

Ville-Veikko Vesterinen

Sähkön Laatu

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri  
Tekniikka  
Sähkön laatu  
5.5.2011

Tekijä Otsikko	Ville-Veikko Vesterinen Sähkön laatu
Sivumäärä Aika	15 sivua + 6 liitettä 5.5.2011
Tutkinto	Insinööri
Koulutusohjelma	Tekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Arja Ristola Insinööri Jarmo Mäkelä
<p>Työssä tutkittiin jännitteen ominaisuuksia kiinteistössä tekemällä voimassa olevaan standardiin perustuen jännitteen laatumittaukset asiakkaan sähköpääkeskuksessa. Virtamittauksilla pyrittiin selvittämään kiinteistön laitteistojen verkkoon aiheuttamat yliaaltosäröt. Tarkoituksena oli selvittää, täyttyykö sähkön laadulle asetetun standardin kaikki osat.</p>	
Avainsanat	sähkön laatu, virtamittaus

Author Title	Ville-Veikko Vesterinen Sähkön Laatu
Number of Pages Date	15 pages + 6 appendices 5 May 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Jarmo Mäkelä, Project Engineer Arja Ristola, Senior Lecturer, M.Sci.
<p>In this thesis looks at the voltage properties found in a school building, the clients main distribution board, by the method of checking the quality of the current and comparing them to the present standards.</p>	
Keywords	power quality, current measurement

## **Sisällys**

### **Tiivistelmä**

### **Abstract**

### **Sisällys**

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Loisteho ja yliaallot</b>	<b>1</b>
<b>2.1</b>	<b>Loisteho</b>	<b>1</b>
<b>2.2</b>	<b>Yliaallot</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Loistehon ja yliaaltojen hallinta</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Loistehon kompensointi</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>Yliaaltosuodatus</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Mittalaite</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Laatumittaukset</b>	<b>8</b>
<b>5.1</b>	<b>Jännitteen ominaisuuksia</b>	<b>8</b>
<b>5.2</b>	<b>Loistehon mittaus</b>	<b>13</b>
<b>5.3</b>	<b>Yliaaltojen mittaus</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Päätelmät</b>	<b>14</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>16</b>

### Liitteet

Liite 1. Yliaaltojen mittauspöytäkirja

Liite 2. Jännitteenmittauspöytäkirja

Liite 3. Nolla virran mittauspöytäkirja

Liite 4. Malliraportti

## 1 Johdanto

Sähkö on energiamuoto, jota voidaan hyödyntää eri tarpeisiin erittäin monipuolisesti mukauttaen. Sitä käytetään muutettuna moniin muihin energian muotoihin: lämpö, valo, liike energia ja monet sähkömagneettiset, sähköiset, akustiset ja visuaaliset energiamuodot, jotka ovat nykyaikaisen viestinsiirron, tietotekniikan ja viihteen pohjana. Verkon käyttäjille toimitettavalla sähköllä on monia muuttuvia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat verkon käyttäjien sähköstä saamaan hyötyyn. Tässä työssä selvitetään vaihtojännitteeseen liittyviä sähkön ominaisuuksia.

Sähkön käytön suhteen olisi toivottavaa, että jännite olisi taajuudeltaan ja tehollisarvoltaan vakio ja sen hetkellisarvo sinimuotoisesti vaihteleva. Työssä tutkitaan sähkönlaatua mittaamalla jännitteen ja virran ominaisuuksia monien eri kohteiden liityntäpisteestä. Työssä selvennetään sähkön laadun käsitteitä.

Opinnäytetyön mittaukset on tehty yhteistyössä Sähköpalvelu Koskela Oy:n kanssa. Sähköpalvelu Koskela on pieni sähköalan urakointiyritys Keski-Uudeltamaalta. Yritys tarvitsee tietoa sähkön laadunkäsitteistä ja mittaustulosten raportoinnista tulevaisuuden projekteihin.

## 2 Loisteho ja yliaallot

### 2.1 Loisteho

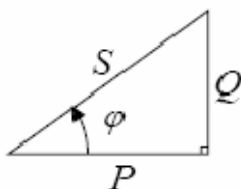
Loistehohan johtuu kuormituksen reaktiivisuudesta. Reaktiivinen kuorma palauttaa osan energiastaan takaisin. Tämä palaava energia (= virtaa) kuormittaa siirtoverkkoa ja muuntajia, joiden virrankäsittelykyvyn tulee kestää myös loisvirran osuus. Loisteho ei osallistu niin sanotusti varsinaisen työn tekemiseen vaan pitää yllä tarvittavaa magneettikenttää. Mikäli loistehoa ei tuoteta paikallisesti kuormaa varten, se otetaan sähköverkosta. Tällöin loisteho kasvattaa kuorman virtaa, joka pienentää johtimen kapasiteettia siirtää hyödyllistä pätötehoa.(1)

Kaavassa 1 on eroteltu kokonaisvirrasta  $I$  pätö- ja loisvirtakomponentit  $I_p$  ja  $I_q$ :

$$I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2} \quad (1)$$

Kuten kaavasta 1 voidaan nähdä, pienentämällä loisvirtakomponenttia myös kokonaisvirta pienenee. Tällöin pienennetään samalla pätötehohäviöitä. Tämä vaikuttaa ennen kaikkea johdinten sekä kojeiden mitoitukseen.

Näennäis-, pätö- ja loistehojen välisiä suhteita kuvataan monesti tehokolmiolla:



**Kuva 1**

Loisteho saadaan seuraavilla kaavoilla 2, 3 ja 4 tehokolmiosta:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2)$$

$$P = S * \cos\varphi \quad (3)$$

$$Q = S * \sin\varphi \quad (4)$$

missä

$S$  = näennäisteho

$P$  = pätöteho

$Q$  = loisteho

## 2.2 Yliaallot

Nykyaikana tehoelektroniikan käyttö lisääntyy jatkuvasti. Tehoelektroniikan ikävin sivutuote on yliaallot. Yliaalloiksi kutsutaan kaikkia sähköverkon jännitteitä ja virtoja, joiden taajuus ylittää normaalin verkkotaajuuden (50 Hz). Yliaallot ovat verkkotaajuuden monikertoja. Kolmannen yliaallon taajuus on 150 Hz, viidennen yliaallon taajuus 250 Hz ja niin edelleen. Yleisimpiä yliaalloista ovat kolmas, viides, seitsemäs ja yhdestoista yliaalto. Kolmas yliaalto aiheuttaa virtaa nollajohtimeen. Parittomat yliaallot ovat positiivisia ja parilliset negatiivisia. Positiivinen kiertosuunta tarkoittaa, että ne pyrkivät pyörittämään moottoreita nopeammin ja negatiivinen kiertosuunta hitaammin kuin perustaaajuus. Yleensä virran yliaallot ovat selvästi merkittävämpiä kuin jännitteen yliaallot.

Kolmannen harmonisen yliaallon suurin haittavaikutus on sen aiheuttama yliaaltovirta nollajohtimessa. Yliaaltovirta voi nollajohtimessa kasvaa pahimmassa tapauksessa jopa 2 - 3-kertaiseksi verrattuna vaihejohtimessa kulkevaan virtaan. Myös vinokuorma aiheuttaa virtaa nollajohtimeen. Vinokuorma tarkoittaa tilannetta, jossa kolmivaihejärjestelmässä kuormitus on jakautunut epätasaisesti vaiheiden kesken. Erityisesti vanhemmissa rakennuksissa voi koitua ongelmaksi mitoitus tapa, jonka mukaan esimerkiksi asuntojen nousujohtojen nollajohtimen poikkipinta-ala on vain puolet vaihejohtimesta. Tämä aiheuttaa johtimen lämpenemistä sekä eristeiden nopeaa vanhenemistä. Koska nollajohtinta ei ole suojattu sulakkeella, ilmiöstä voi aiheutua jopa tulipalovaara. Yliaallot aiheuttavat myös jakelumuuntajissa häviöitä sekä ylimääräistä lämpenemistä. Nollavirran arvot on esitetty liitteessä 3.

Yliaaltoja synnyttävät epälineaariset kuormitukset ja kuormitukset, jotka ottavat verkosta epäsinimuotoista virtaa. Yleisesti ajateltuna yksivaiheiset kuormat synnyttävät kolmatta yliaaltoja ja kolmivaiheiset kuormat muita yliaaltoja. Yliaaltoja aiheuttavat muun muassa PC:t, tasasuuntaajat, hakkuriteholähteet, taajuusmuuttajat ja purkauslamput (esimerkiksi energiansäästölamput). Yliaaltovirran suuruus on riippuvainen kuormituksesta sekä verkon impedanssista kyseessä olevalla taajuudella. Myös vääränlainen loistehon kompensointi voi vahvistaa yliaaltoja. Tämä johtuu siitä, että yliaallot voivat resonoida kompensointiparistojen kanssa. (2.)

Yliaaltojen suurimmat haittavaikutukset ovat seuraavat:

1. Verkon nollajohdin on virrallinen symmetriselläkin kuormituksella.
2. Yliaaltoiset magneettikentät aiheuttavat häiriöitä telekaapeleihin.
3. Muuntajien kuormitettavuus pienenee.
4. Yliaaltoherkät laitteet voivat toimia virheellisesti (suuntaajat).
5. PC-näyttörüutujen kuva värisee.
6. Kompensointikondensaattorit voivat ylikuormittua yliaaltovirroista.

Yliaaltojen seurauksena sähköverkon jännite voi säröytyä. Virtayliaallot aiheuttavat verkon impedansseissa yliaaltoisia jännitehäviöitä, jotka käytännössä näkyvät jännitteen säröytymisenä. Jännitesärö tarkoittaa jännitteen aaltomuodon muuttumista epälineaariseksi. Jännitesärö voi aiheuttaa laitteissa toimintahäiriöitä. Nykyajan laitteet vaativat korkealaatuista jännitettä. Esimerkiksi tietokoneet ovat tällaisia laitteita. Jännitesärö voi aiheuttaa myös johtimien lämpenemistä sekä sulakkeiden ja releiden toimintahäiriöitä. Jännitesärö ilmoitetaan THD -arvona, ja se ilmoitetaan prosenttilukuna yliaaltokomponenttien suuruuden suhteessa normaaliin sinimuotoiseen aaltoon. (1.)

Standardin *SFS-EN 50160* mukaan jännitteen yliaalloille on annettu (taulukko 1) erilaisia arvoja. Harmonisen yliaaltojännitteen tehollisarvon tulee siis olla 10 minuutin keskiarvoista laskettuna viikon aikana 95 %:sti taulukon 1 mukaisissa rajoissa. Harmoninen kokonaissärö *TDH* (Total Harmonic Distortion) saa olla enintään 8 %. (7)



Taulukko 1

Parittomat yliaallot kolmella jaottomat		Parittomat yliaallot kolmella jaolliset		Parilliset yliaallot	
Järjestysluku	Yliaaltojännite %	Järjestysluku	Yliaaltojännite %	Järjestysluku	Yliaaltojännite %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				
Kokonaissäröteho TDH 8 %					

### 3 Loistehon ja yliaaltojen hallinta

#### 3.1 Loistehon kompensointi

Kompensointitarvetta selvitetessä yksi tapa on määrittää todellinen tarve tekemällä kohteessa mittaukset. Mittauksia tehtäessä olisi syytä selvittää sähköverkon ajankohmainen kuormitustilanne sekä jo olemassa olevien kompensointilaitteiden määrä ja kunto. Mittaukset tehdään nykyään yleisesti teho- ja energia-analysaattoreilla, joiden muistikapasiteetti saattaa antaa mahdollisuuden myös sähköverkon kuormituksen pidempiaikaiseen seurantaan. Samoilla mittalaitteilla saadaan yleensä myös selville sähköverkossa esiintyvien yliaaltojen määrät sekä sähkönlaadun kannalta oleelliset jännite- ja virtasäröt. Koko kiinteistön loistehon tarve saattaa olla helpoimmin selvitettävissä verkoyhtiön mittauksen eli sähkölaskun perusteella. Määrittäminen voidaan tehdä myös käyttäen apuna tehokerroin- ja loistehomittaria.(6.)

### *Kompensointitavat*

#### *Yksittäiskompensointi*

Yksittäiskompensoinnilla tarkoitetaan kompensoitavan laitteen läheisyyteen sijoitettavaa kyseiselle laitteelle mitoitettua kiinteää kondensaattoria. Yksittäiskompensointia käytetään yleensä moottoreilla ja joissain tapauksessa tehokkailla purkauslampuilla. Edellytyksenä yksittäiskompensoinnille on loistehon pieni vaihtelu.

#### *Kojeryhmän kompensointi*

Kojeryhmän kompensointia käytetään esimerkiksi valaistuksen yhteydessä. Kompensointilaitteisto on yleensä kiinteä, ja se sijoitetaan ryhmäkeskukseen tai sen läheisyyteen ja varustetaan kytkimellä ja sulakkeilla.

#### *Keskitetty kompensointi*

Keskitetty kompensointi hoidetaan automatiikkaparistoilla, jotka sijoitetaan pääkeskukseen ja varustetaan sulakelähdöillä. Loistehonsäädin hoitaa kompensoinnin ohjauksen kytkemällä kondensaattoriportaita päälle tilanteen mukaan samalla estäen ylikompensoinnin. Jos verkossa esiintyy yliaaltoja, käytetään kompensoinnissa joko estokelaparistoja tai yliaaltosuodattimia. (10)

### 3.2 Yliaaltosuodatus

Verkon yliaaltoja voidaan suodattaa, jolloin sähkön laatu paranee. Jännitesärö (THD Total Harmonic Distortion) pienenee, jolloin kulutuskojeissa esiintyvien häiriöiden ja vaurioiden todennäköisyys pienenee. Myös häviöt eri verkkokomponenteissa pienenevät. Näiden etujen muuttaminen takaisinmaksuajaksi esim. keskeytyskustannusten pienemisen kautta on erittäin tapauskohtaista. Joissain verkoissa yliaaltosuodattimet ovat häiriöttömän käytön edellytys.(6)

Yliaaltosuodatin koostuu kondensaattoriyksiköstä ja sarjaan kytketystä kuristimesta. Kondensaattoreiden perustaajuudella tuottama loisteho mitoitetaan halutun kompensointitehon mukaan. Kuristimen induktanssi valitaan siten, että se muodostaa kondensaattoreiden kanssa yliaaltotaajuudella impedanssiltaan hyvin pienen sarjaresonanssi-piirin (imupiiri), jolloin yliaalto kulkeutuu suodattimeen. Yliaaltosuodattimia voidaan ohjata joko loistehosäätimellä loistehon tarpeen mukaan tai suodatettavalta kuormalta tulevalta ohjauksella.(6)

Tyypillinen yliaaltosuodatin koostuu tavallisesti kolmelle yleisimmille esiintyvälle yliaallolle (5., 7. ja 11.) viritetystä sarjaresonanssi-piiristä. Kunkin yliaaltosuodattimen komponentit (kontaktori, ylivirtasuojaus, kela ja kondensaattoriyksikkö) asennetaan omaan kaappiin. Sähköinen liitäntä tehdään tavallisimmin kaapelilla pääkeskuksen sulakelähtöihin. Suodatin voidaan rakentaa osaksi keskusta. Suodattimet suunnitellaan yleensä tapauskohtaisesti mittaustietojen perusteella. Suodatin voidaan koota vakiokomponenteista, jolloin saadaan tehokas mutta kustannuksiltaan edullinen kokoonpano.(2)

Passiivisten suodattimien sijasta yliaaltovirtojen suodatus voidaan suorittaa aktiivisesti. Aktiivisuodatin mittaa verkon yliaaltovirtoja ja tuottaa samansuuruisia ja -taajuisia, mutta 180 asteen vaihesiirron omaavia virtoja. Kuorman synnyttämät yliaaltovirrat ja aktiivisuodattimen virrat kumoavat toisensa kohdatessaan. Myös aktiivisuodattimilla voidaan tuottaa loistehoa kompensointiin. Aktiivisuodattimella voidaan suodattaa useita eri taajuisia yliaaltoja samanaikaisesti, eivätkä suodattimet häiritse verkkokäskysignaaleja. Aktiivisuodattimien käyttö yleistyy koko ajan, ja ne ovat jo nyt osin korvanneet passiiviset yliaaltosuodattimet.(5)

#### **4 Mittalaite**

Mittaukset suoritettiin kolmivaiheisella METREL MI 2592 verkkoanalysointilaiteella. Mittarin yleistoiminnot käyttöohjeen mukaan ovat mitattavat jännite, virta, tehot ( $W$ , kvar, VA), tehokerroin, energia, oskilloskooppi, harmoniset, tilastanalyysi, välkyntä ja jännitepoikkeamat. Nämä ovat mitattavissa ja tallennettavissa tallennustiloihin. Laite laskee automaattisesti tallennettujen arvojen maksimi-, minimi- ja keskiarvot. (9.)

Metrel voidaan kytkeä kolmivaihe sähköjärjestelmään kolmella eri tavalla: nelijohdinkytkentä, kolmijohdinkytkentä ja Aaron-kytkentä. Nelijohdinkytkentää käytetään silloin kun mitataan kaikkien vaiheiden jännitteet ja virrat sekä jännitteiden vaiheiden ja nollan suhteen. Kolmijohdinkytkentää käytetään silloin, kun mitataan kolmivaihejärjestelmän suureita ilman nollajohdinta. Aaron-kytkennällä mitataan kahta vaihetta. Tällöin käytetään virtamuuntajaa ja kahta jännitteen mittausjohdinta. (9.)

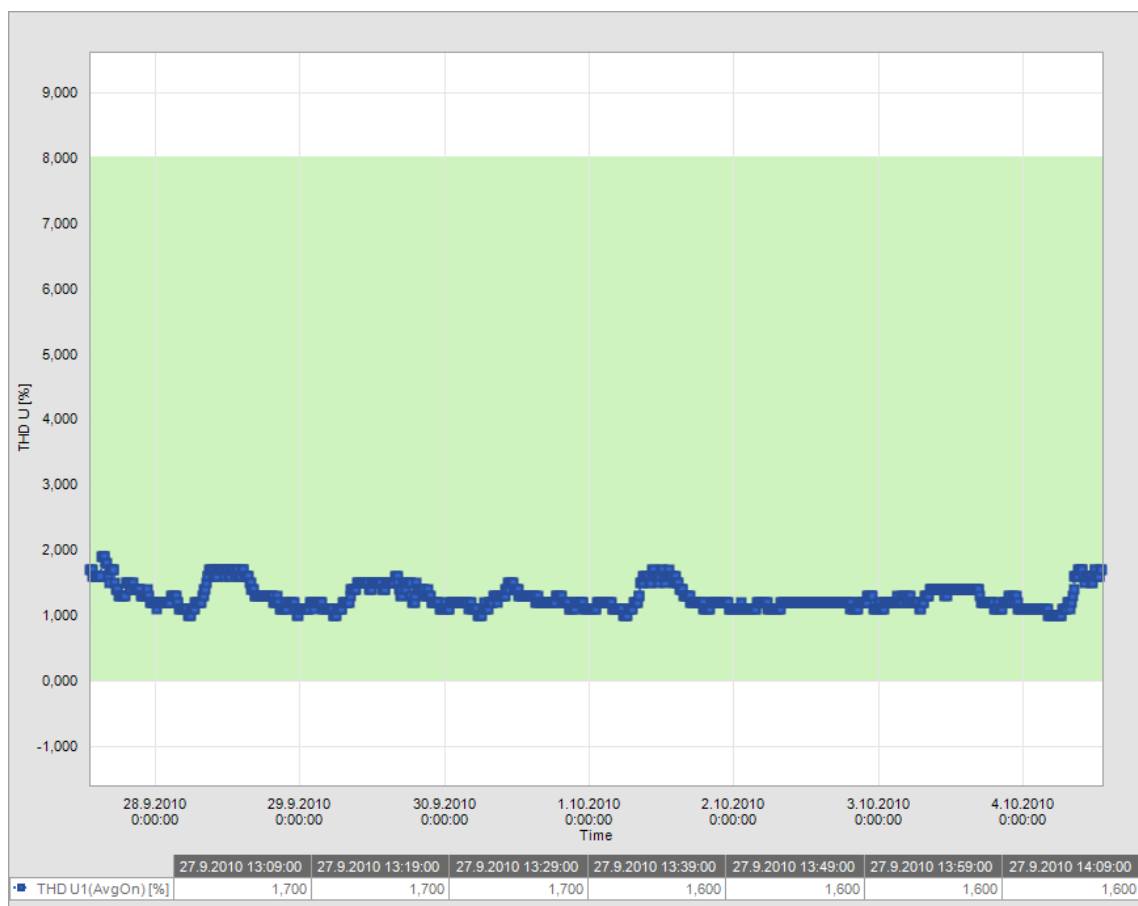
## 5 Laatumittaukset

Mittauspaikka valitaan sen mukaan, tarkastellaanko ongelmia kiinteistön vai jakeluverkon näkökulman kannalta. Jos epäillään ongelmien aiheutuvan kiinteistössä käytettävistä laitteista, mittaukset kannattaa suorittaa nousukeskuksesta. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, sillä ongelmalaitteita syötetään usein suoraan pääkeskuksesta. Ongelma aiheutuu mitattavasta järjestelmästä, jos jännite laskee virran kasvaessa. Jos kuorman jännite ja virta putoavat molemmat yhtä aikaa, vika on jakeluverkon puolella. (8.)

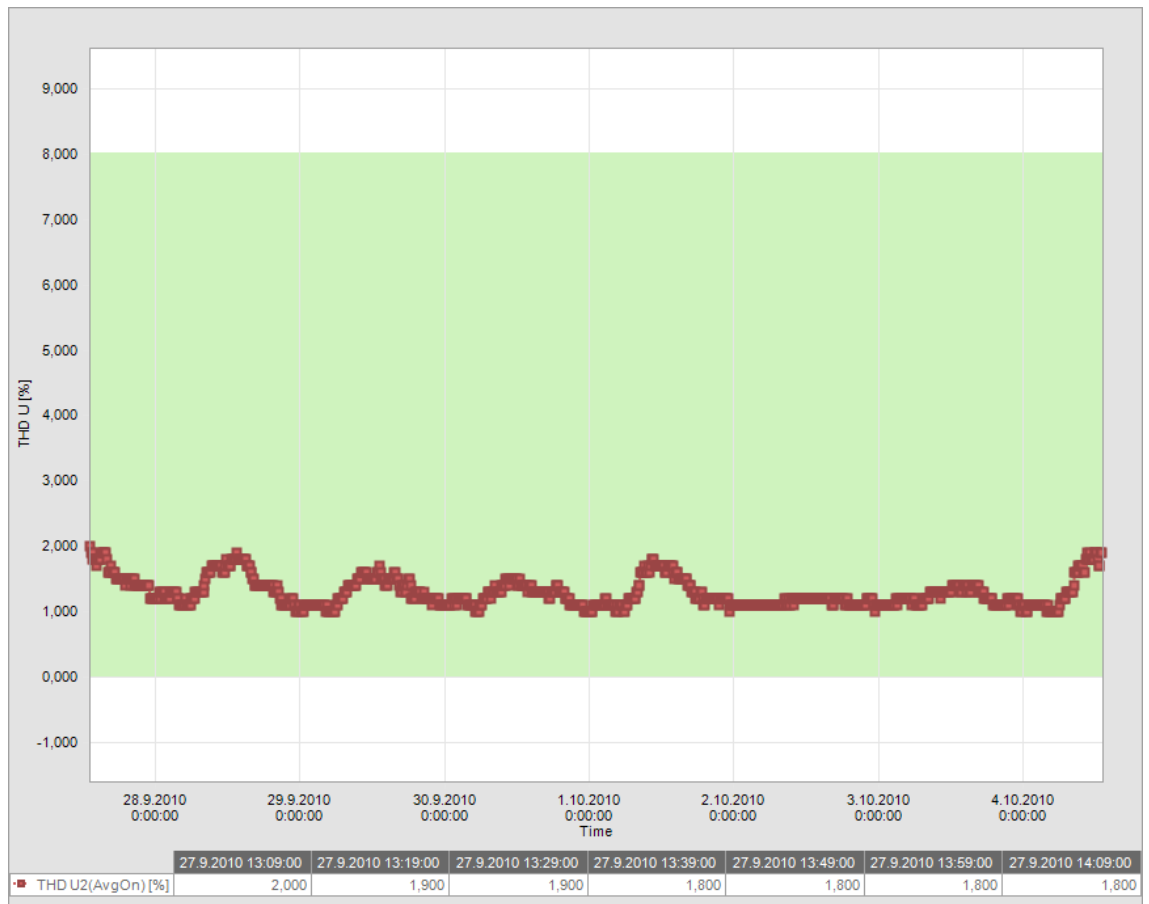
Sähkön ominaisuuksia mitattiin kiinteistön pääkeskuksessa 27.9. – 4.10.2010. Mittaus suoritettiin SFS EN-50160 standardin (7) mukaisesti yhden viikon mittaisena yhtäjaksoisena mittauksena. Kiinteistössä oli mittausten aikana normaali kuormitus.

### 5.1 Jännitteen ominaisuuksia

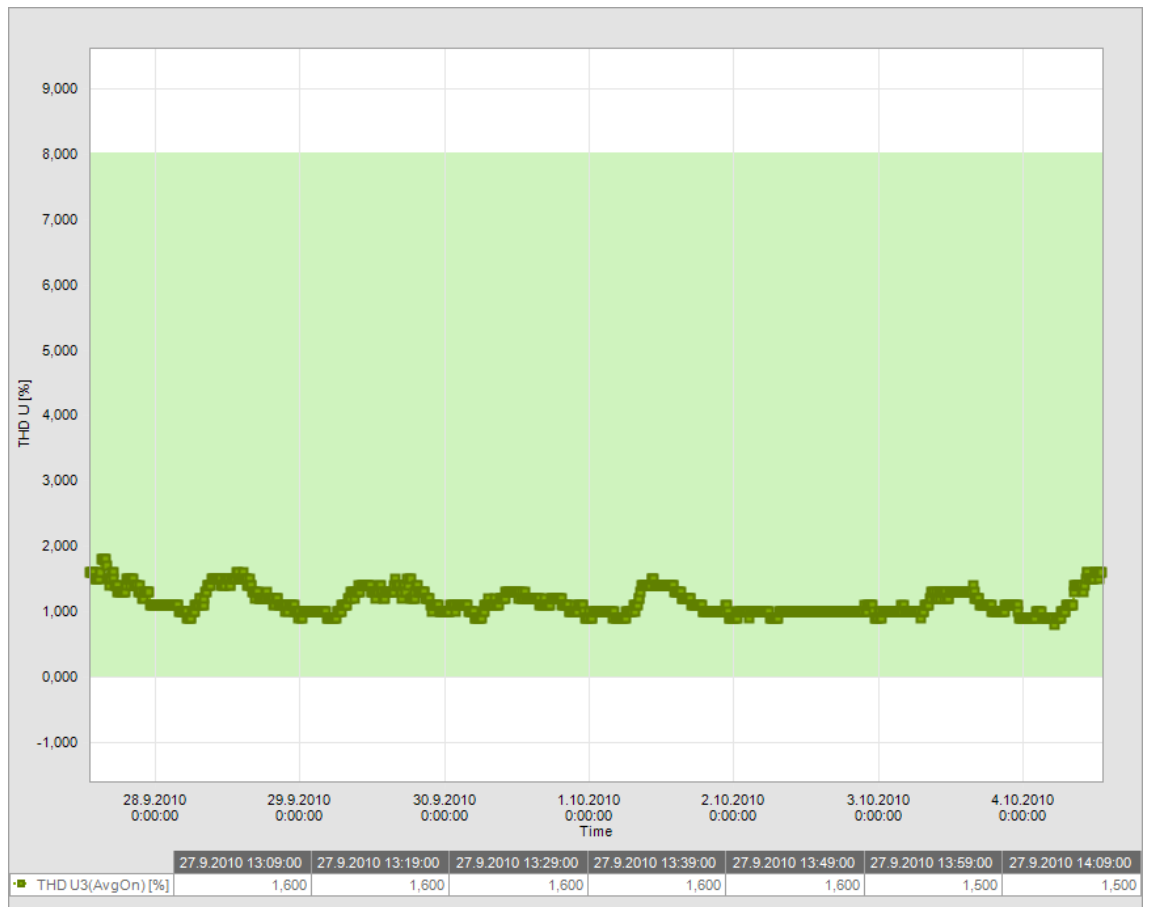
Jännitteen kokonaissärö (THD) saa mittauksissa olla maksimissaan 8 %. Kuvista 2 (s.10), 3 (s.11) ja 4 (s.13) nähdään vaihejännitteiden THD-arvot. Arvo ei ollut yhdessäkään vaiheessa edes lähellä 8 %, tämä kertoo, ettei jännitteen yliaaltoja esiinny suuremmalti.



Kuva 2 Vaiheen L1 THD arvo vaihteli viikon aikana 1 – 1,9 %.



**Kuva 3 Vaiheen L2 THD arvo vaihteli viikon aikana 1 – 2 %.**



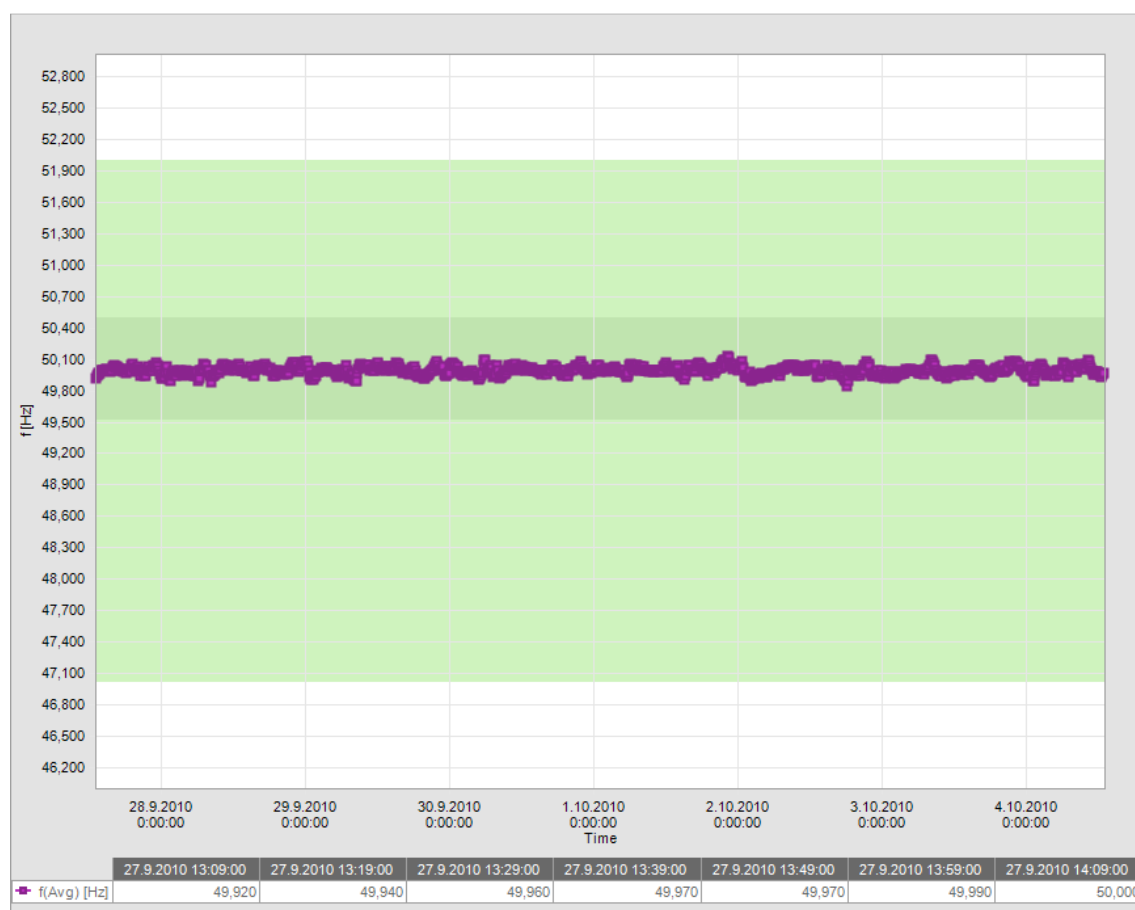
Kuva 4 Vaiheen L3 THD arvo vaihteli viikon aikana 0,8 – 1,8 %.

## Taajuus

Taajuus ei aiheuttanut mitään toimenpiteitä kiinteistössä. Jakelujännitteen nimellistajuuden tulee olla 50 Hz. Normaaleissa käyttöolosuhteissa perustaajuuden keskiarvo mitattuna 10 s aikaväliltä tulee olla välillä:

50 Hz $\pm$ 1 % (eli 49,5 Hz...50,5 Hz) 99,5 % vuodesta
50 Hz + 4 % / - 6 % (eli 47 Hz...52 Hz) 100 % ajasta

(7)

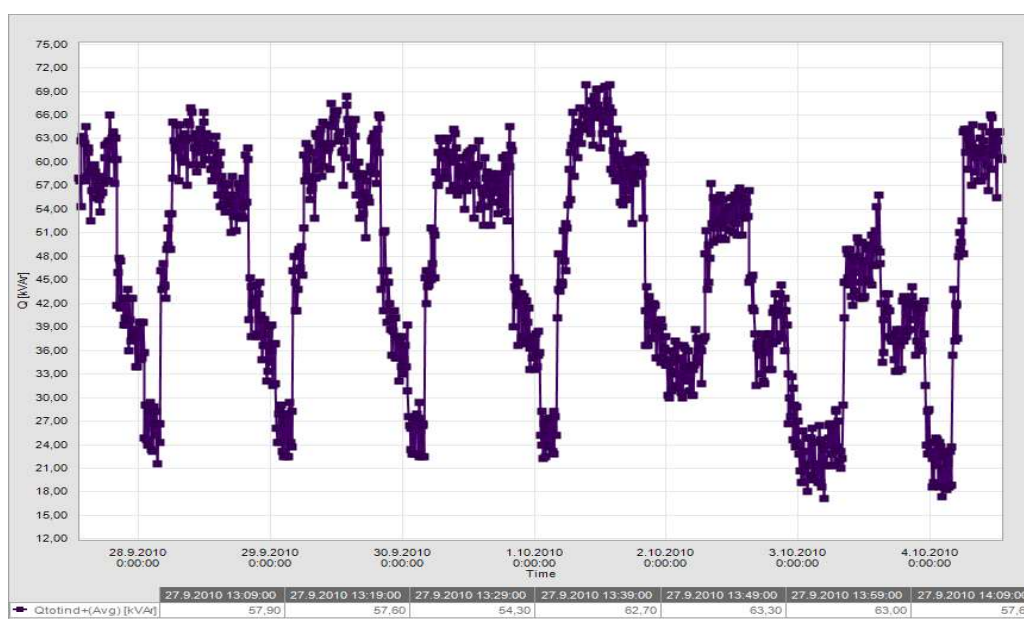


Kuva 5 Taajuuden kuvaaja



## 5.2 Loistehon mittaus

Mittalaite mittaa loistehon Q kulutusta SFS EN-50160 standardin mukaisesti 10 min keskiarvoina. Näistä tuloksista voidaan päätellä, onko yrityksessä, jossa mittaus tehdään tarvetta loistehon kompensoinnille, ja miten paljon kompensointi säästää rahaa. Kuvasta kuusi voi nähdä yrityksen viikon loistehon kulutuksen.

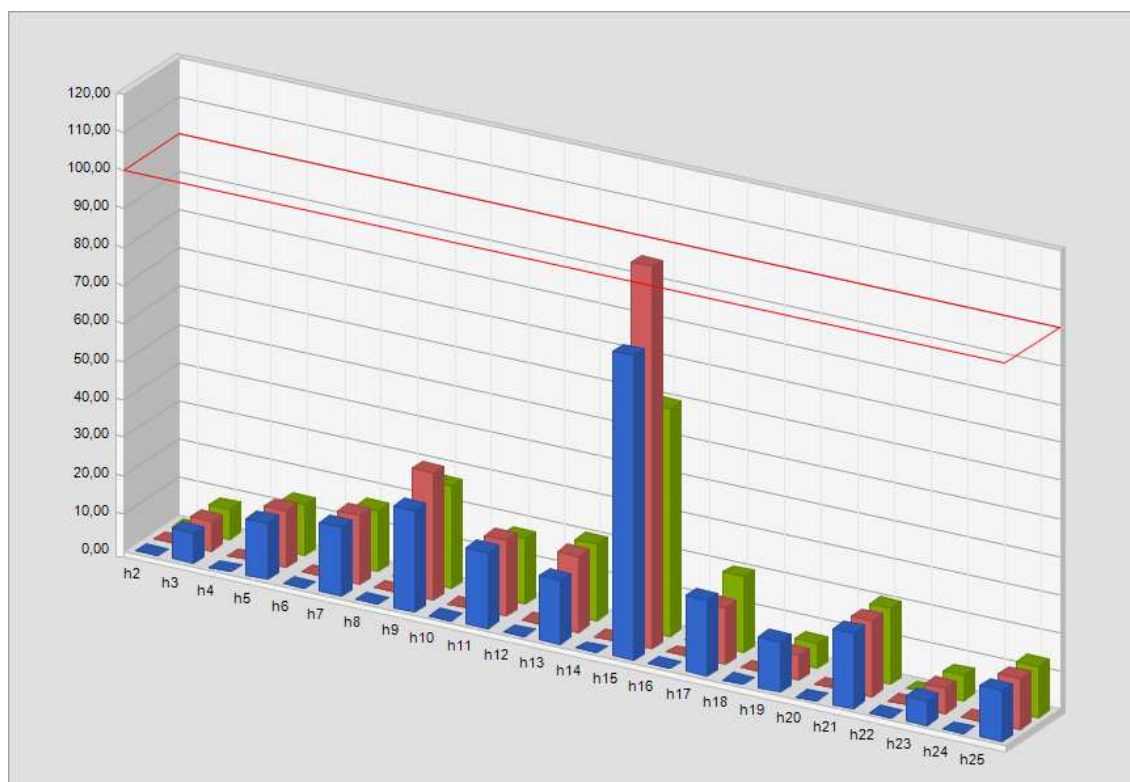


**Kuva 6 Koko kiinteistön loistehon kulutuksen viikon keskiarvo oli 46,77 kvar.**

## 5.3 Yliaaltojen mittaus

Yliaaltojen mittaus suoritettiin muun laadun mittauksen yhteydessä. Tulokset on esitetty kuvassa 7. Tuloksista voidaan huomata, että oppilaitoksen sähkö sisältää erilaisia yliaaltoja (3., 5., 7,jne.).

Kuvasta 3 näkee myös että viidennentoista harmonisen yliaallon arvo on ylittänyt standardin EN-50160 arvon, jonka tulisi olla <0,5 % ja/tai koko viikon keskiarvo ei saa olla yli 0,5 %.



**Kuva 7 Yliaallot**

Kuvasta voidaan nähdä kahdenkymmenenviiden yliaallon arvot. Mittari mittaa yliaallot viidenteenkymmenenteen yliaaltoon saakka. Suurien yliaaltojen osuus on hyvin pieni, joten niitä ei ole esitetty tässä työssä. (9.)

## 6 Päätelmät

Kun sähkönlaatumittauksia tai seurantamittauksia lähdetään tekemään, siihen on yleensä jokin syy tai tarve. Nämä tarpeet muodostuvat yleensä usein siitä, että tilaajan sähkölaitteet eivät toimi halutulla tavalla. Asiakkaat ottavat yhteyttä yleensä paikallisiin jakeluverkkoyhtiöihin olettaen vikojen aiheutuvan siirtoverkkoyhteydestä. Tietenkään tätäkään mahdollisuutta ei voida pois sulkea, kun häiriöitä lähdetään tutkimaan, ei ainakaan maaseutujen pitkien siirtolinjojen ollessa kyseessä. Sen jälkeen, kun on suljettu pois se mahdollisuus, että viat aiheutuisivat verkkohäiriöistä, jäljelle jääkin kuluttajien omat laitteet. Ennen kuin minkäänlaisiin mittauksiin kannattaa ryhtyä, olisi tärkeää selvittää, minkälaisesta laitekannasta asiakkaan kuormitus muodostuu.

Laitevalmistajilta saadaan arvokasta tietoa nykyään kuormituksen muodostumisesta ja siitä, mitä ne aiheuttavat verkkoon.

Nykyisin ongelma on se, että sähkölaitteet tuottavat verkkoon yliaaltovirtoja. Nämä niin sanotut sähkösaasteet on sitten jollain keinoin saatava halutuille tasoille. Esimerkiksi tyypillinen toimisto-PC tuottaa noin 4 A/kW ja purkausvalaisimet noin 1 A /kW nollajohtimeen summautuvaa 150 Hz:n virtaa (1).

Kolmannen yliaallon osuus on otettava huomioon kolmivaihejärjestelmässä sen nollajohtimeen summautumisen takia. Nollajohtimen mitoittamiseen kolmannen yliaallon osalta annetaan ohjeet standardissa *SFS 6000-5-52*.

Tämän mittauksen tarkoituksena oli saada yritykselle tietoa, mitä kaikkea mittalaitteen tuloksista voidaan hyödyntää ja miten saadaan selvästi kirjoitettua raportti asiaa tuntemattomalle henkilölle.

## Lähteet

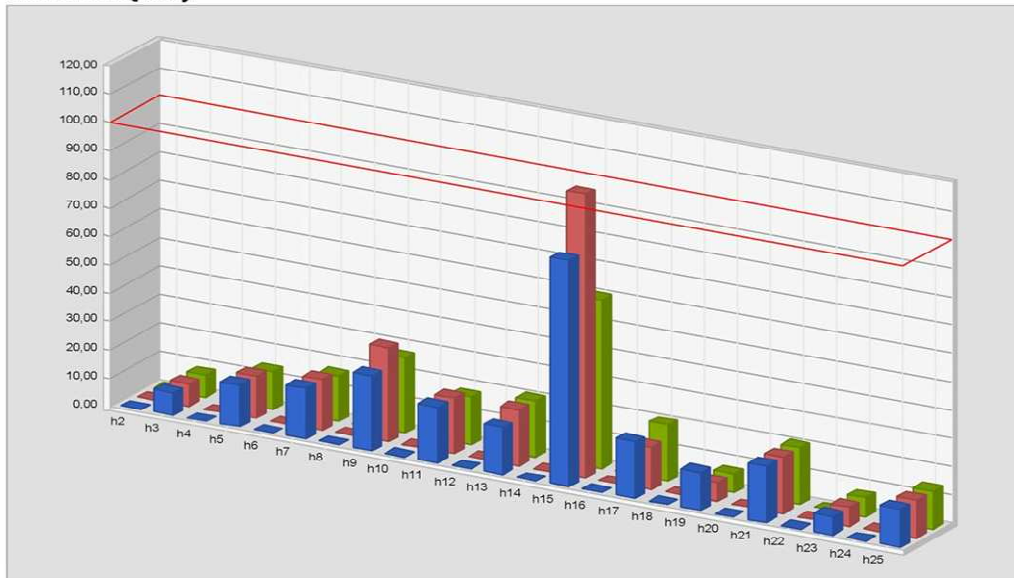
- 1 Yliaallot ja kompensointi: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Luettu 19.11.2010.
- 2 St-kortti 52.16 Kompensointi- ja yliaaltosuodatinlaitteet ja niiden sijoitus pienjänniteverkossa (UN < 1000 V). Sähköinfo Oy. St-kortisto. Luettu 10.3.11
- 3 ABB. Kolmannen yliaallon opas. 1999. Web dokumentti:  
[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/2857AF09DDA38FF8C1256C5500269598/\\$File/THFOP-FI.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/2857AF09DDA38FF8C1256C5500269598/$File/THFOP-FI.pdf) Luettu 13.1.2011
- 4 Kajaanin ammattikorkeakoulu. Loisteho, yliaallot ja kompensointi. Webdokumentti.  
[http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK\\_Loisteho,yliaallot%20ja%20kompensointi.pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Loisteho,yliaallot%20ja%20kompensointi.pdf) Luettu 13.2.2011.
- 5 Loistehon kompensointi ja yliaallot, 1998, Sähköenergialiitto. Luettu 9.3.2011.
- 6 St-kortti 52.15 Loistehon kompensointi pienjänniteverkossa (UN < 1000V) Sähköinfo Oy. St-kortisto. Luettu 14.2.2011
- 7 SFS-standardi EN-50160. Luettu 12.3.2011.
- 8 Opiskelumateriaali: Kupari Sampsa. Luettu 17.3.2011
- 9 Metrel MI 2592 käyttöohjekirja. Luettu 11.4.2011
- 10 Abb ttt-käsikirja luku 9: loistehonkompensointi ja yliaaltosuodatus. luettu 24.4.2011. [http://heikki.pp.fi/abb/090\\_0007.pdf](http://heikki.pp.fi/abb/090_0007.pdf)

## Yliaaltojen mittauspöytäkirja

### EN 50160 Analysis Summary: Failed

1 quantities are outside the specified limits.

#### Harmonics Quality



Percent of intervals	h2	h3	h4	h5	h6
Percent of intervals	0,00 % ... 2,00 %	0,00 % ... 5,00 %	0,00 % ... 1,00 %	0,00 % ... 6,00 %	0,00 % ... 0,50 %
L1	0,00 % ... 0,00 %	0,10 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,40 % ... 0,90 %	0,00 % ... 0,00 %
L2	0,00 % ... 0,00 %	0,10 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,40 % ... 0,90 %	0,00 % ... 0,00 %
L3	0,00 % ... 0,00 %	0,20 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,30 % ... 0,80 %	0,00 % ... 0,00 %

Percent of intervals	h7	h8	h9	h10	h11
Percent of intervals	0,00 % ... 5,00 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 1,50 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 3,50 %
L1	0,50 % ... 0,90 %	0,00 % ... 0,00 %	0,10 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,30 % ... 0,70 %
L2	0,40 % ... 0,90 %	0,00 % ... 0,00 %	0,30 % ... 0,50 %	0,00 % ... 0,00 %	0,40 % ... 0,70 %
L3	0,40 % ... 0,80 %	0,00 % ... 0,00 %	0,20 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,40 % ... 0,60 %

Percent of intervals	h12	h13	h14	h15	h16
Percent of intervals	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 3,00 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 0,50 %
L1	0,00 % ... 0,00 %	0,20 % ... 0,50 %	0,00 % ... 0,00 %	0,10 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %
L2	0,00 % ... 0,00 %	0,20 % ... 0,60 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 0,00 %
L3	0,00 % ... 0,00 %	0,20 % ... 0,60 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,30 %	0,00 % ... 0,00 %

Percent of intervals	h17	h18	h19	h20	h21
Percent of intervals	0,00 % ... 2,00 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 1,50 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 0,50 %
L1	0,10 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,20 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %
L2	0,10 % ... 0,30 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %
L3	0,10 % ... 0,40 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %

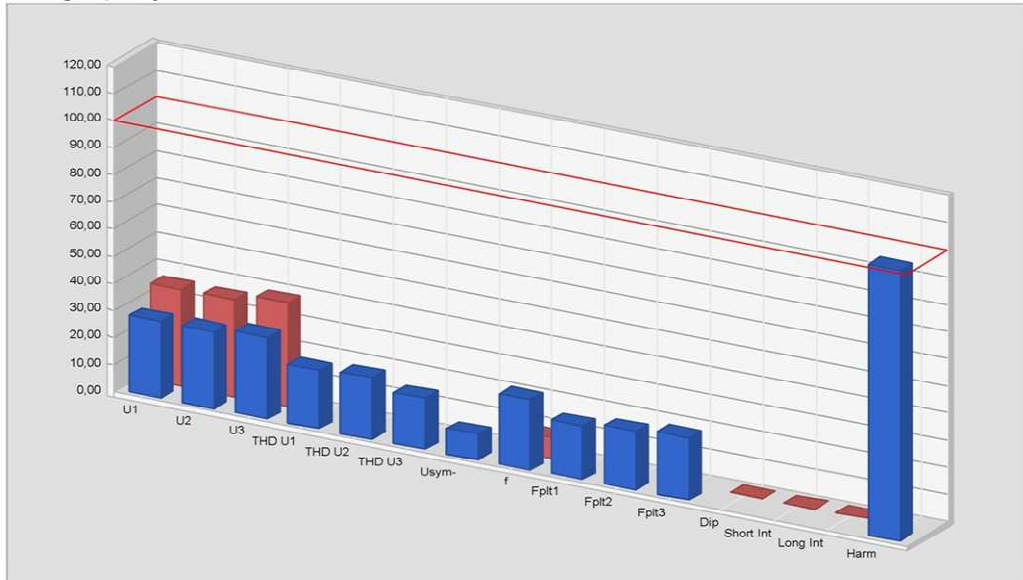
Percent of intervals	h22	h23	h24	h25
Percent of intervals	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 1,50 %	0,00 % ... 0,50 %	0,00 % ... 1,50 %
L1	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,20 %
L2	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,20 %
L3	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,10 %	0,00 % ... 0,00 %	0,00 % ... 0,20 %

## Sähkön laadun mittauspöytäkirja

### EN 50160 Analysis Summary: Failed

1 quantities are outside the specified limits.

#### Voltage Quality

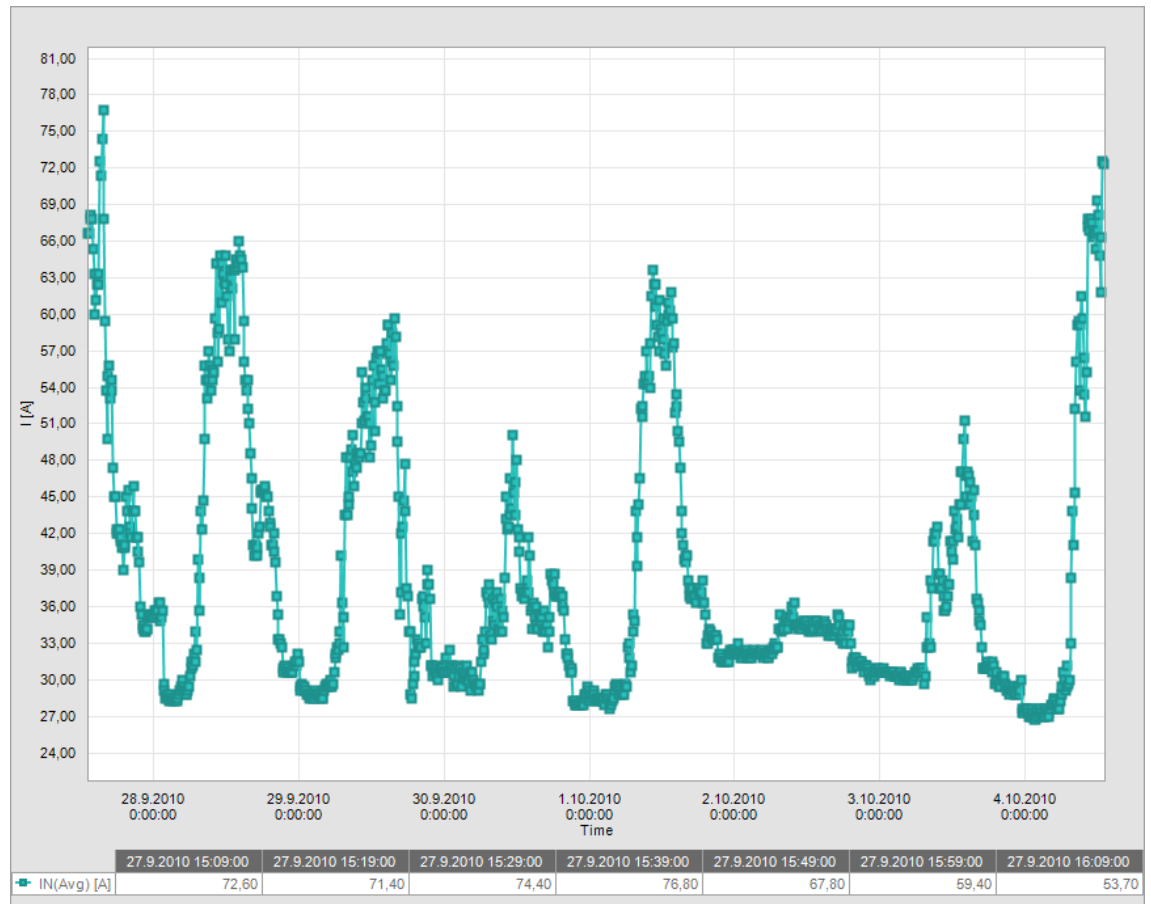


Percent of intervals	Voltage (230,00 V)			Voltage THD (0,00 %)	
	207,00 V ... 253,00 V			0,00 % ... 8,00 %	
	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]	THD U1 [%]	THD U2 [%]
User defined % of intervals	229,40 V ... 236,40 V	229,20 V ... 236,40 V	229,80 V ... 236,80 V	1,00 % ... 1,70 %	1,00 % ... 1,80 %
100% of intervals	229,40 V ... 238,20 V	229,20 V ... 238,20 V	229,80 V ... 238,80 V	---	---

Percent of intervals	Voltage THD (0,00 %)	Voltage Unsymmetry (0,00 %)	Frequency (50,00 Hz)	Flicker PLT (0,00)
	0,00 % ... 8,00 %	0,00 % ... 2,00 %	49,50 Hz ... 50,50 Hz	0,00 ... 1,00
	THD U3 [%]	Usym- [%]	f [Hz]	Fplt1 [I]
User defined % of intervals	0,80 % ... 1,50 %	0,02 % ... 0,19 %	49,87 Hz ... 50,13 Hz	0,00 ... 0,20
100% of intervals	---	---	49,77 Hz ... 50,18 Hz	---

Percent of intervals	Flicker PLT (0,00)		Events			Harmonics (0,00 %)
	0,00 ... 1,00		0 ... 100	0 ... 10	0 ... 10	0,00 % ... 0,50 %
	Fplt2 [I]	Fplt3 [I]	Dip	Short Int	Long Int	Harmonics
User defined % of intervals	0,00 ... 0,22	0,00 ... 0,23	---	---	---	0,00 % ... 0,50 %
100% of intervals	---	---	0	0	0	---

## Nollavirran mittauspöytäkirja





KEUDA  
Keskikatu 3 a  
04200 Kerava

**Yhteenveto 04.10.2010 suoritetusta sähköverkon  
laadunmittauksesta ja tarkastuksesta.**

27.09.2010 - 04.10.2010 Välisenä aikana suoritettu, kiinteistön (KEKE) tulevan  
sähkön , sähkönlaadunmittaus.

Yrityksessä oli mittausten aikana normaali toiminta käynnissä.

**ESILLE TULLEITA HUOMIOITUJA ASIOITA:**

Mittaustuloksista voidaan todeta että sähkönlaatu **EI TÄYTÄ** sähkönlaadulle  
asetetun standardin EN-50160 asettamia arvoja.

**Mittaustulokset**

Kiinteistön keskimääräinen kokonaiskuorma per vaihe mittauksen aikana oli

**L1:150,2997A , L2:148,6905A , L3:152,2714A**

Mitatun jännitteen keskiarvo mittauksen aikana oli

**L1: 233,7147V , L2:233,6464V , L3:234,1254V**

### **Hylätyt tulokset**

Mittauksessa tuli ilmi seuraavat tulokset jotka eivät täytä sähkönlaadulle asetettua standardia.

Jännitteen harmonisten yliaaltojen 15. yliaalto.

- 15:nnen harmoonisen yliaallon pitoisuus jännitteessä ylitti standardin salliman arvon 0-0,5%  
Mittauksissa jännitteen 15. harmooninen yliaalto ylitti sallitun 0,5% , vaiheissa L1 ja L2. Arvon ylitys tapahtui vaiheessa L1 27.09.2010 kello 15.19-16.09 ja vaiheessa L2 1.10.2010 kello 10.19-10.59 sekä kello 13.09-13.29.

### **Ehdotettavat toimenpiteet**

Estokelapariston tarkistus jos yrityksessä on asennettu asian mukainen estokela. Jos estokela paristoa ei ole täytyy sellainen asentaa.

### **MUUTA MITTAUKSISTA HUOMIOITUA**

Suurin induktiivinenkuorma mittauksen aikana oli  $69,9kvar_{ind}$ .

Suurin pätötehon kulutus oli 222 kW.

Huonoin tehokerroin 0,77.