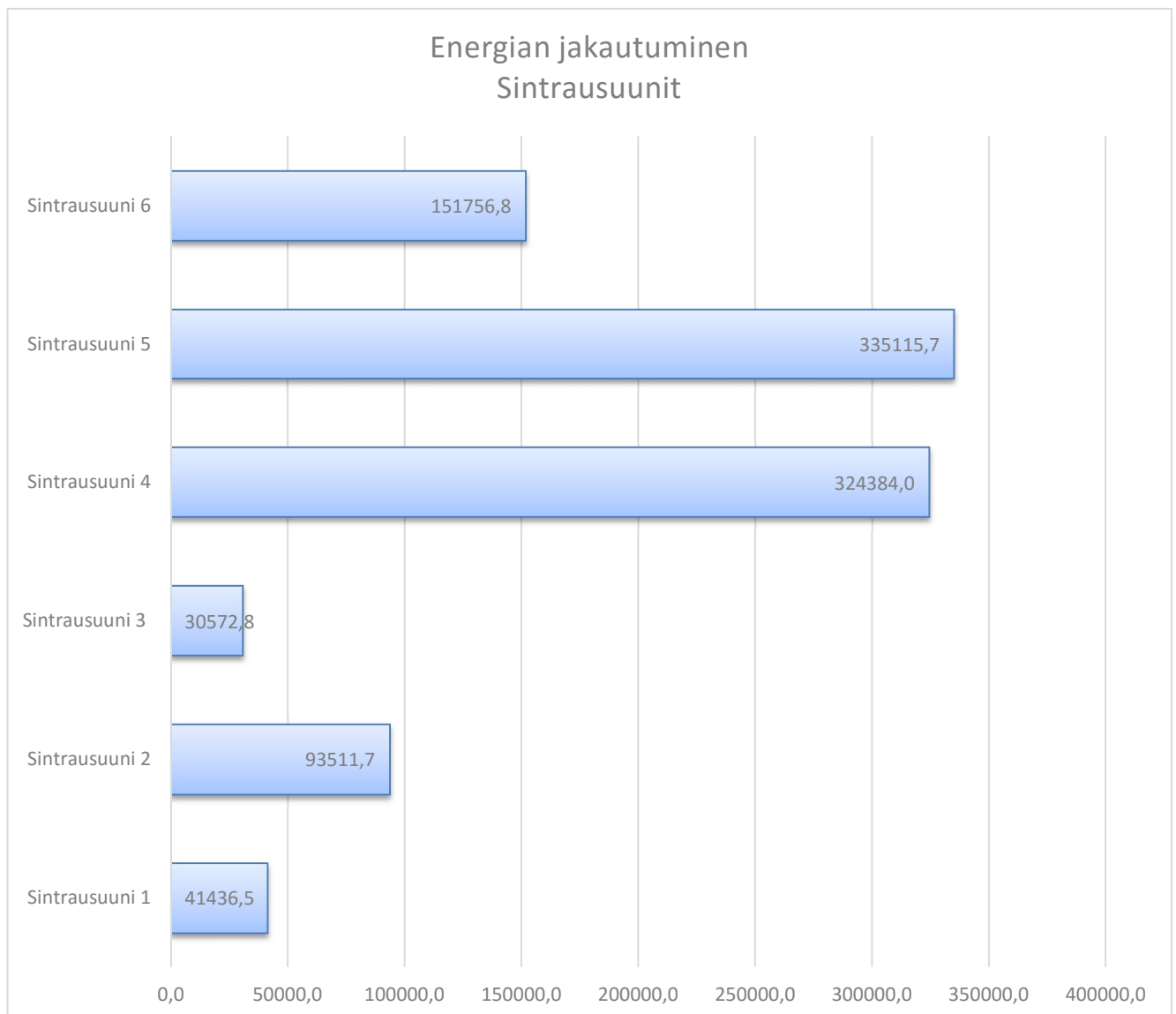


6.4 Sintrausuunit

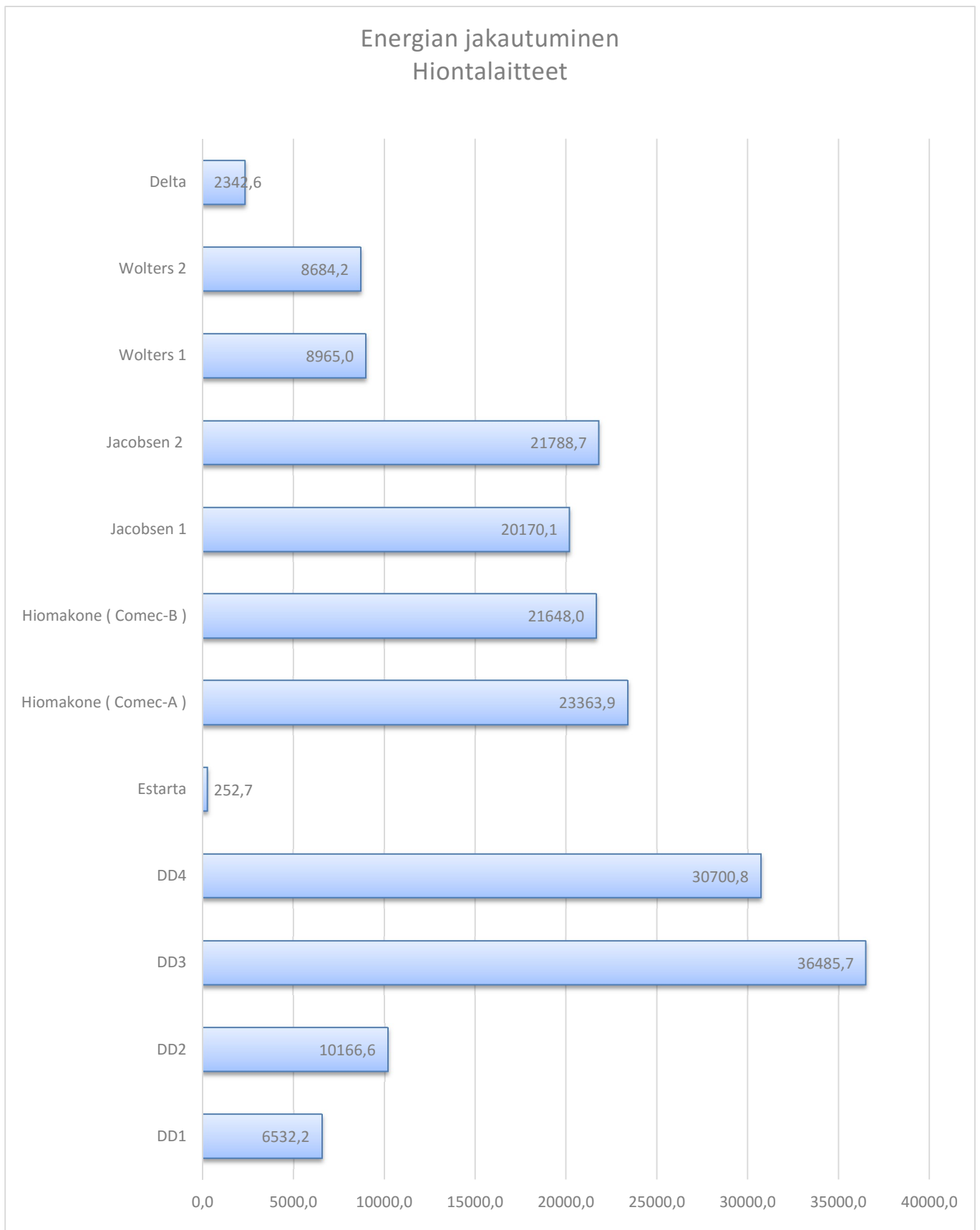
TAULUKKO 4. Sintrausuunien energiankulutus vuonna 2014.

Laite	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	V	P (kW)	kWh/ Sintraus	Sintrauksia	kWh/vuosi yht.
Sintrausuuni 1	83	87,4	83,5	400	33,9	812,5	51	41436,5
Sintrausuuni 2	98,1	105,3	101	400	40,6	974,1	96	93511,7
Sintrausuuni 3	185	190	187	400	74,9	1798,4	17	30572,8
Sintrausuuni 4	179	182	184	400	72,7	1744,0	186	324384,0
Sintrausuuni 5	189	192	191	400	76,3	1982,9	169	335115,7
Sintrausuuni 6	326	334	328	400	131,7	4742,4	32	151756,8
YHT.								976777,5

KUVAAJA 4. Sintrausuunien kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.



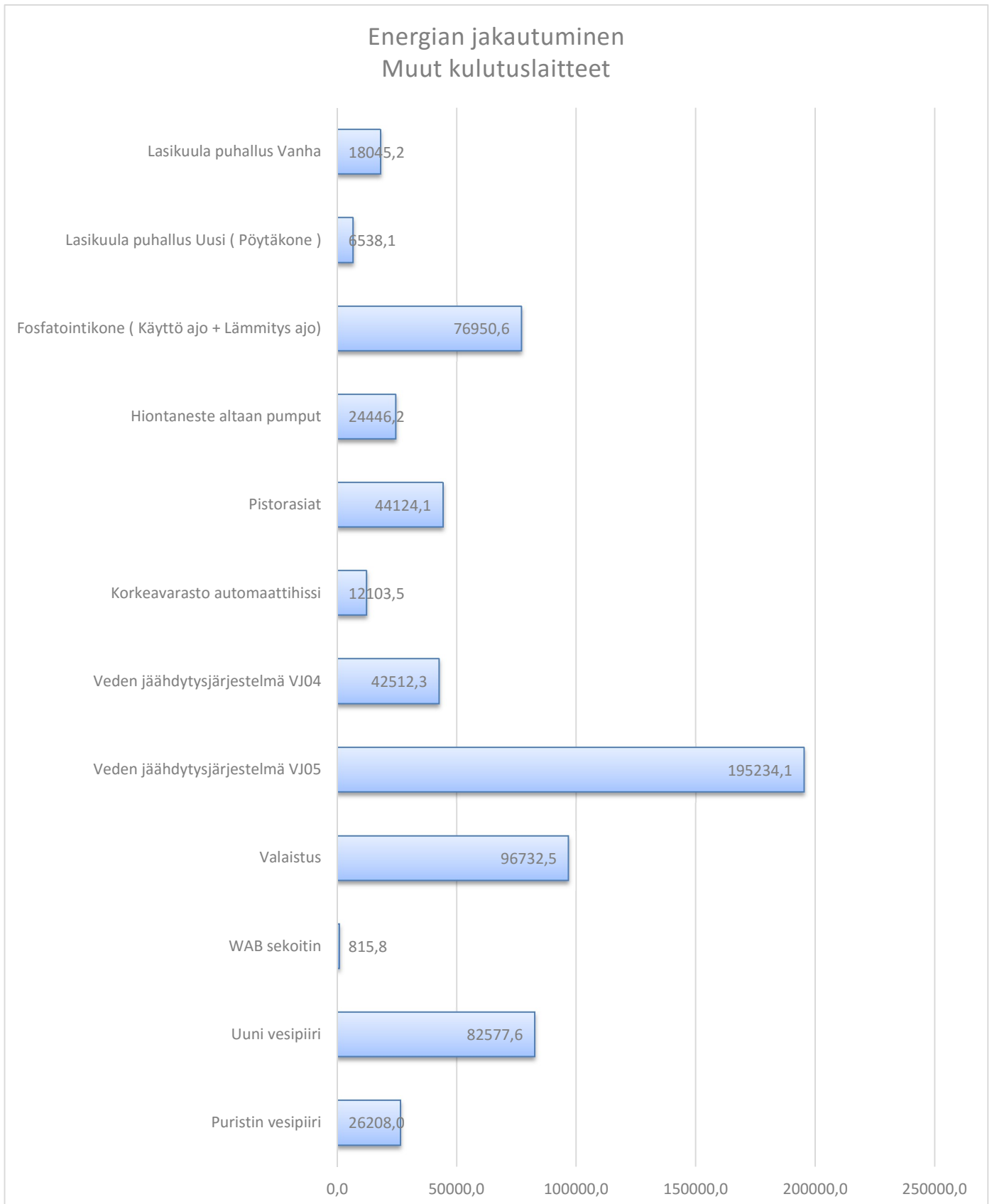
KUVAAJA 5. Hiontalaitteiden kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.



KUVAAJA 6. Kompressorien kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.



KUVAAJA 7. Muiden laitteiden kulutuksen jakautuminen vuonna 2014.



7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli saada selville sähköenergian jakautuminen eri prosesseissa. Työssä myös vertailtiin toteutunutta ja laskettua energiankulutusta vuoden 2014 kokonaiskulutukseen. Kulutuserot olivat vuositasolla n. 92MWh, eli n. 97,2 % saatiin laskettua kokonaiskulutuksesta. Pienimmät laitteet jätettiin energiankulutuslaskelmista ulkopuolelle. Näiden laitteiden kulutus jää vuositasolla kuitenkin sen verran pieniksi ja niillä on pieni vaikutus kokonaistulokseen.

Mielestäni opinnäytetyö toteutui odotetulla tavalla, sekä asiat olivat tuttuja. Mittausten osalta kaikki sujui hyvin ja kokonaiskulutuksessa päästiin lähelle toivottuja arvoja.

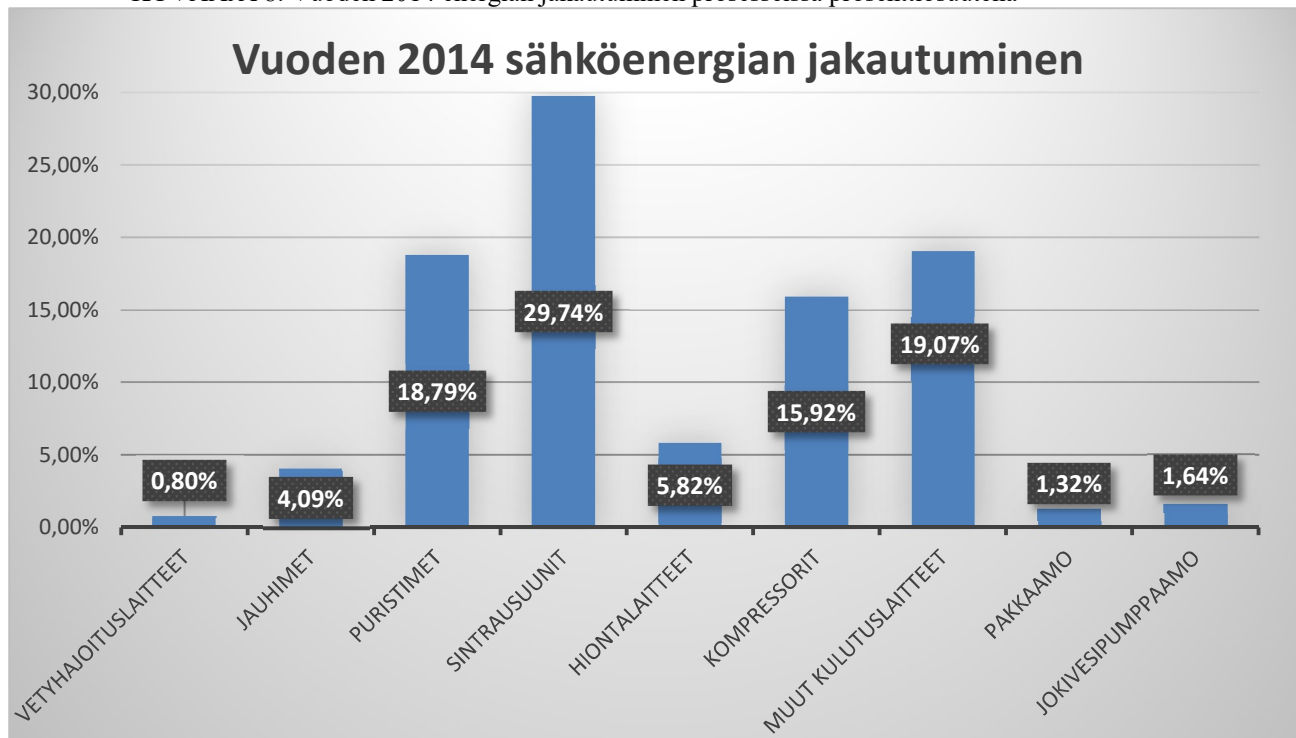
TAULUKKO 8. Prosessien yhteiskulutus vuonna 2014.

	kWh/vuosi yht.	
Vetyhajoituslaitteet	26237,6	0,8 %
Jauhimet	134840,0	4,1 %
Puristimet	616980,0	18,8 %
Sintrausuunit	973777,5	29,7 %
Hiontalaitteet	191100,5	5,8 %
Kompressorit	522879,7	15,9 %
Muut kulutuslaitteet	626288,2	19,1 %
Pakkaamo	43409	1,3 %
Jokivesipumppaamo	53704	1,6 %
YHT.	3191621,9	97,2%

TAULUKKO 9. Vuosikulutuksien vertailu.

Kokonaiskulutus laskettu 2014	3191621,9	
kokonaiskulutus 2014	3283950,0	
Erotus	92328,1	97,2 %

KUVAAJA 8. Vuoden 2014 energian jakautuminen prosesseissa prosentiosuutena



7.1 Kulutuksien jakautuminen prosentti osuutena laitekohtaisesti.

TAULUKKO 10. Kulutuksien jakautuminen prosentteina

Laite	Prosentti osuus koko vuoden kulutuksesta
Vetyhajoituslaitteet	
MUT 1	0,19 %
MUT 2	0,11 %
MUT 3	0,13 %
MUT 4	0,36 %
YHT.	0,80 %
Jauhimet	
Jauhin 1	0,04 %
Typpikompressori 1	0,41 %
Jauhin 2 (Lyhyt jauhatus)	0,27 %
Typpikompressori 2 (Lyhyt jauhatus)	1,32 %
Jauhin 2 (Pitkä jauhatus)	0,38 %
Typpikompressori 2 (Pitkä jauhatus)	1,67 %
YHT.	4,09 %

TAULUKKO 11. Kulutuksien jakautuminen prosentteina

Laite	Prosentti osuus koko vuoden kulutuksesta
Puristimet	
Puristin ja magnetointi (Dorst 2)	3,80 %
Puristin ja magnetointi (Dorst 3)	1,74%
Puristin ja magnetointi (Essa 1)	1,57 %
Puristin ja magnetointi (Essa 2)	5,46 %
Puristin ja magnetointi (Essa 3)	2,55 %
Puristin ja magnetointi (N1)	3,44 %
Puristin ja magnetointi (OS1)	0,23 %
YHT.	18,79 %
Sintrausuunit	
Sintrausuuni 1, 24h	1,26 %
Sintrausuuni 2, 24h	2,85 %
Sintrausuuni 3, 24h	0,93 %
Sintrausuuni 4, 24h	9,88 %
Sintrausuuni 5, 26h	10,20 %
Sintrausuuni 6, 36h	4,62 %
YHT.	29,74 %
Hiontalaitteet	
DD1	0,20 %
DD2	0,31 %
DD3	1,11 %
DD4	0,93 %
Estarta	0,01 %
Hiomakone (Comec-A)	0,71 %
Hiomakone (Comec-B)	0,66 %
Jacobsen 1	0,61 %
Jacobsen 2	0,66 %
Wolters 1	0,27 %
Wolters 2	0,26 %
Delta	0,07 %
YHT.	5,82

TAULUKKO 12. Kulutuksien jakautuminen prosentteina

Laite	Prosentti osuus koko vuoden kulutuksesta
Kompressorit	
Kompressori 1 (Hiekkapuhallukset ei käytössä)	0,26 %
Kompressori 3 (Hiekkapuhallukset ei käytössä)	1,45 %
Kompressori 1 (Molemmat hiekkapuhallukset käytössä)	2,53 %
Kompressori 3 (Molemmat hiekkapuhallukset käytössä)	2,50 %
Kompressori 1 (Pöytäkone ei käytössä)	2,52 %
Kompressori 3 (Pöytäkone ei käytössä)	1,56 %
Kompressori 1 (Vain pöytäkone käytössä)	2,52 %
Kompressori 3 (Vain pöytäkone käytössä)	1,84 %
Kompressori 1 (Viikonloppu)	0,16 %
Kompressori 3 (Viikonloppu)	0,58 %
YHT.	15,92
Muut kulutuslaitteet	
Puristin vesipiiri	0,80 %
Uuni vesipiiri	2,51 %
WAB sekoitin	0,02 %
Valaistus	2,95 %
Veden jäähdytysjärjestelmä VJ05	5,95 %
Veden jäähdytysjärjestelmä VJ04	1,29 %
Korkeavarasto automaattihissi	0,37 %
Pistorasiat	1,34 %
Hiontaneste altaan pumpput	0,74 %
Fosfointikone (Käyttö ajo + Lämmitys ajo)	2,34 %
Lasikuula puhallus Uusi (Pöytäkone)	0,20 %
Lasikuula puhallus Vanha	0,55 %
YHT.	19,07 %
PAKKAAMO	1,32 %
JOKIVESIPUMPPAAMO	1,64 %

LÄHTEET

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

Yritysten energiaopas: Energia tehokkuus Luettavissa:
http://ek2.ek.fi/yritysten_energiaopas/fi/energiatehokkuus/index.php

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

Raimo Kallio, MJJ Mäkinen. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Otavan Kirjapaino Oy

Ahoranta, J. 2015. Sähkötekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Pentti Inkinen, Reijo Manninen, Jukka Tuohi. 2009. Momentti 2. Otavan Kirjapaino Oy

Yrityksensivut: <http://www.neorem.fi/home.html>

Laite	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	V	P (kW)	Aika (h)	kWh/vuoro	Tehy kpl	Vuoroja	kWh/vuosi jht.	koko vuoden kulutuksesta
Vetäjäjoituslaitteet											
MUT 1	20,1	21,3	21,1	400	8,3	12	100,0		64	6400,0	0,19 %
MUT 2	22,6	23,1	22,8	400	9,1	12	109,6		33	3616,8	0,11 %
MUT 3	22,6	23,1	22,8	400	9,1	12	109,6		40	4384,0	0,13 %
MUT 4	22,6	23,1	22,8	400	9,1	12	109,6		108	11836,8	0,36 %
Jauhimet											
Jauhin 1	12,1	12,8	13,8	400	5,2	6	31,0		45	1393,2	0,04 %
Typpinkompressori 1	125,4	124,5	120,9	400	49,4	6	296,6		45	13348,8	0,41 %
Jauhin 2 (Lyhyt jauhatus)	39,3	38,1	35,4	400	15,0	4	60,2		149	8963,8	0,27 %
Typpinkompressori 2 (Lyhyt jauhatus)	177,6	185,1	182,7	400	72,7	4	290,9		149	43341,1	1,32 %
Jauhin 2 (Pitkä jauhatus)	37	45	47	400	17,2	6	103,2		121	12487,2	0,38 %
Typpinkompressori 2 (Pitkä jauhatus)	188	190	187,2	400	75,4	6	452,2		121	54711,4	1,67 %
Puristimet											
Puristin ja magnetointi (Dorst 2)	189,2	186,2	183,2	400	74,5	0,5	37,2	198	664097	124903,9	3,80 %
Puristin ja magnetointi (Dorst 3)	198,5	193	200,6	400	78,9	0,5	39,5	256	370287	57095,6	1,74 %
Puristin ja magnetointi (Essa 1)	152	156	148	400	60,8	0,5	30,4	96	162577	51482,7	1,57 %
Puristin ja magnetointi (Essa 2)	212,5	206	205,7	400	83,2	1	83,2	138	297423	179373,4	5,46 %
Puristin ja magnetointi (Essa 3)	141	143,9	151,9	400	58,2	0,5	29,1	79	227115	83716,3	2,55 %
Puristin ja magnetointi (NI)	137	135,8	136,9	400	54,6	0,5	27,3	54	223165	112877,4	3,44 %
Puristin ja magnetointi (OS1)	134,1	132,9	133,8	400	53,4	2	106,9	100	7046	7530,8	0,23 %
Sintrausuunit											
Sintrausuuni 1	83	87,4	83,5	400	33,9	24	812,5		51	41436,5	1,26 %
Sintrausuuni 2	98,1	105,3	101	400	40,6	24	974,1		96	93511,7	2,85 %
Sintrausuuni 3	185	190	187	400	74,9	24	1798,4		17	30572,8	0,93 %
Sintrausuuni 4	179	182	184	400	72,7	24	1744,0		186	324384,0	9,88 %
Sintrausuuni 5	189	192	191	400	76,3	26	1982,9		169	335115,7	10,20 %
Sintrausuuni 6	326	334	328	400	131,7	36	4742,4		32	151756,8	4,62 %
Hiontalaitteet											
DD1	15	15	14,7	400	6,0	8	47,7		137	6532,2	0,20 %
DD2	21,2	21,8	21,4	400	8,6	8	68,7		148	10166,6	0,31 %
DD3	28,6	29,1	27,6	400	11,4	8	91,0		401	36485,7	1,11 %
DD4	29	26	27	400	10,9	8	87,5		351	30700,8	0,93 %
Estarta	14	13,3	13,9	230	3,2	8	25,3		10	252,7	0,01 %
Hiomakone (Comec-A)	20,1	18,4	19,6	400	7,7	8	62,0		377	23363,9	0,71 %
Hiomakone (Comec-B)	24,3	18	19,2	400	8,2	8	65,6		330	21648,0	0,66 %
Jacobsen 1	68	63	72	230	15,6	8	124,5		162	20170,1	0,61 %
Jacobsen 2	68	63	72	230	15,6	8	124,5		175	21788,7	0,66 %
Wolters 1	10,2	12	10,5	230	2,5	8	20,1		447	8965,0	0,27 %
Wolters 2	10,2	12	10,5	230	2,5	8	20,1		433	8694,2	0,26 %
Delta	10,7	10,3	12,8	230	2,6	8	20,7		113	2342,6	0,07 %

