

# Sähköjärjestelmien kuntotutkimus ja sähkönlaadun arvioiminen ja mittaaminen

Eero Rantanen

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2015

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Rantanen, Eero	Julkaisun laji <b>Opinnäytetyö</b>	Päivämäärä 13.11.2015
	Sivumäärä 78	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi <b>Sähköjärjestelmien kuntotutkimus ja sähkönlaadun arvioiminen ja mittaaminen</b>		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pasi Puttonen		
Toimeksiantaja(t) Valio Jyväskylä		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tilaajana oli Valio Jyväskylän meijeri. Meijeri on maitojen, kermojen, piimien ja erikoismaitojen valmistukseen keskittynyt tuotantolaitos. Meijeri valmistui nykyiselle paikalleen Jyväskylän Laukaantien varteen kesällä 1980.</p> <p>Työn tarkoituksena oli käydä lävitse koko meijerin pienjänniteverkon kattava sähköjärjestelmien kuntotutkimus, jotta välttyttäisiin sähkönjakelussa esiintyviltä ongelmilta ja tuotanto pysyisi keskeytymättömänä. Lisäksi suoritettiin sähkönlaadun arvioiminen ja mittaaminen.</p> <p>Kuntotutkimus tehtiin aistinvaraista havainnointia (näkö- ja kuulohavainnot), yleismittaria, pihtivirtamittaria, otsalamppua, jännitetyökaluja ja Fluke TI -25 sarjan lämpökameraa käyttäen. Sähkönlaadun mittaukset tehtiin Fluke -435 kolmivaiheisella sähkönlaatuanalysointilaitteella. Saatua tulosta verrattiin standardiin SFS 50160, joka käsittelee yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuuksia.</p> <p>Opinnäytetyö lisäsi tietoa Valio Jyväskylän meijerin pienjänniteverkon kunnosta ja laadusta. Työstä saadut havainnot ja tulokset tallennettiin Valio Jyväskylän toiminnanohjausjärjestelmään.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )  Sähköjärjestelmien kuntotutkimus, sähkönlaadun mittaus		
Muut tiedot		



Author(s) Rantanen, Eero	Type of publication Bachelor's thesis	Date 13.11.2015
	Number of pages 78	Language of publication Finnish
		Permission for web publication: X
Title of publication <b>Electrical systems condition survey and power quality measurement and analysis</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Tutor(s) Pasi Puttonen		
Assigned by Valio Jyväskylä		
Abstract <p>The bachelor's thesis was assigned by Valio Jyväskylä dairy, a manufacturing facility focusing on the production of milks, creams, buttermilk and special milk. Dairy was built in its current location along the Jyväskylä Laukaantie in the summer of 1980.</p> <p>The purpose of the project was to go through comprehensively the whole dairy with regard to its low voltage electrical systems in order to avoid the problems occurring in the supply of electricity and to keep the production chain unbroken. In addition, the power quality evaluation and measurement were carried out.</p> <p>a condition survey was carried out by sensory observation (visual and auditory observations), a multimeter, current clamp, lamp, voltage tools and Fluke TI -25 Series thermal imaging camera. Power quality was measured with Fluke -435 three-phase power quality analyzer. The obtained results were compared with the standard SFS 50160, which deals with the general voltage characteristics of supplied electricity from the distribution network.</p> <p>The thesis added information about the low voltage condition and quality at Valio Jyväskylä dairy, and the findings and results of the work were recorded in the company's ERP system.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  Electrical system condition survey, power quality measurement		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1 Johdanto</b> .....	3
<b>2 Sähkönjakelu</b> .....	4
2.1 Sähköverkko Valion meijerissä.....	6
2.2 Valion meijerin 0,4 kV:n järjestelmä .....	7
<b>3 Sähköjärjestelmien kuntotutkimus</b> .....	10
3.1 Peruskuntoarvio ja kuntotutkimus.....	10
3.2 Kuntotutkimuksen työvaiheet .....	13
3.2.1 Sähköverkon kuntotutkimuksessa huomioitavia asioita.....	13
3.2.2 Valmistelut .....	14
3.2.3 Kenttätyö .....	16
3.2.4 Tulokset ja loppupalaveri .....	17
<b>4 Sähkönlaatu</b> .....	17
4.1 Sähkönlaadun häiriöt ja ominaisuudet pienjänniteverkossa .....	18
4.2 Opinnäytetyöhön liittyvät sähkönlaadun käsitteet.....	19
4.3 Sähkönlaadun mittaus .....	23
<b>5 Kuntotutkimus Valion meijerissä</b> .....	24
5.1 Valmistelut .....	24
5.2 Kenttätyö .....	26
5.3 Lopetus .....	26
<b>6 Sähkönlaatu ja mittaus Valion meijerissä</b> .....	28
6.1 Pääkeskus 3, lähtö F17, sähkönlaadun mittaukset .....	29
6.2 Pääkeskus 1, sähkönlaadun mittaukset .....	31
6.3 Pääkeskus 4, sähkönlaadun mittaukset .....	36
<b>7 Pohdinta</b> .....	43
Lähteet .....	45
Liitteet .....	48
Liite 1. Sähköjärjestelmien kuntotutkimuksen esimerkkiraportin runko .....	48

Liite 2. Standardin SFS-EN 50160 raja-arvot .....	49
Liite 3. Fluke -435 sähkönlaadun mittausraportti .....	50
Liite 4. Fluke -435 tiedonkeruu mittausraportti.....	55

## Taulukot

Taulukko 1. Kuntotutkimuksen kohteita.....	25
Taulukko 2. Kuntotutkimuksen jatkotöitä.....	27
Taulukko 3. Lämpökuvauksen kirjaukset .....	28
Taulukko 4. Tiedonkeruu taulukkona.....	32
Taulukko 5. Mittaustulokset yhteenveto .....	36
Taulukko 6. Mittaustulokset taulukkona .....	42

## Kuviot

KUVIO 1. Voimansiirtoverkko.....	5
KUVIO 2. Liityntäkaapeli A-rakennus .....	6
KUVIO 3. Liityntäkaapeli C- ja B-rakennus .....	7
KUVIO 4. Keskiännitekojeisto.....	8
KUVIO 5. Nousujohtokaavio.....	9
KUVIO 6. Mittaus kytkettynä .....	30
KUVIO 7. PK1, jännite kylmäkoneen käynnistyksessä.....	33
KUVIO 8. PK1, virrat kylmäkoneen käynnistyksessä .....	34
KUVIO 9. PK1, virrat 2, kylmäkoneen käynnistyksessä .....	35
KUVIO 10. PK4, vaihejännitteet .....	37
KUVIO 11. PK4 virrat .....	38
KUVIO 12. PK4, Pätöteho ja loisteho 1.....	39
KUVIO 13. PK4, Pätöteho ja loisteho 2.....	40
KUVIO 14. PK4, Jännitesärö Vthd % .....	41

# 1 Johdanto

Teollisuuden käyttöhyödykkeet kuten höyry, sähkö, jäähdytysvedet, paineilma, ilmanvaihto ja polttoaineet ovat varsinaisen tuotantoprosessin ulkopuolisia tuotannon apuvälineitä, jotka ovat välttämättömiä teollisuuslaitoksille. Tärkeimpiä käyttöhyödykkeitä näistä Valion Jyväskylän meijerille on sähkö. Meijeri kuluttaa sähköä vuodessa n. 20 000 MWh. Sähkön merkityksen jokainen voi varmasti nykyään havainnoida omassa elinympäristössään. Tehtaan sisäistä sähköverkon ylläpitoa ja valvontaa tulee tehdä, jotta voidaan taata keskeytymätön sähkönjakelu tehtaan sisäisesti. Valio Jyväskylällä on määriteltyinä sähkölaitteistojen huollon ja kunnossapidon yleiset vaatimukset, niihin kuuluvat muun muassa se, että sähkölaitteistot tulee pitää toimintakunnossa ja käyttötarkoitusta vastaavina koko niiden käyttöajan ajan. Laitteistoissa havaitut viat sekä puutteet on korjattava viipymättä ja sähkölaitteistojen tulee olla sellaisessa kunnossa, että ne eivät aiheuta vaaratilanteita missään vaiheessa. Sähköverkon kuntotutkimus on hyvä työkalu säilyttää keskeytymätön sähkönsyöttö tuotantolaitoksessa myös tulevaisuudessa.

Opinnäytetyössäni kerron kuinka sähköverkon kuntotutkimus tehtiin Valio Jyväskylän meijerissä ja mitä sillä saavutettiin. Lisäksi suoritettiin sähkönlaadun arvioiminen ja mittaaminen. Tavoitteena oli saada ajankohtaista tietoa Valio Jyväskylän pienjänniteverkosta.

## 2 Sähkönjakelu

Aluksi on hyvä tietää perusasioita sähköverkosta ja sen rakenteesta Suomen mitta-kaavassa ja siitä, kuinka se kytkeytyy Valio Jyväskylän meijeriin. Suomessa sähkönjakelu koostuu sähkövoimajärjestelmästä, johon kuuluu voimalaitoksia, kantaverkko, alueverkkoja, jakeluverkkoja ja sähkön kuluttajia. Suomi on osa yhteispohjoismaista sähkövoimajärjestelmää yhdessä Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan järjestelmien kanssa. Venäjältä ja Virosta on Suomeen tasasähköyhteys, jonka ideana on yhdistää nämä erilaisilla periaatteilla toimivat sähköjärjestelmät toisiinsa. Vastaavasti edellä mainittu yhteispohjoismainen järjestelmä on kytketty Keski-Euroopan järjestelmiin tasavirtayhteyksin. (Fingrid voimajärjestelmä. 2015.)

Alueverkot liittyvät kantaverkkoon ja siirtävät sähköä alueellisesti yleensä yhdellä tai useammalla 110 kV:n johdolla. Sähköasemat toimivat alueverkon osina ja jakavat sähköverkon solmukohdissa sähkötehon eri johdoille. Alueverkossa hyödynnetään muuntajia saavuttamaan haluttu jännitetaso.

Jakeluverkot puolestaan liittyvät suoraan kantaverkkoon tai hyödyntävät kantaverkon palveluita alueverkon kautta. Jakeluverkot toimivat 0,4 - 110 kV:n jännitetasolla. Kotitaloudet ovat aina liittyneinä jakeluverkkoihin, mutta teollisuus, kauppa, palvelut ja muu kulutus (esim. maatalous) liittyvät jakelu-, alue- tai kantaverkkoon tehontarpeesta riippuen. Voimalaitokset liitetään jakelu-, alue- tai kantaverkkoon tehon ja jännitetason perusteella. (Fingrid voimajärjestelmä. 2015.) Kuviossa 1 on kuvattu tätä sähköverkon rakentumista.

## FINGRID OYJ:N VOIMANSIIRTOVERKKO

1.1.2015

- 400 kV kantaverkko
- 220 kV kantaverkko
- 110 kV kantaverkko
- tasavirtayhteys
- muiden verkko



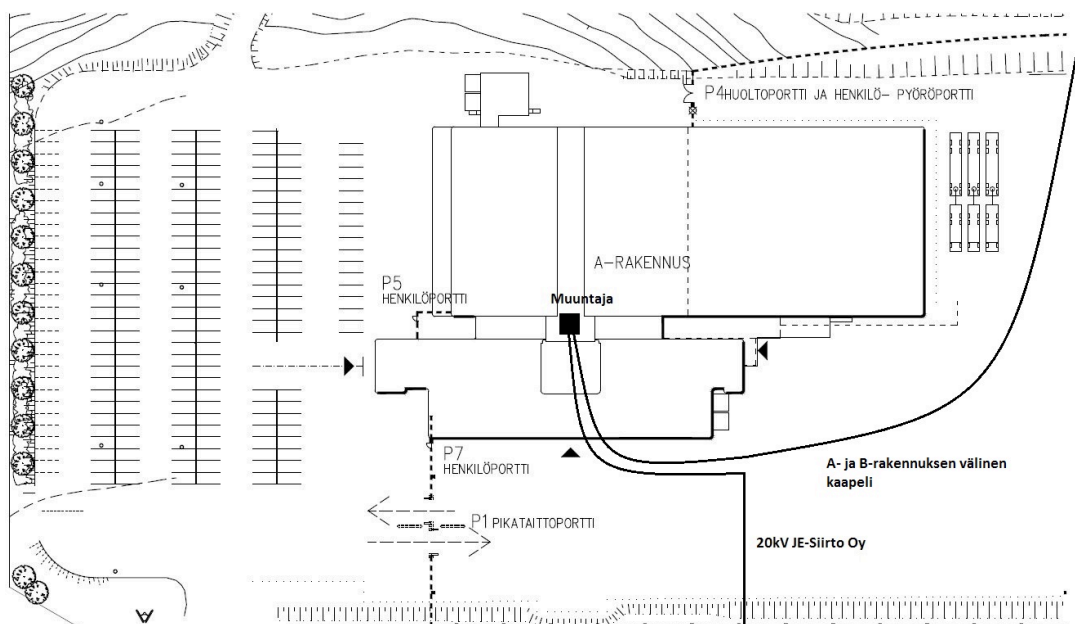
**KUVIO 1. Voimansiirtoverkko (Fingrid voimansiirtoverkko 2015)**



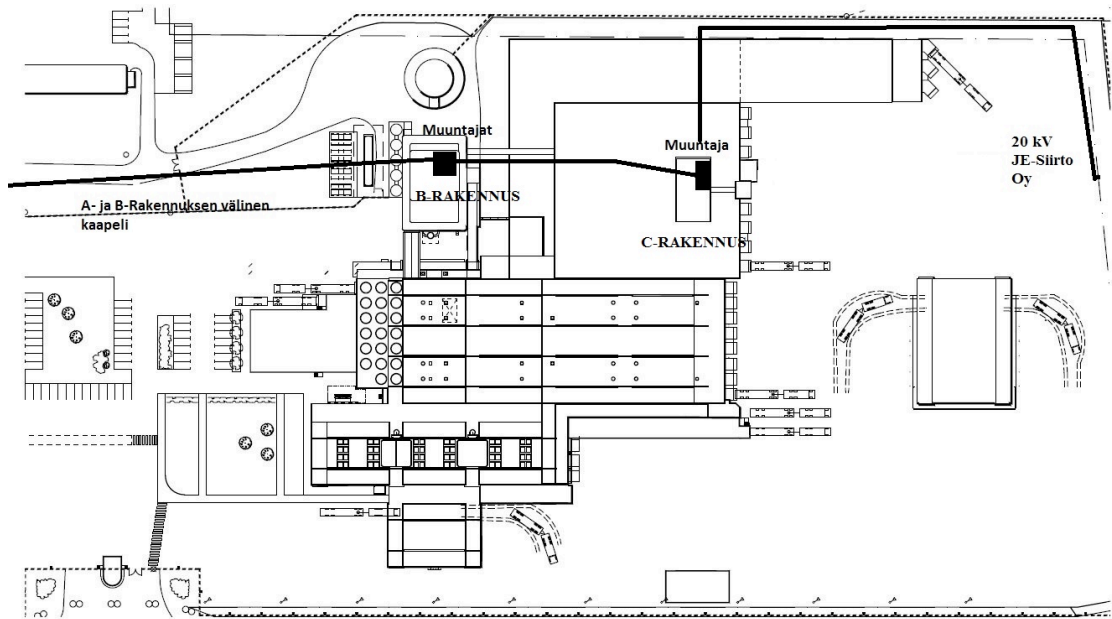
## 2.1 Sähköverkko Valion meijerissä

Valio Jyväskylä on liitettyä JE-Siirto Oy:n hallinnoimaan 20 kV:n sähköverkonjake- luun. Liityntäkaapeli on tuotu Jyväskylän meijerin tontille silmukasyöttönä, jolla tar- koitetaan sähkönsyötön rakentamista kahdesta suunnasta siten, että kuormaa voi- daan syöttää kummasta suunnasta vain. Saavutettuna etuna on sähkönsyötön var- mistaminen tilanteessa, jossa pääsääntöinen sähkönsyötön tulo keskeytyisi.

Pääsääntöisesti sähkönsyöttö tulee tontille A-rakennuksen muuntajatilaa kautta, mutta mahdollisuus on kääntää sähkönsyöttö B-rakennuksen muuntajatilaa kautta tulevaksi. Esitän sähköverkon kokonaisvaltaisen ymmärtämisen vuoksi useamman kuvan meijerin sähkönsyöttöverkosta. Kuvio 2 esittää liityntäkaapelin periaatteellista kytkentäkuvaa A-rakennuksen osalta ja kuvio 3 esittää periaatteellista kuvaa B- rakennuksen liityntäkaapelista. Huomion arvoista kuvioissa on se, että niistä pystyy hahmottamaan rakennusten välisen silmukkarakenteen.



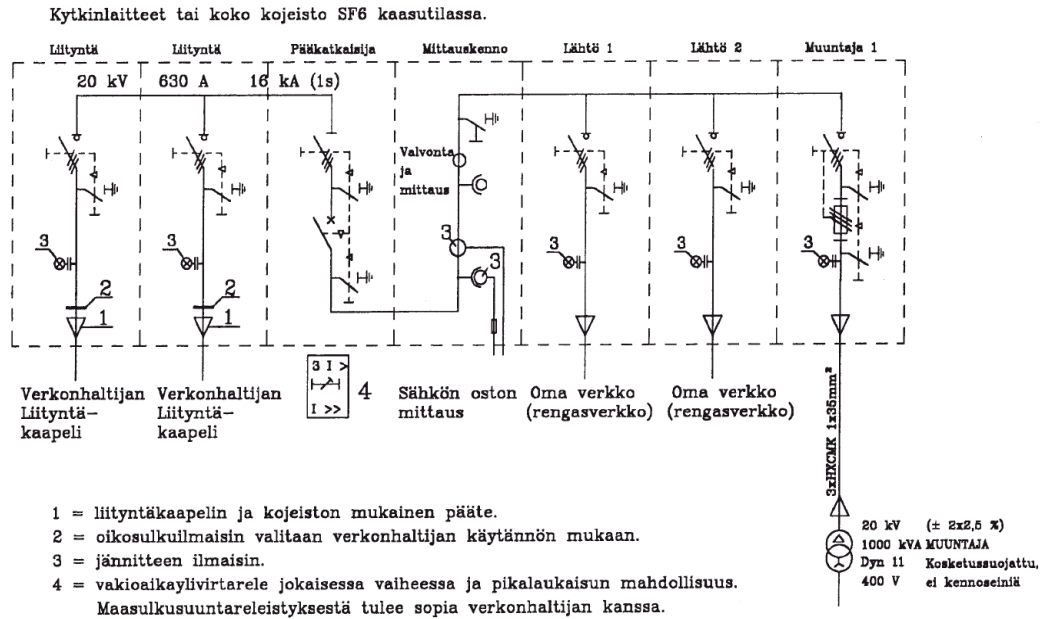
KUVIO 2. Liityntäkaapeli A-rakennus



**KUVIO 3. Liityntäkaapeli C- ja B-rakennus**

## 2.2 Valion meijerin 0,4 kV:n järjestelmä

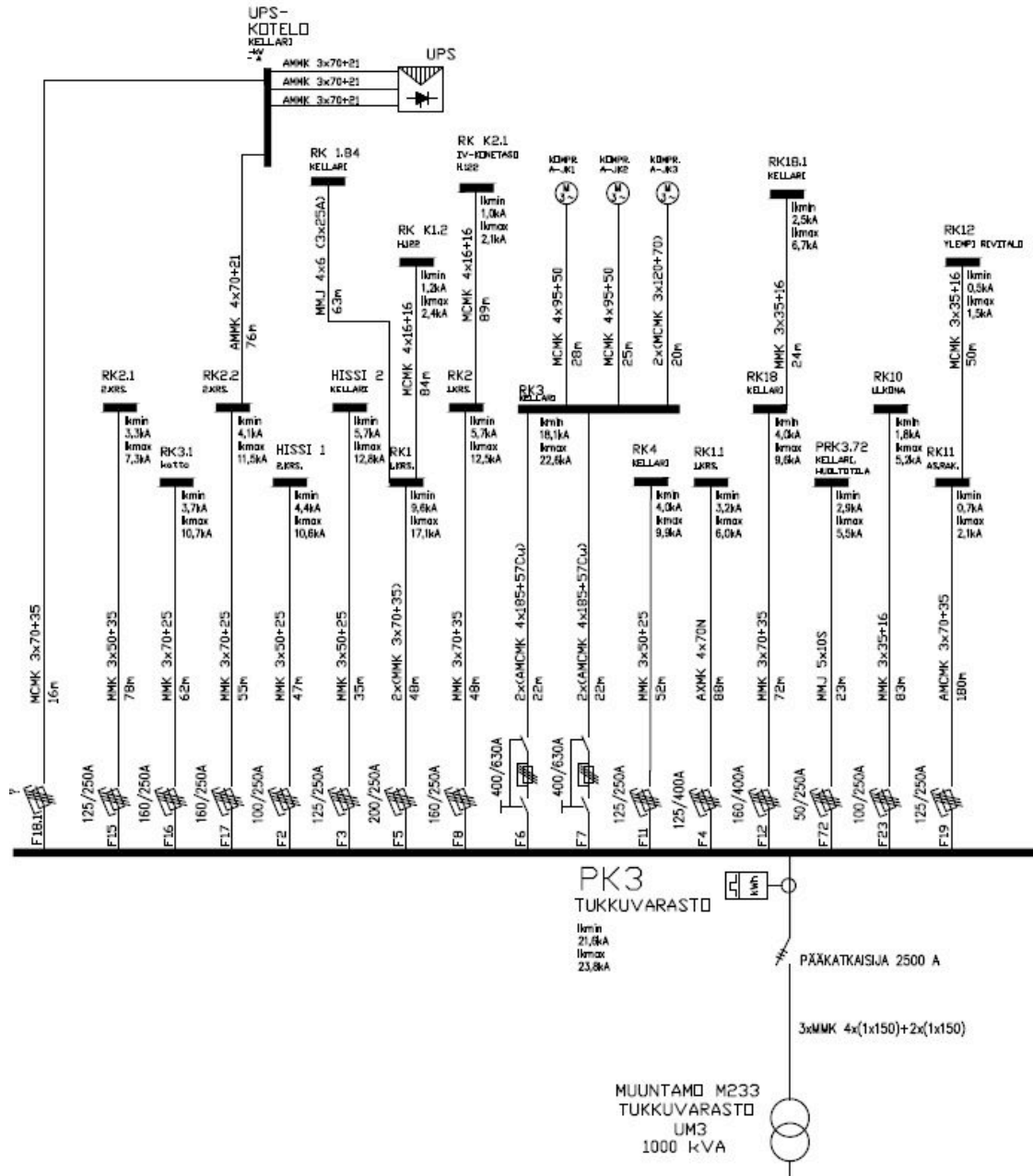
Meijerissä liityntäkaapelit on kytketty keskijännitekojeistoihin. Kaikki kojeistot tehtaalla ovat periaatteeltaan samankaltaisia, mutta niiden valmistusvuodet poikkeavat toisistaan. Parhaiten kojeiston rakenteen pystyy esittämään kuvion 4 avulla.



**KUVIO 4. Keskijännitekojeisto (Teknisiä tietoja ja taulukoita. 1990.)**

Kojeistot ja muuntajat on valittu ja mitoitettu meijerin tehontarpeen mukaan. Opin- näytetyön kannalta nämä tiedot eivät ole olennaisia, vaan tärkeää on hahmottaa, kuinka sähköverkko rakentuu kokonaisuudessaan.

Muuntaja muuntaa 20 kV jännitteen laitoksessa käytettäväksi 400 V jännitteeksi. Muuntajia ja kojeistoja meijerillä on 4 kpl ja ne sijaitsevat siten, että A-rakennuksessa on 1, B-rakennuksessa 1 ja C-rakennuksessa 2 kpl. Muuntajilta lähtevät 400 V kaapelit on kytketty niiden perässä oleviin pääkeskuksiin, pääkeskuksilta lähtee syöttöjä ryhmäkeskuksille. Kuvio 5 auttaa hahmottamaan, kuinka syötöt lähtevät pääkeskuk- silta ryhmäkeskuksille, tällaista kuvaa kutsutaan nousujohtokaavioksi.



KUVIO 5. Nousujohtokaavio

Ryhmäkeskuksien lähtöihin on usein kytkettyä valaisinryhmiä, pistorasiaryhmiä ja sähkölaitteita.

### 3 Sähköjärjestelmien kuntotutkimus

Monille ihmisille ja joillekin alan ammattilaisillekin on epäselvää, mitä tarkoittavat termit kuntoarvio, kuntoselvitys, kuntotutkimus ja kuntotarkastus ja mitä eroa niillä on. Tähän on osittain syynä se, että ainoastaan peruskuntoarvio ja kuntotutkimus ovat asioita, joiden sisällöstä on olemassa ohjeistus. Muita termejä ja niiden yhdistelmiä käytetään vapaasti ja usein virheellisesti, koska selkeitä määritelmiä eikä yhtenäistä käytäntöä ole muodostunut. (Kuntoselvityksen periaatteet. 2015.)

Käyn lyhyesti lävitse kuntoarvion ja kuntotutkimuksen erot sekä kerron käyttöönototarkastuksista ja määräaikaistarkastuksista sähkölaitteistoissa ja siitä, miten ne liittyvät sähköjärjestelmien kuntotutkimukseen. Lopuksi kerron sähköjärjestelmien kuntotutkimuksesta yleisesti.

#### 3.1 Peruskuntoarvio ja kuntotutkimus

Kuntoarviolla ja peruskuntoarviolla tarkoitetaan samaa toimenpidettä.

Kuntoarvio on nimensä mukaisesti aistinvaraisesti tehty asiantuntija-arvio, johon ei sisälly tarkempaan kunnon selvittämiseen tähtääviä tutkimuksia tai mittauksia. Kuntoarvion laatimisesta on julkaistu yleisohjeet KH-kortistossa (kiinteistöhoitokortistossa). Kaikkia kohteita tai niiden kuntoon vaikuttavia seikkoja ei aina voida tarkastaa eikä luotettavasti arvioida aistinvaraisesti. Kuntoarvioija voi tarvittaessa suositella jollekin osa-alueelle erillisen kuntotutkimuksen tekemistä. (Kuntoarvio ja PTS. 2015.)

Kuntotutkimus on toimenpide, jossa rakennuksen jokin rajattu osa-alue, rakennusosa tai laitteisto tutkitaan asiantuntijan toimesta sellaisilla menetelmillä ja siinä laajuudessa, että kyseisen osa-alueen kunto, vauriomekanismit, soveltuvat korjausmenetelmät ja korjausten suositeltava ajankohta saadaan selville riittävällä tarkkuudella. Kuntotutkimuksissa käytettävät menetelmät ja toimintatavat vaihtelevat huomatta-

vasti riippuen siitä, mitä kohdetta ollaan tutkimassa. Kuntotutkimusten suorittamisesta on julkaistu erillisiä ohjeita useilta kiinteistötekniikan alueilta. (Asuntojen lääkärintarkastus. 2015)

Sähkölaitteistoille on tehtävä sähköasennusten käyttöönottotarkastukset, jossa selvitetään, ettei sähkölaitteistoista ole käyttäjälle tai ympäristölle vahinkoa. Tarkastuksen pitää täyttää sähköturvallisuuslain antamat edellytykset ja käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä, sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja vahvistaakseen käyttöönottotarkastuksen suoritetuksi. (5.7.1996/517.) Käyttöönottotarkastus pöytäkirjat ovat tarpeellisia tehtäessä sähköjärjestelmien kuntotutkimusta. Pöytäkirjoista kerättyä tietoa voidaan verrata sähkölaitteiston nykytilaan ja tehdä havaintoja, jos laitteistoon on ilmennyt vuosien saatossa merkittäviä sähköturvallisuus puutteita. Käyttöönottotarkastus pöytäkirjoista löytyy hyvä pohja ST-kortistosta (ST 51.21.05).

Sähköasennusten määräaikaistarkastukset ovat osa kiinteistön kunnossapitoa. Sähköasennusten määräaikaistarkastuksesta puhuessa voidaan sitä pitää samalla tietynlaisena sähköasennusten kuntoarviona. Määräaikaistarkastus vaaditaan tehtäväksi julkisissa rakennuksissa sekä liike-, teollisuus- ja maatalousrakennuksissa, joissa pääsulakkeet ovat yli 35 A. Tavanomaisten liike- ja teollisuusrakennusten tarkastusväli on 15 vuotta. Määräaikaistarkastuksessa varmistaudutaan siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet, sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset ja ohjeet ovat käytettävissä, sekä sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on olemassa asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. Määräaikaistarkastuksen pohjalta voidaan miettiä tehtäväksi sähköjärjestelmien kuntotutkimusta. (Sähköasennusten määräaikaistarkastukset. 2015.)

Sähköjärjestelmien kuntotutkimuksella yleensä käsitetään kiinteistöjen sähköjärjestelmien korjauksiin liittyvää suunnittelua ja käytännön toteutusta varten tehtävää selvitystyötä. Tämä yleensä kattaa kirjallisen raportin, johon varsinainen korjaussuunnittelu tai käytännön toteutukset perustuvat. Sähköjärjestelmien kuntotutkimusta voidaan haluttaessa käyttää esimerkiksi, ennen kuin kiinteistölle ruvetaan suunnittelemaan laajempia korjaussuunnitelmia. Kuntotutkimusta voidaan käyttää laajasti kattamaan kiinteistön sähköverkon kaikki osat tai kuntotutkimus voidaan harkitusti keskittää tiettyihin sähköverkon osiin. Hyvin tyypillistä on, että tutkimus liitetään kiinteistössä tehtävään yleiseen kuntotutkimukseen, jossa selvitetään rakenteiden ja LVI-järjestelmien teknistä kuntoa ja yleistä toimivuutta. Jos eri järjestelmiä tutkitaan samaan aikaan, on tärkeää sopia eri kuntotutkijoiden kesken, miten oman alueen tutkimukset hoidetaan. (ST-Kortisto 97.00. 2015.)

Sähköjärjestelmien kuntotutkimuksen suorittajaksi on asiallista valita ammattitaitoinen ja päteväytynyt sähkötekniikan kuntotutkija. Kuntotutkimuksen laadukas ja kustannustehokas suorittaminen edellyttää erinomaista ammattitaitoa ja monipuolista sähkötekniikan osaamista. Kokeneet tutkijat osaavat keskittyä olennaiseen ja ottavat huomioon kuntotutkimukseen liittyvät riskit ja vastuut. Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy ylläpitää kuntotutkijarekisteriä pätevyityneistä henkilöistä ja sieltä voi tarvittaessa saada yhteystiedot kuntotutkimuksen tekijöistä. Rekisteristä löytää kuntotutkijoita, jotka ovat hyväksytysti suorittaneet sähkölaitteiston kuntotutkijan koulutusohjelman. Näillä henkilöillä on voimassa olevat sähköturvallisuuskoulutukset sekä Sähkö-tarkastuskeskuksen, Turvatekniikan keskuksen tai Seti Oy:n myöntämä pätevyystodistus.

## 3.2 Kuntotutkimuksen työvaiheet

### 3.2.1 Sähköverkon kuntotutkimuksessa huomioitavia asioita

Kuntotutkimusta tehtäessä on sähkötyöturvallisuus ensisijaisessa asemassa, koska tutkimuksen erilaisissa työskentelyvaiheissa joudutaan alentamaan sähkönjakelukeskusten suojausten tasoa väliaikaisesti ja työskentelemään lähellä jännitteisiä osia. Sähköturvallisuuden takia on käytettävä henkilösuojaimia, joiden on oltava tyyppitarkastettuja sekä CE- ja muilla työssä tarvittavilla merkinnöillä varustettuja. Työtä tehtäessä on varoitettava ulkopuolisia tekeillä olevasta työstä, sekä estettävä pääsy sähkölaitteistojen jännitteisiin osiin tahattomasti. Työkalujen, laitteiden ja varusteiden tulee täyttää soveltuvien eurooppalaisten, kansallisten tai kansainvälisten standardien vaatimukset. Työkalujen tulee aina soveltua työhönsä ja eikä näitä työkaluja tule väärinkäyttää. Työskenneltäessä usean ihmisen ryhmissä on hyvä pitää yhteydenpito ja tiedonkulku selkeänä, joissakin tapauksissa sähkötapaturmat voivat yksinkertaisesti johtua näiden asioiden laiminlyönnistä.

Sähkönjakelujärjestelmät voivat poiketa erilaisissa kohteissa toisistaan paljonkin, tästä syystä on kuntotutkimusta tehdessä hyvä selvittää jo alussa, minkälaisia mittauksia tarvitaan. On olemassa TN-, TT-, IT-sähkönjakelujärjestelmiä, ne on luokiteltu maadoitustavan perusteella. Kuntotutkimuksen tekijän tulee hallita sähköopin perusteet hyvin ja tietää sähköjärjestelmien erot sekä tiedostaa, mitä hän on mittamassa. Mittaukset suoritetaan yleensä vain, jos tutkijalla on syytä epäillä tai aikaisemmin on ilmennyt sähköjärjestelmässä toimintahäiriötä, myös kuntotutkimuksen asiakas voi edellyttää tiettyjä mittauksia.

Yleisesti mitattavia suureita ovat virta (I) ja jännite (U). Virrasta on hyvä mitata vaihevirratt, PEN-, N-, PE-johtimien virrat ja jännitteen osalta pääjännitteet sekä vaihejännitteet. Nämä mittaukset voidaan suorittaa yleismittarilla ja pihtivirtamittarilla, jotka



ovat yleisimmät sähkömiehen mittauksiin tarvittavat mittausvälineet. Useasti mitattaviin asioihin lukeutuvat pätöteho (P), loisteho (Q) ja näennäisteho (S). Tehojen mittaukset voidaan tehdä summatehoina tai vaiheittain. Tehojen mittaukseen on olemassa erillisiä tehomittareita, mutta jos käytössä on sähkönlaadun analysointiin tarkoitettu mittari, voidaan kaikki mittaukset suorittaa tällä mittarilla. Muita mitattavia asioita voivat olla sähköenergian kulutus, harmoniset yliaallot, säröt, valaistusvoimakkuus, lämpökuvaus, eristysresistanssi sekä suojamaan jatkuvuuden mittaus. Mittauksia suorittaessa on otettava huomioon mittaushetkellä oleva kuormituksen tilanne, kuormitus voi vaihdella paljonkin mitattavassa kohteessa. Tarkemmat mittaukset edellyttävät pidempiaikaista seuranta, joka voi tarkoittaa viikon tai kuukaudenkin mittaista jaksoa. (ST-Kortisto 97.21. 2015.)

Sähköjärjestelmien kuntotutkimuksen osaksi voidaan liittää erilaisia testauksia. Nämä testaukset voivat esimerkiksi olla laitteiden toimintatestauksia, pääkytkimien testauksia, lämmityksen ohjausjärjestelmien testauksia, valaistuksen ohjausjärjestelmän testauksia, ilmanvaihdon ohjausjärjestelmän testauksia ja kiinteistöautomaation hälytysten testauksia. (Mittaukset ja testaukset. 2015.) Kuten mittauksissakin, pitää myös testauksissa miettiä, mitä on hyvä sisällyttää kuntotutkimukseen. Isoissa kiinteistöissä viranomaisen määräämiä testauksia voi olla lukuisia ja on syytä miettiä näille omat testaussuunnitelmat, moniin näistä testauksista ei välttämättä tarvita sähköalan ammattilaista. Lisäksi joihinkin testauksiin voi viranomainen vaatia käymään omat perehdytykset ja kurssit.

### **3.2.2 Valmistelut**

Kuntotutkimus on hyvä suorittaa erillisissä työvaiheissa, jotta saadaan pidettyä kokonaisuus hallussa. Kuntotutkimusta voidaan käsitellä myös projektimaisesti. Tyypillisesti kuntotutkimuksen kohteeseen suorittaa kohteesta entuudestaan tietämätön ihminen ja yleensä kuntotutkimuksia markkinoidaan ja tarjotaan palveluina erilaisten

kiinteistöjen haltijoille. Kuntotutkimusta tarjottaessa palveluna on hyvä kertoa asiakkaalle, mitä kaikkea hän voi kuntotutkimuksella saavuttaa. Tyypillisiä perusteluja ja hyötyjä ovat korjausinvestointien kohdistuminen oikein ja niiden oikeanlainen ajoitus. Muita hyötyjä ovat lisäksi se, että kiinteistön haltijan tietoisuus omasta sähköverkosta paranee, sähköverkon järjestelmien taloudellinen käyttöikä paranee ja lakisääteiset määräaikaistarkastukset tulevat hoidetuksi. Perusteleminen on todella tärkeä osa, koska useissa kohteissa ei välttämättä ole sähkötekniistä osaamista ja kuntotutkimuksen perustelut ratkaisevat usein sen, tehdäänkö tutkimusta lainkaan. (Kuntotutkimuksen eri vaiheet. 2015.)

Kuntotutkimuksesta on hyvä laatia sopimus, jossa on syytä käydä lävitse kuntotutkimuksen laajuus ja sisältö mahdollisimman tarkasti. Tavoitteita on hyvä asettaa, jotta työn toteutumista ja siitä saatuja hyötyjä voidaan seurata. Sopimuksesta löytyy hyvä esimerkki ST-kortistosta, lomake 97.02. Sopimuksen teon jälkeen ruvetaan keräämään lähtötietoja kuntotutkimusta varten.

Lähtötietojen keräämisessä on hyvä olla edustaja myös tilaajan puolelta. Tiedot ovat tarpeellisia kokonaiskuvan hahmottamiseksi ja hyvän suunnitelman laatimiseksi. Hyviä ja tärkeitä lähtötietoja ovat esimerkiksi kohteen piirustukset ja tarkastuspöytäkirjat, käyttö- ja huolto-ohjeet, vikalistat, huoltopäiväkirjat, kiinteistössä suoritettut ja suunnitellut korjaukset sekä kunnossapitosuunnitelma. Näitä tietoja voi hankkia esimerkiksi käytönjohtajalta, sähkötöiden johtajalta ja isännöitsijältä, mikäli kohteesta löytyy vastaavia henkilöitä. (Kuntotutkimuksen eri vaiheet. 2015.)

Projektimaisen työn tapaan myös kuntotutkimuksessa pidetään yleensä aloituspalaveri. Palaverissa on hyvä käydä vielä uudelleen läpi kerätyt tiedot, ja niitä voidaan mahdollisesti vielä täydentää. Palaverissa on syytä olla mukana kohteen sähkö- ja tietoverkkotekniisiin järjestelmiin vaikuttavat tahot tai heidän edustajansa. Jos kohteeseen tehdään muitakin kuntotutkimuksia, sovitaan yhteisen koosteraportin laatimisesta ja vastuuhenkilöistä sekä yhteisten tiedonkeruulomakkeiden käyttämisestä

sekä käytännön järjestelyistä. Tiedottaminen ja aikataulut ovat perusasioita, jotka kuuluu automaattisesti tehdä. Palaverin jälkeen kaikilla tahoilla, jotka liittyvät kuntotutkimukseen, pitäisi olla perustiedot siitä, miten kuntotutkimus etenee. (Kuntotutkimuksen eri vaiheet. 2015.)

### 3.2.3 Kenttätyö

Kuntotutkimuksen varsinaisessa kenttätyössä tutkimusmenetelminä käytetään aistinvaraista havainnointia (näkö- ja kuulohavainnot), mittauksia ja testauksia sekä myös tarvittaessa näytteenottoja. Tarkoituksena on tutustua olemassa oleviin piirustuksiin, dokumentteihin ja suunnitelma-asiakirjoihin. Näiden pohjalta voidaan arvioida sähkötekniisessä järjestelmissä turvallisuutta, käytettävyyttä, teknistä kuntoa ja vaurioalttiutta.

Riippumatta siitä, kuinka hyvin kaikki mahdollinen saatavilla oleva tieto käydään lävitse, voi olla, että kaikkia rakenteita ja teknisiä järjestelmiä ei ole välttämättä toteutettu piirustusten ja suunnitelmien mukaisesti eikä korjaus- ja muutostöiden aiheuttamia muutoksia ole päivitetty olemassa oleviin dokumentteihin. Tyypillisiä sähköverkon kuntotukijan kenttätyössä tarvitsemia työkaluja, mittalaitteita ja apuvälineitä ovat jännitteenkoetin, yleismittari, pihtivirtamittari, eristysresistanssimittari, asennustesteri, tehomittari, jännitetyökalut, kamera, valonlähde, muistiinpanovälineet ja muut sähköalan perustyökalut. Mittauksia ja näytteidenottoa varten on hyvä ennalta laatia pöytäkirjat ja suunnitelmat. (Mittaukset ja testaukset. 2015.)

Kenttätöitä tehdessä saadaan kerättyä hyvin paljon yksityiskohtaista tietoa. Kaikki tieto ei ole sinällään käyttökelpoista eikä tilaajan kannalta ymmärrettävää. Tästä yksityiskohtaisesta tiedosta on syytä koostaa erilaisia tulosten tarkasteluja, tulkintoja ja johtopäätöksiä. Johtopäätöksissä voidaan esittää rakenneosan tai teknisen järjestelmän korjaustarve, -ajankohta ja -vaihtoehdot sekä mahdollisten vaurioiden vaikutus turvallisuuteen. Johtopäätösten tulisi olla mahdollisimman selkeitä ja luotettavia.

Mittaustuloksista pitää esittää vaaditut ja tyyppilliset raja-arvot, jotta saatua mittaus-tulosta voidaan käsitellä ja ymmärtää työn tilaajan puolella. Saadusta tiedosta tehdään selkeät toimenpide-ehdotukset sekä kustannusten arviointi. Tietoa voidaan jalostaa erilaiseen sen mukaan, riippuen tuleeko tietoa kerätä tilaajalle vai suunnittelijalle. (Mittaukset ja testaukset. 2015.)

### **3.2.4 Tulokset ja loppupalaveri**

Kuntotutkimuksen lopuksi tehdään loppuraportti ja pidetään loppupalaveri. Palaverissa varmistetaan, että asetetut tavoitteet toteutuivat ja tilaaja sai haluamansa tiedon. Loppuraportti tulee laatia mahdollisimman paljon tilaajan näkökulmasta, jotta tälle jää oikea kuva järjestelmän kunnosta ja turvallisuudesta. Loppuraportin sisältöä ei ole mitenkään määritelty, mutta tietynlaisena mittarina voidaan pitää tilaajan tyytyväisyyttä. Liite 1 on esimerkki siitä, miten raportin sisältö voitaisiin jäsenellä.

## **4 Sähkönlaatu**

Sähkönlaatua koskeva standardi SFS-EN 50160 määrittelee jännitteen ominaisuudet sähkökäyttäjän liittämiskohdassa yleisissä pien- ja keskijännitteisissä sähkönjakeluverkoissa normaaleissa käyttöolosuhteissa. Standardi määrittelee ohjearvot tai rajoitukset, joiden sisällä sähkökäyttäjä voi olettaa jännitteen pysyvän. Standardi on jaettu kahteen pääosaan, jännitteen laatuun ja sähkön toimitusvarmuuteen. Pitää kuitenkin olla tietoinen, että standardin vaatimien asetuksien täytyttyä kaikki ei automaattisesti ole hyvin.

Rakennuksen sähkönlaatua pystytään valvomaan usealla eri tavalla, esimerkiksi kirjaamalla poikkeuksellisia toimintoja ja tapahtumia tai suorittamalla eritasoisia satunnaisia tai jatkuvia mittauksia. Yksi tapa on kirjata rakennuksen valmistumisesta alkaen kaikki poikkeukselliset toiminnot ja tapahtumat, joita yleensä ovat tuotannon laa-

tuongelmat, prosessien käyttöasteiden jatkuva vaihtelu, laiteviat, toistuvasti tarvittavat huollot ja suojalaitteiden laukeamiset. Jo valmiiksi rakennetun sähkölaitteiston sähkönlaadun mittaaminen ja analysointi voidaan tehdä joko ennakolta tai vasta siinä vaiheessa, kun ongelmia alkaa ilmaantua.

#### **4.1 Sähkönlaadun häiriöt ja ominaisuudet pienjänniteverkossa**

Sähkönlaatu on todella merkittävä osatekijä teollisuuden tuotantoprosessien toiminnan näkökannasta. Sähköverkossa voi ongelmia aiheutua monista eri syistä yleisemmin jännite- ja virtapiikeistä, yliaalloista sekä jännitetason vaihtelusta. Ongelmat voivat olla pahimmassa tapauksessa tuotannon täydellinen keskeytyminen. Häiriöstä johtuen voivat tuotteet olla laatuvirheellisiä, viallisia ja epäluotettavia. (Teknisiä tietoja ja taulukoita. 1990.)

Keskityn käymään läpi pienjänniteverkon sähkönjakelun häiriöt ja ominaisuudet, koska meijerissä mittaukset tehtiin pienjänniteverkkoon. Pienjännitteen ominaisuuksia tarkastellessa on syytä erottaa jatkuvat ilmiöt ja jännitehäiriöt. Jatkuvat ilmiöt ovat poikkeamia nimellisestä arvosta, jotka esiintyvät jatkuvasti kokoajan. Näitä poikkeamia aiheuttavat pääasiassa tietyn kuormitustyyppin vaikutukset, kuormituksen vaihtelut ja epälineaariset kuormat. Jännitehäiriöt ovat puolestaan häiriöitä, jotka vaikuttavat jännitteen käyrämuotoon äkillisesti tai poikkeavat merkittävästi halutusta käyrämuodosta. Jännitehäiriöt tavallisesti eivät ole ennustettavissa ja ne johtuvat yleisesti vioista tai ulkoisista tekijöistä.

Liitteessä 2 on esiteltyä standardin SFS-EN 50160 antamat raja-arvot pienjännitteen jatkuvien ilmiöiden ominaisuuksille. Jännitehäiriöt määritellään standardissa käyttökeskeytyksiin, jännitekuoppiin, ylijännitteisiin ja transienttiylijännitteisiin. Näitä asioita voidaan mitata ja tilastoida, mutta näille ominaisuuksille ei löydy yksiselitteisiä ohjeita. Suosituksia löytyy ja niiden perusteella voidaan tehdä päätelmiä.

## 4.2 Opinnäytetyöhön liittyvät sähkönlaadun käsitteet

Käyn seuraavaksi tarkemmin läpi sähkönlaadun häiriöitä, jotka voivat esiintyä pienjänniteverkossa. Työssä kuitenkin on olennaista keskittyä teollisuuslaitoksen pienjänniteverkossa esiintyviin sähkönlaadun häiriöihin.

Jännitekuoppa on nimensä mukaan jännitteen äkillinen notkahtaminen. Nopeat jännitteen muutokset ja jännitekuopat voivat aiheutua isojen kuormitusten uudelleen kytkemisestä, hetkellisestä viasta tai induktiivisesta kuormasta. Yleisimmät jännitekuopat ovat suuruudeltaan alle 60 % nimellisjännitteestä ja kestoltaan alle 1 sekuntia, mutta joskus voi esiintyä suurempia ja pidempiä jännitekuoppia. Jännitekuopat on havaittavissa sähkönlaadun analysointimittauksissa.

Teollisuuslaitoksissa sähkömoottorit ovat suurimpia sähkökäyttäjiä, sillä yhdessä tuotantoprosessissa saattaa niitä olla sadoittain. Kaikkien sähkölaitteiden, mutta erityisesti sähkömoottoreiden, käynnistysvirrat aiheuttavat suuren ja pitkäaikaisen jännitteen aleneman. Sähkömoottorin käynnistystilanteen suurin jännitteen aleneman sallitaan olevan 10 % nimellisjännitteestä. Sähkömoottoreiden käynnistyessä ottavat moottorit käynnistysvirtaa 5-7 kertaa enemmän verrattuna moottorin nimellisvirtaan, tämä johtuu sähkömoottorien rakenteesta. (ST-Kortisto 52.51.02. 2015.)

Käyttökeskeytys tai pelkästään keskeytys on varmasti yleisin häiriö sähkönjakelun keskijänniteverkon avojohtolinjoilla ja helpoiten tunnistettavissa. Keskeytyksen yleensä aiheuttaa ulkopuolinen tekijä sähkönjakeluun, joka voi olla esimerkiksi ukkosmyrsky, eläin tai tahaton jännitteensyötön katkaiseminen. Kotitaloudessa keskeytyksen voi huomata sähköjen häviämisenä ja tietyn ajanjakson jälkeen palautumisena.

Ylijännitteet ovat jaettavissa pitkäaikaisiin ja lyhytaikaisiin luokkiin. Lyhyt ylijännite eli transientti on kestoaltaan sekunnin murto-osia ja voi kasvaa megavoltteihin. Transientit aiheutuvat yleisimmin teollisuuslaitoksissa valaistuksesta, kapasitiivisesta kytkennästä, epälineaarista kuormasta. Pitkäaikaisissa ylijännitteissä jännitetaso on yleensä melko matala, mutta ylittää kuitenkin standardin määrittelemän jännitetoleranssin maksimiarvon. Pitkäaikainen ylijännite voi johtua oletettua pienemmästä kuormituksesta.

3-vaihe sähkömoottori on symmetrisesti kuormitettu, mikäli jokaisessa johtimessa kulkee yhtä paljon virtaa. Kotitalouksien saunojen vastukset toimiessaan normaalisti ovat symmetrinen kuorma ja tästä voidaan puhua lineaarisena kuormituksena. Monet teollisuusverkon sähkönjakelukeskukset nykyään ovat epäsymmetrisesti kuormitettuja, koska yksi syöttävistä vaiheista kuluttaa virtaa enemmän kuin muut. Tämä voi tapahtua teollisuuslaitoksen sähköverkon muutosten yhteydessä, jolloin ei oteta huomioon kokonaiskuormitusta. Vaiheiden välinen kuormitus saattaa jakautua epätasaisesti ja voidaan vahingossa kytkeä yhteisen syöttävän lähdön perään epälineaarisia kuormia. Epälineaariset kuormat aiheuttavat epäsymmetriaa vaihejohtimissa, tyypillistä epälineaarista kuormitusta aiheutuu puolijohteista tai magneettikentistä. Magneettikenttiä tai puolijohteita esiintyy esimerkiksi valoissa, sähkömoottoreissa, tietokoneen virtalähteissä ja taajuusmuuttajakäytöissä. Epäsymmetrisestä kuormituksesta voidaan joskus käyttää nimitystä vinokuorma.

Epälineaaristen kuormien ottamaa virtaa kutsutaan epälineaariseksi virraksi ja nämä sähkövirrat ottavat siniaallosta vain osan puolijaksonajasta ja synnyttävät sähköverkkoon harmonisia parittomia yliaaltovirtoja, eli 50 Hz monikertoja: 3. (150 Hz), 5. (250 Hz), 7. (350 Hz). Tästä syystä epälineaariset virrat voidaan nimetä harmonisiksi yliaaltovirroiksi. Harmoninen yliaaltovirta tuottaa teollisuuslaitoksen sähköverkkoon impedansseissa harmonisia yliaaltojännitteitä, joiden summaa kutsutaan kokonaisjännitesäröksi (THD). Jännitesärö termi muodostuu siitä, kun harmoninen yliaaltovirta aiheuttaa jännitteen ja virran säröytymisen. Säröytynyt jännite ja virta kokonaisuu-

nessaan sisältävät 50 Hz taajuuden lisäksi sen monikerroista syntyvät virrat ja jännitteet. Puhuttaessa harmonisista yliaaltovirroista voidaan joskus sanoa vain yliaallot. Yliaallot aiheuttavat laitteissa toimintahäiriöitä tai voivat vioittaa ja jopa rikkoa sähköisen laitteen. (ST-Kortisto 52.51.03. 2015.)

Yliaaltojen torjunta ja suodatus toteutetaan teollisuuslaitosten sähköverkossa yliaaltosuodattimilla, johtuen teollisuudessa usein esiintyvistä harmonisista yliaaltovirroista. Suodatuksen hankkiminen voi olla ajankohtaista jos kokonaiskuormasta yli 20 % on yliaalloista johtuvaa. Suodattimia on passiivia tai aktiivisia, aktiivisten toiminta perustuu sähkölaadun jatkuvaan mittaukseen ja suodatinlaitteiston säätymiseen mitaustulosten perusteella. Suodatinlaitteisto tuottaa jokaiselle yliaaltotaajuudelle kompensatiovirran täydellisessä vastavaiheessa, joka kompensoi yliaaltovirran pois verkosta. Aktiivisuodattimilla voidaan yliaaltojen suodatuksen lisäksi hallita kuormituksen tasaisuutta sekä portaattomasti loistehoa. Sähkölaadun mittausten perusteella aktiivisuodatin on mahdollista mitoittaa oikein eli keskuksen yliaaltovirtojen mukaiseksi. (ST-Kortisto 52.16. 2015.)

Olemassa olevista sähkölaitteista jotkut tarvitsevat toimiakseen pätötehon (P) lisäksi myös loistehoa (Q). Tällaisia laitteita ovat esim. sähkömoottorit, muuntajat ja laitteet, joissa magneettikenttiä voi syntyä. Nämä sähkölaitteet tarvitsevat varsinaiseen työhön pätötehoa ja loistehoa käytetään magneettikentän ylläpitämiseen. Pätöteho ja perustaajuinen (50 Hz) loisteho yhdessä muodostavat näennäistehon (S). Loistehon siirtäminen kuormittaa sen aiheuttaman virran takia siirtojohtoja. Jotta laitteiden ja komponenttien virtarasitukset eivät kasvaisi suuriksi, pyritään loistehoa kompensoimaan. Kompensoinnin lisäämisellä tai parantamisella saadaan pienennettyä kokonaisvirtaa sekä verkon pätötehohäviöitä. (ST-Kortisto 52.15. 2015.)

Paras tapa kompensoida loistehoa on asentaa kompensointikondensaattorit teollisuuslaitoksen sisäverkkoon, mikä tarkoittaa keskitettyä kompensointia. Keskitettyä kompensointia käytetään silloin, kun kompensointiparisto sijoitetaan teollisuuslai-



toksen pää- tai ryhmäkeskukseen. Lähes kaikkien teollisuuslaitoksien kompensoinnit joudutaan nykyään toteuttamaan estokelaparistoilla, sillä lähestulkoon kaikissa tehtaiden sähköverkoissa esiintyy yliaaltoja. (ST-Kortisto 52.15. 2015.)

3-vaiheisen estokelapariston perusrakenteen muodostavat kolme kondensaattoria, jotka on kytketty kolmioon, ja jokaisen vaiheen väliin jää yksi kondensaattori. Kokonaisuus rakennetaan kontaktoreilla, varokkeilla ja purkausvastuksilla sekä kondensaattorin kanssa sarjaan kytkettävällä estokelalla. Estokelapariston toiminta ei ole kovin monimutkainen. Kontaktoreilla ohjataan kompensoinnintehokkuutta ja kontakteita ohjataan loistehonsäätimellä, jolle tuodaan yleensä mittausjännite yhden vaiheen ja nollan väliltä. Säädin tarvitsee myös virran mittauksen, jotta säädin voi laskea jännitteen ja virran välisen kulmaeron, jonka perusteella säädin laskee tarvittavan kompensointitehon. Kontaktorien korvaaminen tyristoreilla mahdollistaa nopean reagoinnin kompensoinnin ohjaukseen. (ST-Kortisto 52.15. 2015.)

Olemassa olevissa teollisuuslaitoksissa yksinkertaisin tapa kompensoinnin mitoittamiseksi on mitata loistehonkulutus. Mittauksessa on tarpeen pyrkiä määrittelemään ajanjakso, jolloin oletettu loistehonkulutus on suurimmillaan. Mittaukset kannattaa tehdä sähkönlaadun analysaattoreilla, joilla on mahdollista tallentaa mittaustuloksia pidemmältä ajanjaksolta, jolloin kuormituksen käyttäytyminen saadaan paremmin selville. (ST-Kortisto 52.15. 2015.)

### 4.3 Sähkönlaadun mittaus

Sähkönlaadun mittauksen ensimmäisessä vaiheessa selvitetään yksittäinen häiriöiden aiheuttaja, joka voidaan päätellä häiriötyypin ja sen esiintymisaikojen perusteella. Harvoin löydetään yksi häiriöiden aiheuttaja, sillä jokainen laite ja järjestelmä yksinään täyttävät useimmiten sitä koskevat standardit. Usein häiriö onkin monen sähkölaitteen tai aiheuttajan yhteisvaikutuksen summa.

(ST-Kortisto 97.21. 2015.)

Ensimmäinen mittausperiaate häiriöiden paikallistamisessa on kartoittaa sähköverkon todennäköisimmät häiriöiden aiheuttajat havaittujen ongelmien, sähköverkon rakenteen ja laitekannan perusteella. Näiden tietojen pohjalta suunnitellaan mittauskohdat ja -ajat. Toinen mittausperiaate on mitata erikseen rakennuksen jokainen yksittäinen suurehko laite tai osa-alue ja sähkönjakeluverkosta tulevat häiriöt. (ST-Kortisto 97.21. 2015.)

Häiriöitä poistettaessa määritellään aluksi häiriölle haluttu vaimennustaso, sitten määritellään häiriönpoistamisen vaihtoehdot ja kunkin poistamistoimenpiteen kustannukset. Mittaustulosten hankalin osa on määrittää kunkin häiriöihin vaikuttaneen osapuolen osuus häiriöön. Tavallisimmat osapuolet ovat sähkösuunnittelija, laitetoimittaja, urakoitsija, sähköverkkoyhtiö ja käyttäjä.

## 5 Kuntotutkimus Valion meijerissä

### 5.1 Valmistelut

Tärkeimpiä perusteluja Valio Jyväskylän kuntotutkimuksen aloitukselle oli saada suoritetuksi sähkölaitteistojen (luokka 2C) määräaikaistarkastukset, päivittää sähkökuvat (pääkaaviot, nousujohtokaaviot, maadoituskaaviot, suurjännitekaaviot), koestaa suojalaitteet ja saada ajankohtainen tieto sähkönjakelun kunnosta. Olen ollut työssä samassa kiinteistössä kahdeksan vuotta ja kokemus auttoi minua alkuun työtehtävissä. Kuntotutkimuksen avuksi minulle määrättiin Marko Turpeinen Vaajakosken Sähkösepat Oy:stä. Marko on toiminut alihankkijana Jyväskylän tiloissa jo useamman vuoden ajan sähköalan työtehtävissä.

Kuntotutkimusta aloittaessa ja sen laajuutta miettiessä täytyi tehdä hieman aluksi laskelmia ja rajauksia. Rajasimme tutkimuksen 400 V sähkönsyöttöön, mutta jätimme ryhmäkeskuksilta lähtevät kuormat pois tarkastelusta. Laskin, että meijerillä on yhteensä yli 100 kappaletta pääkeskuksia ja ryhmäkeskuksia. Arvioin, että kuntotutkimusta tehdessä keskuksella voisi keskimäärin mennä kaksi tuntia aikaa kahdelta mieheltä. Tämä tekisi 200 tuntia kokonaisuudessaan. Saisimme keskusten tarkastamisen valmiiksi 5 viikossa normaaleilla työviikoilla. Työtä dokumentoidaksemme käytimme Excel-taulukkoa (ks. taulukko 1), johon merkkasimme puutteet ja suojalaitteiden koestukset. Lisäarvoa tutkimukselle antoi lämpökuvaus, jonka suoritimme kuntotutkimuksen yhteydessä keskuksille.

Taulukko 1. Kuntotutkimuksen kohteita

RIVI	HUOLTOVÄLI / V	JAKOKESKUKSET ALLE 1000 V
1	1	Käyttö- ja turvavälineet sekä ensiapuvälineet
2	2	Suojareleet
3	4	Lämpöreleet
4	2	Katkaisijat ja niiden releet
5	1	Vikavalvontajärjestelmän toiminnan tark ja koestus
6	1	Vikavirtasuojakytkimien toiminnan tarkastus
<b>LAITTEET</b>		
7	2	Maadoitukset
8	2	Kytkinlaitteet
9	2	Johtojen suojaustiedot
10	2	Suojausten selektiivisyys
11	2	Läpiviennit
12	2	Mekaaninen kunto
13	4	Liitokset ja liitännät
14	2	Lämpökuvaus
15	1	Keskuksen kansien lukitus
16	4	Mootorinsuojakatkaisijat
17	4	Varokepesien lähtöliittimien kiristys lämpökuvauksesta
18	4	Varokepesien lähtöliittimien kiristys (LÖYSÄLLÄ)
<b>TILA</b>		
16	1	Sähkötilan lukitus
17	1	Varoituskilvet
18	1	Keskuksen hoitotila
19	1	Kaaviot ja piirustukset
20	1	Läpiviennit
21	1	Merkkilamput
22	1	Kellokytkimet
23	1	Yleinen siisteys
24	1	Ilmastointi
25	1	Valaistus
26	1	Kenttäasennukset, moottorit, turvakytkimet silmämääräinen havaintointi
<b>KOMPENSOINTILAITTEET</b>		
26	1	Säätimen ja paristojen mekaaninen kunto
27	1	Paristokohtaisten sulakkeitten tarkastus
28	1	Laitteen ja tilan siisteys
29	1	Säätäjän toiminta
30	1	Liitokset
31	1	Hälytyksen toiminta

## 5.2 Kenttätyö

Kenttätyötä tehdessämme käytimme työkaluina aistinvaraista havainnointia (näkö- ja kuulohavainnot), Microsoft Office ohjelmistoja, yleismittaria, pihtivirtamittaria, otsalamppua, jännitetyökaluja ja Fluke -TI25 sarjan lämpökameraa.

Kiinteistöt on pääsääntöisesti rakennettu 1980-luvulla, ja sähköasennukset ovat sen ajan mukaiset, toki paljon on tehty muutoksia ja uudistuksia ajan myötä. Tutkimukset suoritettiin sähkökeskuksiin, jotka ovat jännitteellisiä, ja tästä syystä työturvallisuus oli ensisijaista. Käytimme apuna vanhoja sähköpiirustuksia ja rakennekuvia, mikäli oli tarvetta selvittää kytkentöjä.

Työtä tehdessä tuli todettua, kuinka tärkeää on dokumentointi, sillä osassa sähkökeskuksista oli puutteelliset sähkökuvat tai osaan kuvista ei ole tehty olemassa olevia päivityksiä. Dokumenttien puute vaikeutti töiden etenemistä, koska emme olleet varmoja, miten tietyt kokonaisuudet liittyivät sähköisesti toisiinsa.

## 5.3 Lopetus

Työstä ei tehty loppuraporttia käyttäjälle. Keräämämme tieto sähköverkon kuntotutkimuksesta tallentui kunnossapidon käyttöä varten toiminnanohjausjärjestelmään. Kerätyn tiedon pohjalta tullaan tekemään jatkotyöt ja korjataan puutteita. Jatkotöistä on pieni ote taulukko 2. Puutteita kirjattiin yli 100 kappaletta, ja eikä tähän määrään ole vielä laskettu dokumentoinneissa esiintyneitä puutteita. Opinnäytetyössä saatiin selville myös kiinteistöautomaatiolle tulevien hälytysten toimivuus. Hälytyksiä oli kytketty monien suojarleiden laukaisuihin, joita koestettiin työtä tehdessä.

## Taulukko 2. Kuntotutkimuksen jatkotöitä

TARVIKE	TYÖ	TEHTY PVM.	HUOM!
SANITEETTISILIKONI. C-RIVILIITIN. KANNEN LUKKO.	TIIVISTETTÄVÄ 03.A-KENNON LÄPIVIENTI. 02.A-KENNON RIVILIITIN VAIHDETTAVA. 03.B LUKKO VAIHDETTAVA EHIÄÄN. 05A-KENNOSSA PURETTAVA MMI 3X1,55 SEKÄ PÄÄTETTÄVÄ KOTELOON ÖP-3:n KAAPELI( JOS EI PURETA).		
F21. SUPISTUSRENGAS(ON JO KENNOSSA)	ASENNETTAVA , KOSKA NYT 3-KOON PESÄ JA SULAKE 2-KOON 10A.		
	KENNOSSA 01B MUUTAMA IRRALLINEN JOHDIN PÄÄTETTÄVÄ.		
	PURETTAVIA KAAPELEITA KESKUKSEN PÄÄLLÄ. VANHOJEN NH3-PUTKIEN LÄPIVIENIT TIIVISTETTÄVÄ ( HALK.=400, 3 KPL)		
KOON 2 VAROKEKANSI 1 KPL. C-KISKON RIVILIITIMIÄ 6 KPL.	PURETTAVA KAAPELI KESKUKSEN PÄÄLLÄ. VAIHDETTAVA RIKKINÄISTEN RIVILIITIMIEN TILALLE EHIÄT.		
SANITEETTISILIKONI.	SYÖTTÖKAAPELIEN LÄPIVIENIT TIIVISTETTÄVÄ, KURAA ON JO TULLUT YLHÄÄLTÄ KENNOON. KANSI 03A EI AUKEA. KATON LÄPIVIENTI TIIVISTETTÄVÄ.		KESKUKSEN EDESSÄ TYNNYRIEN SÄILYTYSPIAIKKA, EI SAA OVIA AUKI.
SULAKE 100A 2 KPL.	VAIHDETTAVA PALANEET SULAKKEET EHIIN. SUODATIN VAIHDETTAVA UUTEEN.		PK1.
	LUKITUKSET TOIIMI HUONOSTI KANSIEN VANHOISSA KAHVOISSA, AUTETTAVA. KESKUS SISÄLTÄ PÖLYINEN, IIMUOITAVA SEURAAVASSA SÄHKÖKATKOSSA.		F25 EI SAA AUKI 1-ASENNOSSA(EI VAPAUTUSTA)
RUUVEJA n.4,3x25 2 KPL.	PUUTTUU RUUVEJA, LAITETTAVA PAIKOILLEEN.		
KOSKETUSSUOJAN LUKITUSSOKKA D2-KOOLLE	KENNOON 05C ASENNETTAVA SOKKA.		
PG16 SULKUTULPPA 3 KPL. C-KISKON RIVILIITIMIÄ 3 KPL. KANNEN LUKKO 1 KPL.	KENNON 07A LÄPIVIENIT TUKITTAVA TULPILLA. 04A:SSA IRRALLISIA PALJAITA JOHTIMIA, PÄÄTETTÄVÄ. 02B: IRRALLISIA PALJAITA KOSKETELTAVIA LÄMPÖRELEITÄ 2 KPL, POISTETTAVA. KANNEN 05C ALEMPI LUKKO VAIHDETTAVA EHIÄÄN.		
KUTISTESUKKAA YMS. KOSKETUSSUOJAKSI.	KENNOIHIN 04 JA 06 MERKKIVALOJEN LIITTIMIEN PÄÄLLE KOSKETUSSUOJAT. KENNOSSA 05 RELE KIINNITETTÄVÄ JA PURETTAVA KAAPELIT.		
RIVILIITIMIÄ C- & DIN-KISKOILLE	JOHTIMIA IRROITeltu JA HUONOSTI PÄÄTETTY, TEHDÄÄN PAREMMIN.		JK4-m TALJAN TELINEEN JALKA <0,8 m PÄÄSSÄ KESKUKSESTA
SANITEETTISILIKONIA. MERKKILEDEJÄ KESKUKSEEN.	01-KENNOISSA! LEIKATTAVA KAAPELEILLE KOSKETUSSUOJAMUOVIA, NYT TAITTUNUT PAHASTI. MK 120 KEVI LÄPIVIENTI TIIVISTETTÄVÄ. 04C KANNEN OIK YLÄK VÄÄNTYNYT, KORJATTAVA.		JK4-m TALJAN TELINEEN JALKA <0,8 m PÄÄSSÄ KESKUKSESTA

Lämpökuvauksista otettiin kunkin keskuksen korkein lämpötila muistiin ja kirjattiin, mistä kohteesta keskuksessa kuvaus on tehty. Taulukko 3 esittää listausta näistä kirjauksista. Jatkotoimenpiteet jätettiin Valion kunnossapidon mietittäväksi.

**Taulukko 3. Lämpökuvauksen kirjaukset**

KESKUS	MIKÄ	LÄMPÖTILA / C	HUOM
K1.2	KONTAKTORI 10K1:4 & 6	64,2	LÄMPÖKESKUS
FLHK-01	SULAKE 28F1.1	61,8	&
JV-SEK	KONTAKTORI 8K3	57,9	SILOJEN ALATILA
K 1.1	MOOT.S.KATKAISIJA KENNO 02B	64,1	1.KRS
RK1.4	KONTAKTORI 6K2	45,7	1.KRS, KALLIOSOLA
PK1:KONDENSAATTORI	KELAN L5 DYNAMOLEVYT	64,8	TEKU SÄHKÖPÄÄK. TILA 313
PK1	SULAKE F8.3	38,2	PIK10.3
MITTARIKESKUS	kWh-MITTARI P7	25,5	TEKU SÄHKÖPÄÄK.
1L	SYÖTTÖKAPELIN JOHTIMET. LAUHDUTTIMIEN LÄMPÖRELEET	85	KYLMÄK.HUONE. VANHOJA LÄMPÖRELEITÄ
2L	KENNON 01B LÄMPÖRELEET	80	&
OK	YLEISESTI KONTAKTORIT	50	KYLMÄK.HUONE TILA 312. HUOM! UM2:n TILA NRO
RK2	RELEET 7-9K2	50	JÄÄHD.KESKUS TILA 310
RK1.3K	KONTAKTORI 32K1	34,3	TILA 310

## 6 Sähkönlaatu ja mittaus Valion meijerissä

Sähkönlaadullisia ongelmia ei ollut havaittu tai tiedostettu meijerissä, joten mittauspaikoiksi valitsin sellaisia kohteita, jossa oletettiin näitä häiriöitä olevan. Pyrin tulkitsemaan mitattuja tuloksia ja miettimään sähkönlaatua parantavia toimenpiteitä. Työkaluna näiden ongelmien havaitsemiseen käytettiin Fluke -435 kolmivaiheista sähkönlaadunanalyysointilaitetta. Mittari oli lainattu Valion toisesta tuotantolaitoksesta, joten mittaukset piti tehdä kohtalaisen nopeassa aikataulussa. Mietittäväksi jäi, mistä mittaukset suoritetaan, koska mittauksille ei varsinaista pakotetta ollut. Tietynlaiseksi ongelmaksi alussa muodostui sekin, mitä mittarin mittaustoimintoa käyttäisin. Mittarissa oli lukuisia toimintoja erilaisille mittauksille ja pyrin kokeilemaan niistä mielestäni parhaita toimintoja sähkönlaadun mittaamisen kannalta.

## 6.1 Pääkeskus 3, lähtö F17, sähkönlaadun mittaukset

Ensimmäisenä mittauspisteenä toimi A-rakennuksen pääkeskus 3 ja sieltä lähtö F17, joka syöttää toimistokerroksen ATK-pistorasioita ja valoja (kuvio 6). Työn kannalta toivoin, että samassa verkossa toimiva UPS ja ATK-laitteet tuottaisivat häiriötä verkkoon, jotta voisin päästä rekisteröimään mahdollisia sähkönlaadun poikkeamia. Pääkeskuksen muissakin lähdoissä olevat kuormat voivat vaikuttaa mittaustulokseen ja tämä tiedostettiin jo mittausten alkuvaiheessa.

Mittaus tehtiin viikon pituisella mittausjaksolla. Fluken mittarissa oli valmiina toiminto, jolla voitiin tarkkailla ainoastaan sähkönlaatuun vaikuttavia asioita.

Mitattavina asioina olivat teholliset jännitteet (RMS), yliaallot, välkyntä, kuopat, katkokset, nopeat jännitteenmuutokset, kohoumat, epäsymmetria, taajuus, verkon signaalijännitteet. Näitä asioita olisi voinut mitata erikseenkin mittarilla, mutta sähkönlaadunmittaus teki näiden kaikkien asioiden mittaamisen samaan aikaan.

Mittarille pitää määritellä raja-arvot, jonka mukaan se tietää mihin verrata mittauksia. Aikaisemmin mainitun SFS-EN 50160 standardin pohjalta mittarille annettiin raja-arvot, joihin se vertasi mitattua tulosta.





**KUVIO 6. Mittaus kytkettynä**

Liitteestä 3 löytyy mittauksista saatu raportti. Raportti soveltuisi myös asiakkaalle annettavaksi loppuraportiksi, tarvittaessa käännettynä kohdemaan kielelle. Ensimmäisellä sivulla ilmenee mittauksissa käytetyt SFS-EN 50160-standardin antamat raja-arvot, mittalaitteen yksilöllinen koodi, mittauksen tekijän nimi, mittauksen ajankohta ja mittauksen kesto. Raportin seuraavilla sivuilla on yksilöity mitattavat asiat ja niistä saadut tulokset.

Mittausraportti ei sisältänyt sähkönlaadullisia poikkeamia. UPS- ja ATK-laitteiden tuottamat harmoniset yliaaltojännitteet saivat aikaan suurimmillaan vaiheessa L3 kokonaisjännitesärön 4,4 % THD. Epäilin aluksi, että kokonaisjännitesärö olisi voinut olla isompi. Pääkeskuksen muihin lähtöihin kytketyt kuormat eivät tässä F17-lähdössä tehdystä mittauksesta näkyneet merkittävästi.

## 6.2 Pääkeskus 1, sähkönlaadun mittaukset

Seuraavana mittauskohteena toimi B-rakennuksen pääkeskus PK1. Mittaus tehtiin suoraan kuparikiskoista, jotka syöttävät PK1-pääkeskusta. PK1 syöttää lähtöjä, johon on kytketty taajuusmuuttajakäyttöjä, isoja kylmäkoneita ja kiinteistön sähköjä. Mittaus tehtiin tällä kertaa Fluken loggeritoiminnolla eli tiedonkeruutoiminnolla, joka antaa mahdollisuuden tallentaa monia eri lukemia samanaikaisesti suurella erottelukyvyllä. Lukemat tallennetaan käyttäjän asettamin aikaväleihin, kun asetettu aikaväli "loppuu", tallennetaan muistiin aikajakson aikana käyneet minimi-, maksimi- ja keskiarvot, ja sen jälkeen seuraava aikavälin mittaus alkaa. (Fluke 435. 2015.) Mittauksen aikaväli oli säädettävissä 0,5 sekuntista 2 tuntiin, mutta aikavälin tiheydellä oli suora vaikutus tiedonkeruun kokonaiskestoan. Mittauksen kokonaiskesto olisi voinut kasvaa isommalla muistikortilla, tällaista ei mittausten aikana ollut saatavissa.

Määrittelin mittarin mittausten aikavälin minuutin mittaiseksi, koska halusin tiedonkeruun keston kasvavan mahdollisimman pitkäksi. Standardissa Liitteen 2 mukaan jännitettä tarkastellaan 10 minuutin mittausjaksoissa, mutta taajuutta 10 sekunnin mittausjaksoissa. Uskoin aikavälin olevan riittävän tarkka, mutta tarkempien mittaus-tietojen tallentamiseksi olisi kannattanut mittauksen aikaväli asettaa lyhyemmäksi. Sähkönlaadun mittauksen kannalta on kuitenkin parempi, että otetaan mahdollisimman pitkä mittausjakso. Mittarin päivämääräasetukset jäivät minulta vaihtamatta, mutta tämä ei sähkönlaadullisiin asioihin vaikuta.

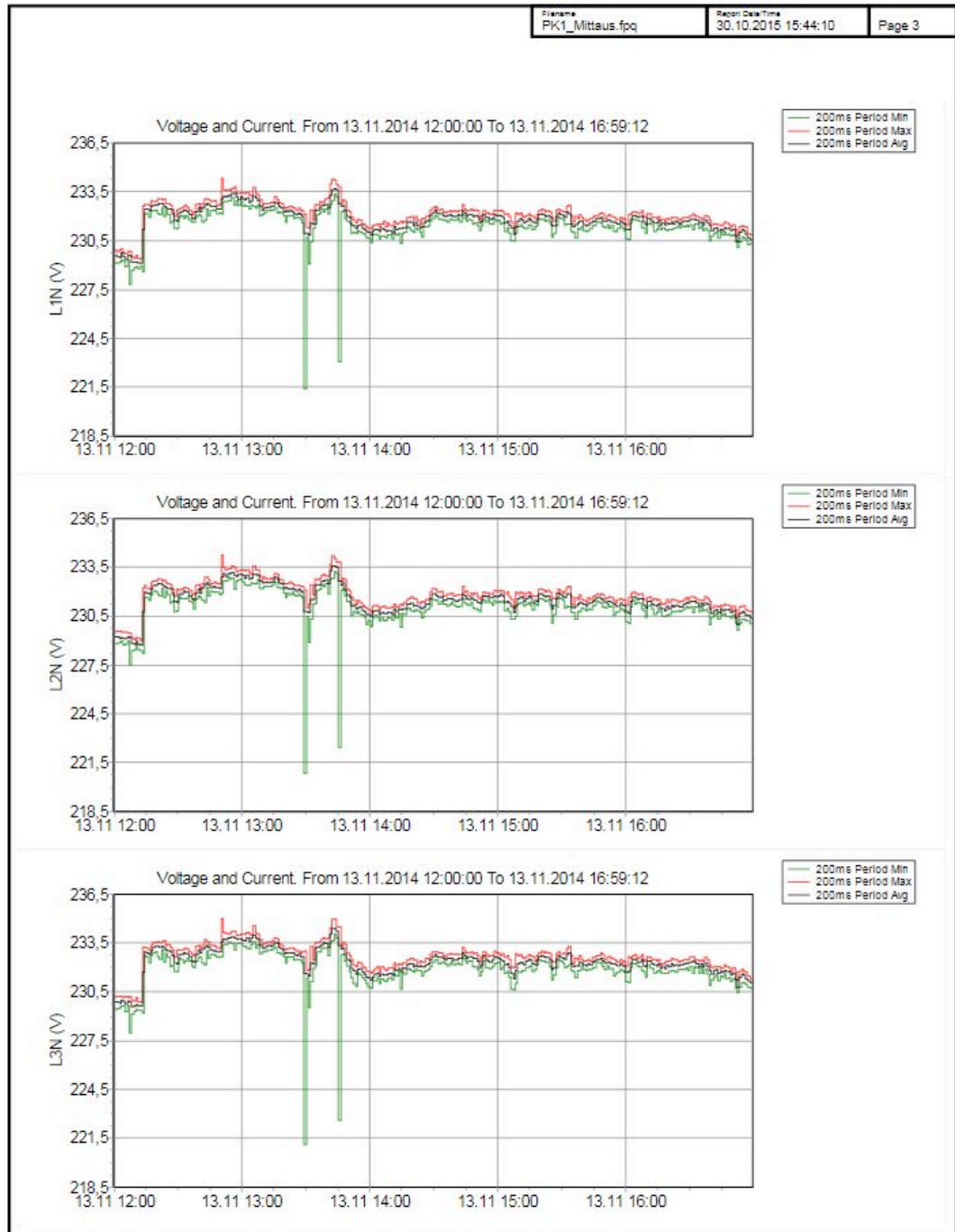
Kerättyjä tietoja käsiteltiin Fluken Power Log -ohjelmistolla, Taulukko 4 on näyte tiedonkeruulla saadusta taulukkotiedoista tietyllä ajanjaksolla. Mittaukset ovat tiedonkeruutoiminnossa tietynlaisia mittausnäytteitä, joita kerätään halutulla aikavälillä. Tämä tuo mittaustietojen käsittelyyn tiettyjä ongelmia. Jos haluttaisiin tutkia, miltä näyttää säröytynyt jännite, niin se ei onnistu, mutta tuloksista voidaan päätellä onko jännite säröytynyttä.

**Taulukko 4. Tiedonkeruu taulukkona**

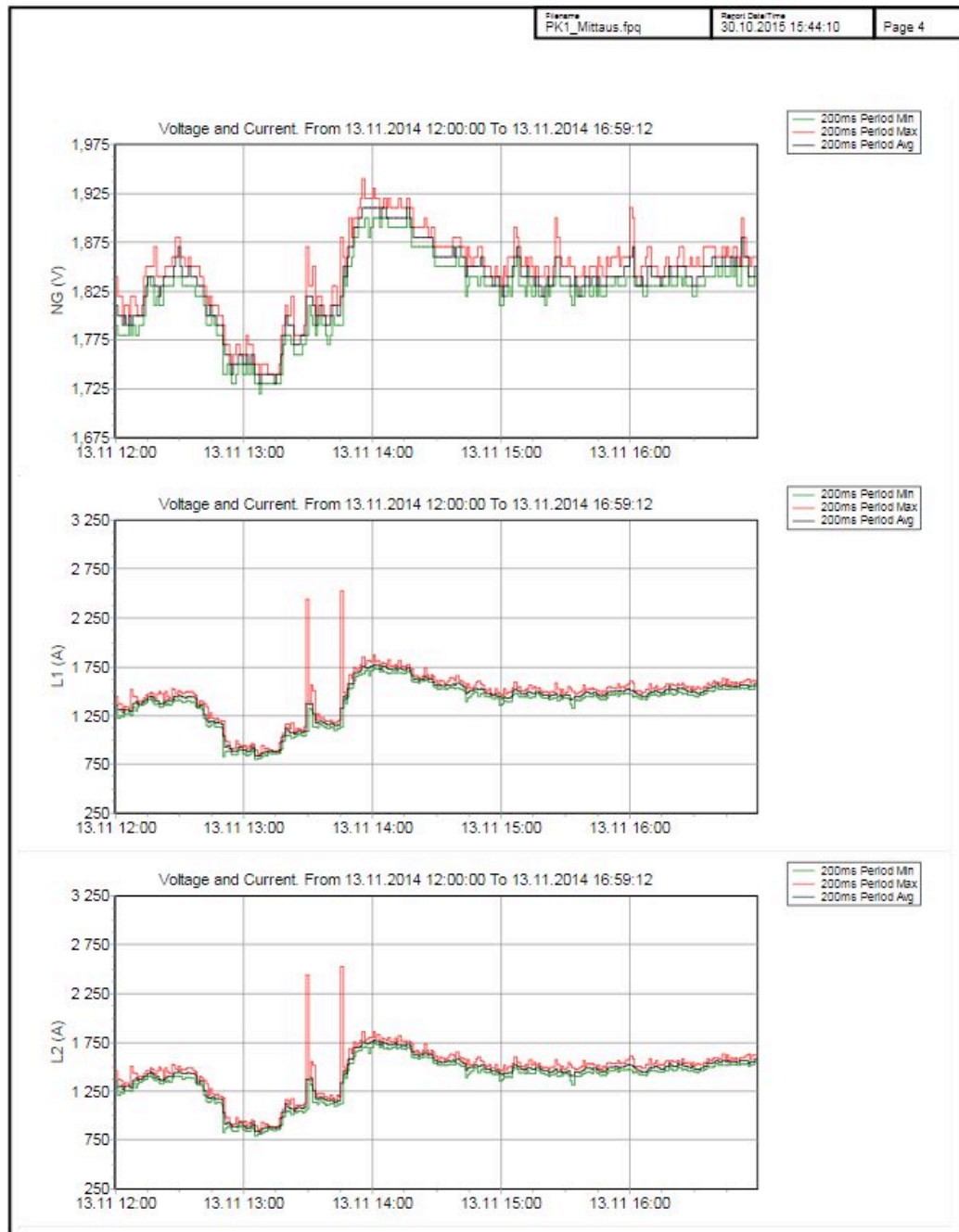
Date	Function	L3N(V) / L3(A) Avg	L3N(V) / L3(A) Max	LNG(V) / N(A) Avg	LNG(V) / N(A) Max	Total Avg	Total Max
13.11.2014 13:30:12 895msec	Voltage	231,63 V	233,03 V	1,82 V	1,87 V		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Current	1,348 kA	2,573 kA	4 A	5 A		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Peak Voltage	344,6 V	354,6 V	3,4 V	4,7 V		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Peak Current	2,076 kA	10,568 kA	8 A	20 A		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Crest Factor Voltage	1,49	1,55	327,67	327,67		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Crest Factor Current	1,56	4,11	327,67	327,67		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Half Cycle Voltage	231,62 V	233,85 V	1,82 V	2,17 V		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Half Cycle Current	1,347 kA	6,175 kA	4 A	7 A		
13.11.2014 13:30:12 895msec	Apparent Power	301 kVA	521,7 kVA			0,914 MVA	1,593 MVA
13.11.2014 13:30:12 895msec	Reactive Power	122,3 kvar	399,1 kvar			0,372 Mvar	1,221 Mvar
13.11.2014 13:30:12 895msec	Frequency					50,012 Hz	50,046 Hz
13.11.2014 13:30:12 895msec	K-Factor A	2,1	2,83	4,58	5,67		
13.11.2014 13:30:12 895msec	THD V	5,1%	5,7%	16,29%	18,93%		
13.11.2014 13:30:12 895msec	THD A	18,29%	24,02%	40,53%	47,32%		
13.11.2014 13:30:12 895msec	THD W	0,15%	0,32%				
13.11.2014 13:30:12 895msec	Unbalance Vn					0,2%	0,31%
13.11.2014 13:30:12 895msec	Unbalance Vz					0,19%	0,36%
13.11.2014 13:30:12 895msec	Unbalance An					0,82%	2,45%
13.11.2014 13:30:12 895msec	Unbalance Az					1,1%	1,2%
13.11.2014 13:30:12 895msec	Cos Phi	-0,91	-0,64				

Mittausjaksolla sähkönladullisia ongelmia ei havaittu siten, että ne olisivat jotenkin SFS-EN 50160-standardin antamien raja-arvojen ulkopuolella. Halusin kuitenkin poimia mittauksista ajankohdan, jossa näkyy, miten kylmäkoneen sähkömoottorin aiheuttama käynnistys aiheuttaa hetkellisen jännitteenalentumisen ja virtapiikin. Mittauksien minuutin aikavälistä johtuen on vaikea sanoa, kuinka pitkäkestoinen tämä jännitteenalenema ja virtapiikki on. Se voidaan kuitenkin todeta, että alle minuutin kestoisia ne ovat.

Kuvioissa 7,8,9 näkyy ajanjakso (kello 13:30:12) jolloin kylmäkone käynnistyy, tarkemmin tarkasteluna näkee, kuinka toinenkin kylmäkone käynnistyy myöhemmin. Graafisissa kuvioissa mittauksen miniarvo näkyy vihreällä, keskiarvo mustalla ja maksimiarvo punaisella. Kuvioista käy ilmi, kuinka virta nousee johtuen moottorin ottamasta virtapiikistä käynnistyessä ja samalla aiheuttaa jännitteeseen tilapäisen jännitteen aleneman.



KUVIO 7. PK1, jännite kylmäkoneen käynnistyksessä



**KUVIO 8. PK1, virrat kylmäkoneen käynnistyksessä**



**KUVIO 9. PK1, virrat 2, kylmäkoneen käynnistyksessä**

Liite 4 on raportti, johon on koottuna kaikki mitatut suureet valitulta ajanjaksolta graafiselle näkymälle. Raportin voi koostaa koko mittausjaksolta, lisäksi siihen voi valita, mitkä mitatuista suureista halutaan raporttiin sisällyttää. Liitteestä voi katsoa, kuinka virtapiikki vaikuttaa pätötehon ja loistehon suuruuksiin, sekä harmoniset yliaaltojen suhteelliset suuruusluokat. Taulukkoon 5 keräsin kuitenkin kokomittausten ajalta keskeisimmät arvot sähkönlaadun kannalta.

**Taulukko 5. Mittaustulokset yhteenveto**

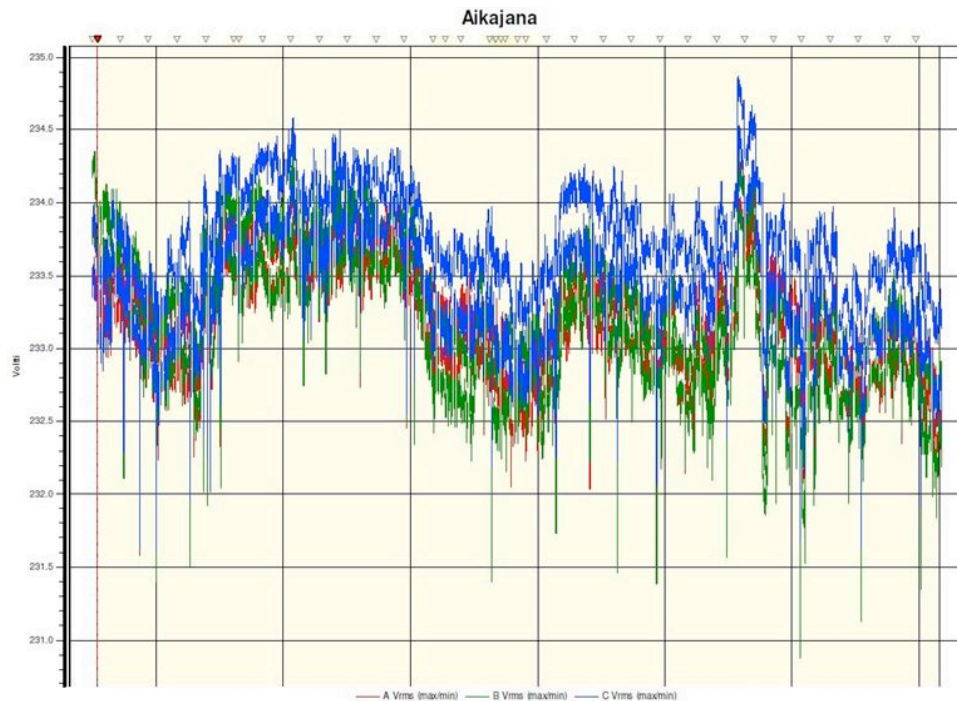
Suure	Tunnus	Mitattu arvo
Taajuus, minimi	f	49,94 Hz
Tajuus, maksimi	f	50,06 Hz
Jännitetaso, minimi	U	229,2 V
Jännitetaso, maksimi	U	233,8 V
Kokonaissärö, jännite	THD	4,47 %
3. yliaaltojännite	U	0,25 %
5. yliaaltojännite	U	4,23 %
7. yliaaltojännite	U	1,89 %

### 6.3 Pääkeskus 4, sähkönlaadun mittaukset

Viimeinen mittaus suoritettiin ulkopuolisen yrityksen toimesta pääkeskukseen PK4, mittaus suoritettiin pääkeskuksen syöttökentästä. Mittaus tehtiin ulkopuolisen yrityksen toimesta siitä syystä, että jouduin palauttamaan Fluke -435 sähkönlaadunanalyysointilaitteen takaisin Valion toiseen tuotantotehtaaseen. Mittauksilla haettiin aikaisempiin mittauksiin verrattuna samoja sähkönlaadullisia syitä ja halusin käydä työssäni mittaustuloksia lävitse, koska ne tuovat mukanaan lisäarvoa sähkönlaatuun liittyvissä asioissa, johtuen mittausten hieman erilaisesta toteutus tavasta.

PK4 syöttää useita moottorilähtöjä ja tällä kertaa mittaus tehtiin lyhyellä mittausjaksolla, joka oli noin kaksi tuntia. Mittalaitteena toimi sähkönlaadunanalyysointilaitteisto Gosse Metrawatt Mavowatt 70, mittarin säädöt teki ulkopuolisen yrityksen edustaja. Mittaustuloksia ei ole liitteenä vaan ne käydään työssä lävitse. Kuvioiden taulukoissa esiintyvät A, B, C ovat korvaavat merkinnät L1,L2,L3 joilla erotetaan vaihejohtimet toisistaan ja kuvioissa esiintyvät värit tarkoittavat punainen L1, vihreä L2, sininen L3. Kuvioiden laatu on hieman heikkoa johtuen, mittauslaitteesta tehdystä kuvan siirrosta, mutta niistä selviää periaatteet, joita tarkastellaan.

Jännitteet on esitetty kuviossa 10 ja ne ovat normaalilla tasolla pääsääntöisesti, mutta kuviossa esiintyy moottorikäytöstä aiheutuvia nopeita piikkejä.

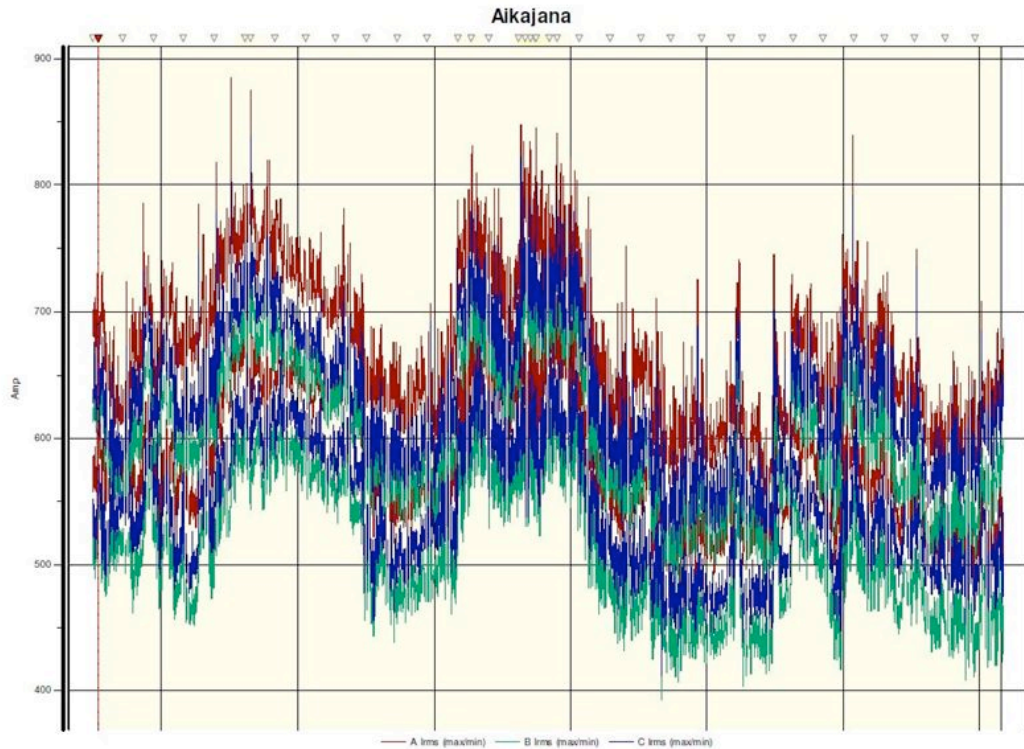


	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>KA</i>
<b>AVrms</b>	231.4	234.3	N/A
<b>BVrms</b>	230.9	234.4	N/A
<b>CVrms</b>	231.6	234.9	N/A

**KUVIO 10. PK4, vaihejännitteet**



PK 4 virrat on esitetty kuviossa 11, kuormitusvirran keskiarvo on  $\sim 680$  A ja siinä on  $\sim 450$  A vaihtelu. Maksimiarvot  $\sim 900$  A aiheutuvat moottorien käynnistysvirroista.

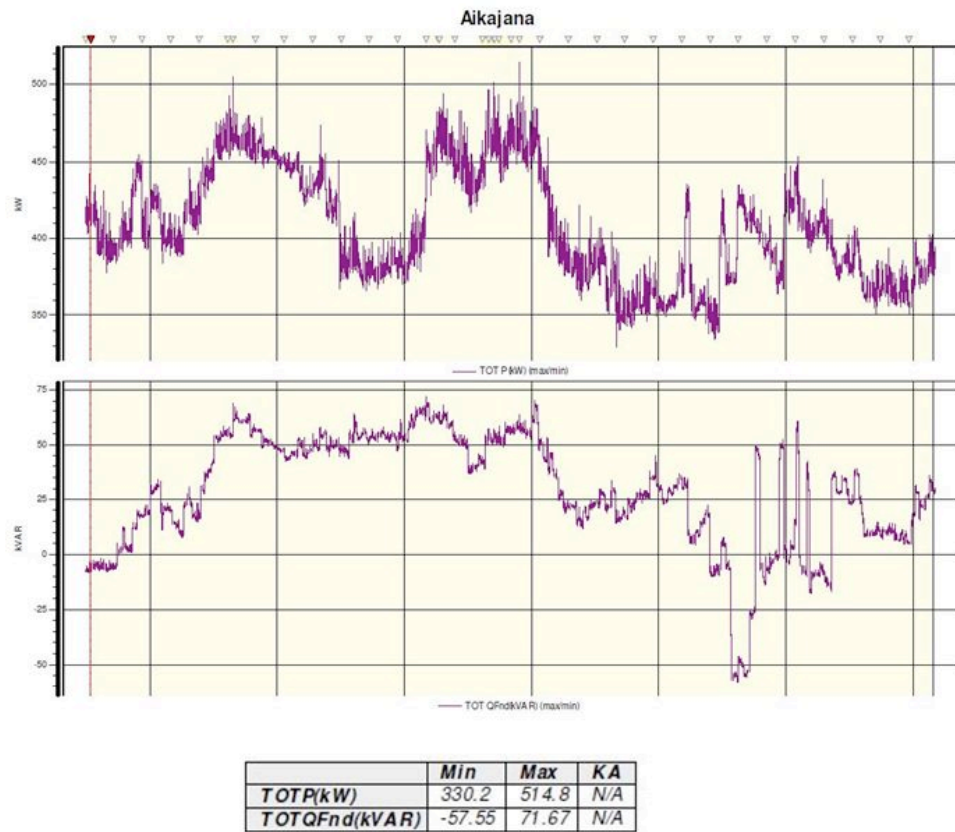


	Min	Max	KA
<b>Airms</b>	468.6	884.7	N/A
<b>Birms</b>	393.6	798.6	N/A
<b>Cirms</b>	412.9	838.4	N/A

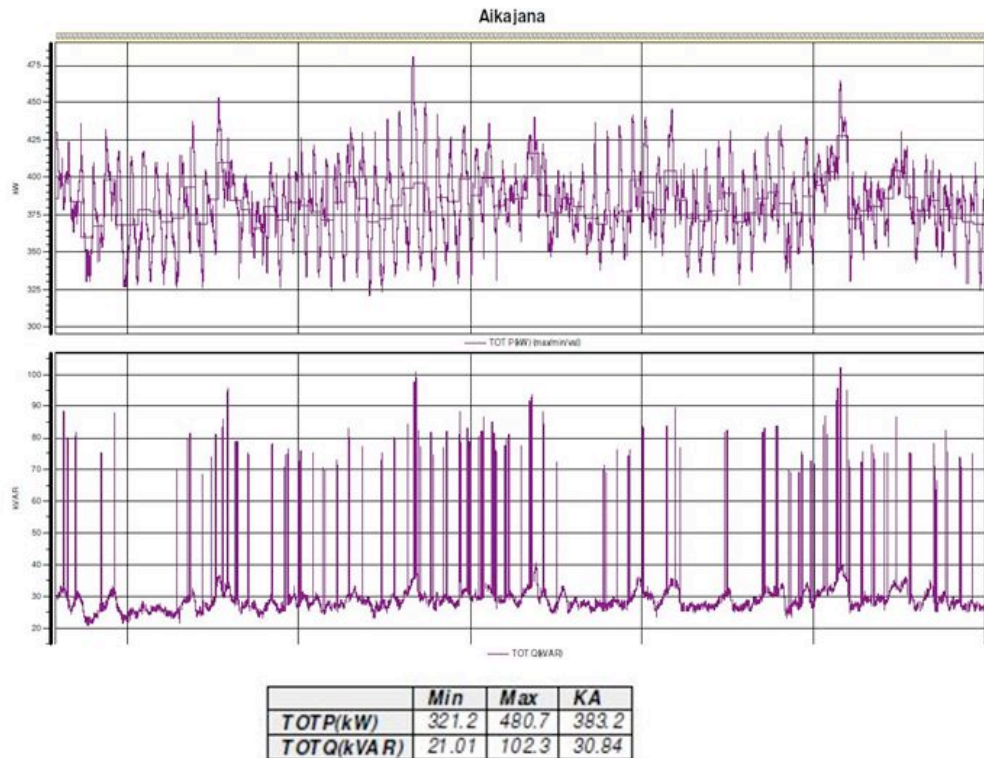
**KUVIO 11. PK4 virrat**

PK4 pätöteho ja loisteho on esitetty kuviossa 12 ja 13, pätöteho oli mittauksen aikana maksimissaan 500 kW ja keskimäärin PK4 pätöteho on 380 kW. Loistehon maksimiarvo oli 71 kVAR, loistehossa esiintyy nopeita vaihteluita moottoreiden käynnistyksestä johtuen. Nämä loistehopiikit ovat maksimissaan 100 kVar ja niiden kesto aika on 10ms-50ms. Näin nopeisiin loistehon muutoksiin ei kontaktori ohjattu estokelaparis- to ehdi reagoida. Loistehopiikkien kompensointi on mahdollista tyristoriohjatulla

yliaaltosuotimella, siihen ei kuitenkaan ole tarvetta, koska loistehosta ei aiheudu haittaavia tekijöitä.

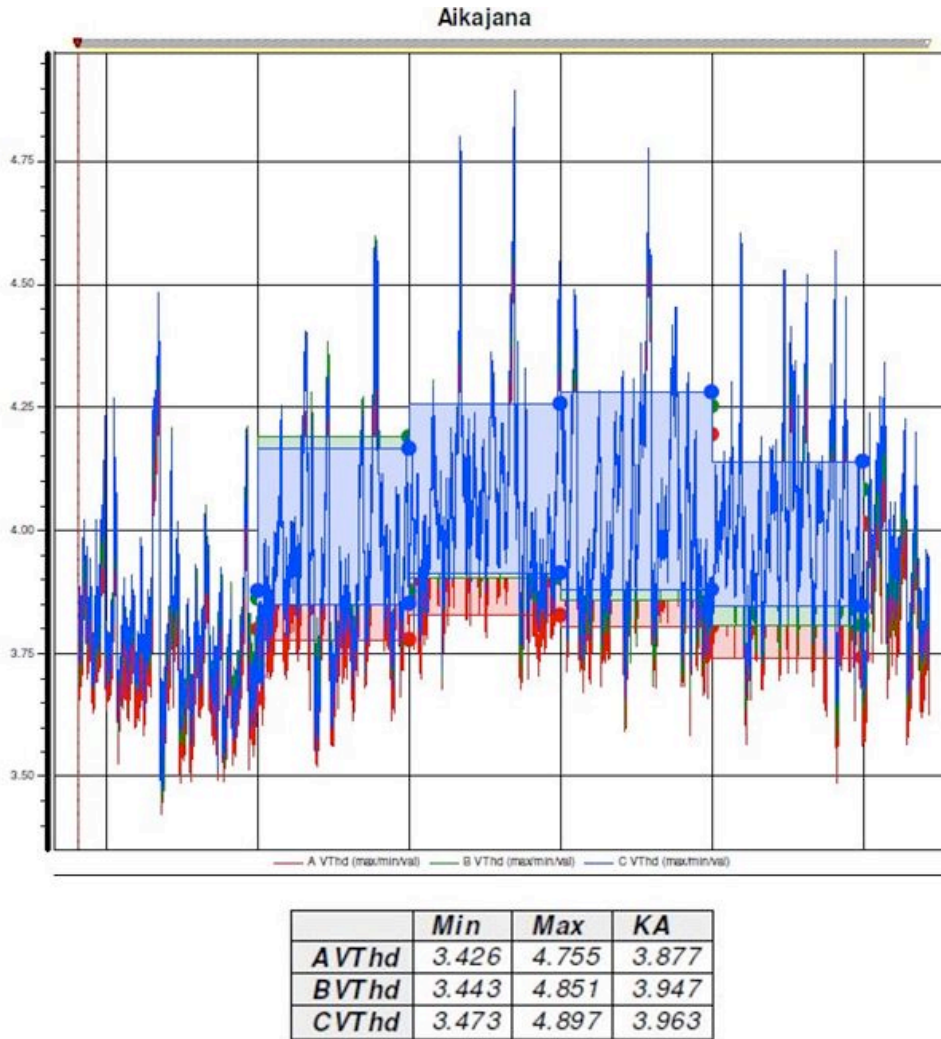


KUVIO 12. PK4, Pätöteho ja loisteho 1



**KUVIO 13. PK4, Pätöteho ja loisteho 2**

PK4 verkon jännitesärö on esitetty kuviossa 114. PK4 verkon jännitesärö on korkea 4,8 Vthd %, mutta ei vielä ylitä standardissa mainittuja raja-arvoja. Jännitteen säröytymistä voidaan korjata yliaaltosuodattimella, tähän ei kuitenkaan ole tarvetta vielä, koska häiriöitä ei ole esiintynyt.



**KUVIO 14. PK4, Jännitesäro Vthd %**

Taulukossa 6 on mittaustulokset taulukoituna, josta voidaan päätellä PK4 pääkeskuk-  
sen sähkönlaadun olevan kohtuullinen. Sähkönlaatua huonontavat yliaallot, niiden  
muodostuminen johtuu taajuusmuuttajista ja puolijohde komponenteista syntyvästä  
yhteiskuormasta. Yliaallot säröyttävät jännitteen ja niiden kerrannaiset ovat nähtä-  
vissä taulukon mittaustuloksissa. Virtayliaalloista suurimmat on kolmas virtayliaalto  
~20 A, viides virtayliaalto ~94 A ja seitsemäs virtayliaalto ~20 A, näiden suhteelliset  
arvot ovat 3. 4,6 %, 5. 20 % ja 7. 3,6 %. Loistehopiikit ovat myös sähkönlaatua huo-  
nontava tekijä ja niiden kompensointia voi olla syytä miettiä.

**Taulukko 6. Mittaustulokset taulukkona**

	Min	Max	KA	Yksikkö
AVrms	232.2	233.1	232.7	V
BVrms	232.4	233.3	232.9	V
CVrms	232.4	233.5	233.1	V
AIrms	468.6	884.7	N/A	A
BIrms	393.6	798.6	N/A	A
CIrms	412.9	838.4	N/A	A
TOTP(kW)	330.2	514.8	N/A	kW
TOTQFnd(kVAR)	-57.55	71.67	N/A	kVAR
AVThd	3.426	4.755	3.877	%
BVThd	3.443	4.851	3.947	%
CVThd	3.473	4.897	3.963	%
AI HG03	9.704	12.79	N/A	A
BI HG03	17.01	19.16	N/A	A
CI HG03	18.95	23.59	N/A	A
AI HG05	70.91	91.21	N/A	A
BI HG05	76.30	94.24	N/A	A
CI HG05	78.79	100.3	N/A	A
AI HG07	16.34	23.03	N/A	A
BI HG07	8.343	17.35	N/A	A
CI HG07	8.455	17.80	N/A	A

## 7 Pohdinta

Opinnäytetyö koostui kahdesta kokonaisuudesta, meijerin pienjänniteverkon kuntotutkimuksesta ja sähkönlaadun analysoinnista.

Pienjänniteverkon kuntotutkimuksen tavoitte oli saada suoritetuksi sähkölaitteistojen (luokka 2C) määräaikaistarkastukset, päivittää sähkökuvat (pääkaaviot, nousujohdokaaviot, maadoituskaaviot, suurjännitekaaviot), koestaa suojalaitteet ja saada ajankohtainen tieto sähkönjakelun kunnosta. Työstä saatiin tuloksina kattava työlista erilaisista havainnoista ja puutteista sähköverkossa. Kuntotutkimus työnä onnistu todella hyvin, koska kuntotutkimuksen pohjalta kiinteistön sähköverkon kunnossapito tulee olemaan helpompaa päivitettyjen dokumenttien ja korjattujen puutteiden ansiosta. Uusien investointien ja korjaustöiden myötä saattavat asennukset muuttua useaan kertaan, ja ilman kunnollista aikaisempaa dokumentointia voivat muutostyöt pitkittyä tai hankaloitua. Dokumentoinnissa pääsin hyvin hyödyntämään insinööriopinnoissani oppimiani dokumentoinnin ja AutoCAD -ohjelmiston taitojani. Kenttätöissä keskusten rakenteet ja sähkötyöturvallisuus tulivat entistä tutuimmiksi sekä vahvistivat aikaisemmin hankkimaani ammattitaitoa insinööriopinnoista ja työelämästä. Jatkossa pienjänniteverkon kuntotutkimuksen ansiosta on kehitetty toimintamalli, jonka pohjalta voidaan jatkaa tulevaisuudessakin ja varmistaa meijerin sisäisen pienjänniteverkon häiriötön sähkönsyöttö. Kuntotutkimusta kannattaa mielestäni jatkaa Valio Jyväskylän kunnossapidon sähköalan työntekijöiden toimesta 3-4 vuoden välein tehtynä.

Sähkönlaadun mittaukset ja arvioiminen oli työn toinen osio. Tavoitteena oli opetella tekemään sähkönlaadullisia mittauksia ja analysoimaan niistä saatuja tuloksia. Opin miettimään sähköverkkojen rakennetta ja mahdollisia sähköverkon häiriönaiheuttajia sekä pohtimaan sitä, miten pystyn tekemään mittaukset mahdollisimman monipuolisesti ilman mittausvirheitä. Mittauksien vaikein osuus oli itse tiedon käsittely. Tietoa saadaan tallennettua paljon ja useasta muuttujasta, jotta löytäisi itse ongelmat ja

kykenisit tekemään niiden perusteella tarvittavat korjaustyöt, joudut hieman miettimään mitä etsiä. Standardin SFS-EN 50160 antamien raja-arvojen ylittäviä arvoja mittauksissa en mittausjaksoilla havainnut, mutta pääsin kuitenkin todentamaan, kuinka kylmäkoneen sähkömoottorin käynnistys aiheuttaa virtapiikin ja jännitteenaleneman väliaikaisesti sekä mitenkä moottoreiden sähkökäytöt säröyttävät jännitteen. Jatkossa toivottavasti Valio Jyväskylä hankkii sähkönlaadunanalysointimittarin ja kouluttaa käyttäjän sille. Mittauksia olisi hyvä suorittaa määrävälein laitoksen oman kunnossapidon toimesta tai ulkoisena ostopalveluna.

Työni lisäsi tietoa Valio Jyväskylän meijerin pienjänniteverkon kunnosta ja laadusta. Korjaavia toimenpiteitä tallennettiin kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään ja teknisen asiantuntijan kanssa käytiin keskusteluja, kuinka sähkönlaadullisia mittauksia voitaisiin hyödyntää ja suorittaa jatkossa. Työ oli todella laaja tehtävänannon perusteella ja olisin varmasti voinut paneutua syvällisemmin työssäni vain toiseen aiheeseen, mutta uskon sen näin suoritettuna tukevan koulutustaustaani kaikesta parhaiten.

## Lähteet

Asuntojen lääkärintarkastus. 2015 .Taloyhtiö kuntotutkimus. Viitattu 5.11.2015

<http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntotutkimus/>

Fingrid voimansiirtoverkko. 2015. Voimansiirtoverkko kuva. Viitattu 5.11.2015

<http://www.fingrid.fi/fi/yhtio/esittely/voimansiirtoverkko/Sivut/default.aspx>

Fluke -435. 2015. Fluke -435 sähkölaatuanalysointilaitteen ohjekirja. Viitattu 5.11.2015

<http://www.fluke.com/fluke/fifi/sahkonlaatutyokalut/kolmivaiheinen/fluke-435-series-ii.htm?pid=73939>

Kuntoselvityksen periaatteet. 2015. Isännöintikeskus. Viitattu 5.11.2015

[http://www.isannoitsijakeskus.fi/tietopankki/kuntoselvitysten\\_periaatteet](http://www.isannoitsijakeskus.fi/tietopankki/kuntoselvitysten_periaatteet)

Mittaukset ja testaukset. 2015. Oppimateriaali 5.11.2015. Jyväskylän

ammattikorkeakoulu, oppimateriaali. Oppimateriaali Jyväskylän

ammattikorkeakoulun tietojärjestelmässä.

ST-Kortisto 52.51.02. 2015. Sähkölaatu. Jännitteen aleneman minimoiminen.

Viitattu 5.11.2015

<http://severi.sahkoinfo.fi/>

ST-Kortisto 52.51.03. 2015. Sähkölaatu. Harmoniset yliaallot. Viitattu 5.11.2015

<http://severi.sahkoinfo.fi/>

ST-Kortisto 52.15. 2015. Loistehon kompensointi ja kompensointilaitteet. Viitattu

5.11.2015

<http://severi.sahkoinfo.fi/>



ST-Kortisti 52.16. 2015. Yliaaltosuodatinlaitteet. Viitattu 5.11.2015

<http://severi.sahkoinfo.fi/>

ST-Kortisto 97.00. 2015. Sähkö ja tietojärjestelmien kuntotutkimus.

Viitattu 5.11.2015

<http://severi.sahkoinfo.fi/>

ST-Kortisto 97.21. 2015. Sähkön laadun arviointi ja mittaaminen. Viitattu 5.11.2015

<http://severi.sahkoinfo.fi/>

Suomen sähkövoimajärjestelmä. 2015. Voimajärjestelmä. Viitattu 5.11.2015

<http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>

Sähköasennusten määräaikaistarkastukset. 2015. Määräaikaistarkastukset. Viitattu 5.11.2015

[http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/ohjeet/maara\\_aikaistarkastukset.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/maara_aikaistarkastukset.pdf)

Kuntoarvio ja PTS. 2015. Taloyhtiö kuntoarvio. Viitattu 5.11.2015

<http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntoarviojapts/>

Kuntotutkimuksen eri vaiheet. 2015. Oppimateriaali 5.11.2015. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, oppimateriaali. Oppimateriaali Jyväskylän ammattikorkeakoulun tietojärjestelmässä.

Teknisiä tietoja ja taulukoita. 1990. ABB Strömberg Oy Vaasa.

5.7.1996/517. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöön-  
otosta ja käytöstä. Viitattu 5.11.2015

<http://plus.edilex.fi/content/tukes/fi/lainsaadanto/19960517?toc=1#L2>

Sähköasennusten määräaikaistarkastukset. 2015. Määräaikaistarkastukset. Viitattu  
5.11.2015

[http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/ohjeet/maara\\_aikaistarkastukset.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/maara_aikaistarkastukset.pdf)

## **Liitteet**

### **Liite 1. Sähköjärjestelmien kuntotutkimuksen esimerkkiraportin runko**

#### **1 Yleistä**

##### **1.1 Kuntotutkimuksen perustiedot**

##### **1.2 Kuntotutkimuksen yleistiedot**

##### **1.3 Kiinteistön sähkötekniset dokumentit**

#### **2 Tutkimustulosten analysointi**

##### **2.1 S2000-sähkönimikeistön mukainen listaus järjestelmäkohtaisesti**

###### **2.1.1 Toimenpide-ehdotuksen ja kustannusten arviointi**

##### **2.2 S2000-sähkönimikeistön mukainen listaus järjestelmäkohtaisesti**

###### **2.2.1 Toimenpide-ehdotuksen ja kustannusten arviointi**

#### **3 Välittömiä toimia vaativat puutteet**

#### **4 Testaukset**

##### **4.1 S2000-sähkönimikeistön mukainen listaus järjestelmäkohtaisesti**

#### **5 Yhteenveto**

## Liite 2. Standardin SFS-EN 50160 raja-arvot

(ST-Kortisto 97.21. 2015.)

Suure	Tunnus	Standardin raja-arvot	Vaadittu aika / %
Taajuus, minimi <sup>2</sup>	$f_{\min}$	49,5 Hz	99,5 % /a
Taajuus, maksimi <sup>2</sup>	$f_{\max}$	50,5 Hz	99,5 % /a
Taajuus, minimi	$f_{\min}$	47,0 Hz	100 %
Taajuus, maksimi	$f_{\max}$	52,0 Hz	100 %
Jännitetaso, min. <sup>3</sup>	$U_{\min}$	207 V	95 %
Jännitetaso, maks. <sup>4</sup>	$U_{\max}$	253 V	95 %
Jännitetaso, min. <sup>3</sup>	$U_{\min}$	196 V	100 %
Jännitetaso, maks. <sup>4</sup>	$U_{\max}$	253 V	100 %
Välkynn. häir. ind. max	$P_{li,maks}$	$\leq 1,0$	95 %
Kokonaissärö, jännite	THD	8,0 %	95 %
3. yliaaltojännite	$U_{har 3.}$	5,0 %	95 %
5. yliaaltojännite	$U_{har 5.}$	6,0 %	95 %
7. yliaaltojännite	$U_{har 7.}$	5,0 %	95 %
9. yliaaltojännite	$U_{har 9.}$	1,5 %	95 %
11. yliaaltojännite	$U_{har 11.}$	3,5 %	95 %
__ yliaaltojännite <sup>5</sup>	$U_{har}$	_____ %	95 %
Signaalijännite <sup>6</sup>	_____ kHz	_____ %	99 %
Jännite-epäsymm. <sup>7</sup>	$U_{uSh}$	2,0 %	95 %

<sup>2</sup> Taajuus = mittaus 10 s jaksoissa; lyhenne a = vuodessa.

<sup>3</sup>  $U_{\min}$  = pienin jännitteen 10 min mittausjakson tehollisarvojen keskiarvo.

<sup>4</sup>  $U_{\max}$  = suurin jännitteen 10 min mittausjakson tehollisarvojen keskiarvo.

<sup>5</sup> Yliaaltojännitteen suhteellinen jänniteprosentti katsotaan ST-kortin 52.50 tai SFS-EN 50160 standardin taulukosta 1.

<sup>6</sup> Signaalijännitteen suhteellinen jänniteprosentti katsotaan ST-kortin 52.50 tai SFS-EN 50160 standardin kuvan 1 käyrästä. Mittaus 1 vrk ajan 3 s jaksoissa..

<sup>7</sup>  $U_{uSh}$  = jännite-epäsymmetrian (vastakomponentti).

### Liite 3. Fluke -435 sähkönlaadun mittausraportti

```

Quality: SFS-EN 50160

Start: 3.6.2015 6:00:00
End: 13.3.2015 6:00:00

Instrument: FLUKE DM: 10710008
User: Eero Rantanen

Date: 03/13/15
Time: 06:00:00
Config: 3Ø WYE
Freq: 50 Hz
Vnom: 230.0
Limits: EN50160

Limit Summary:
RMS > 207.0 V < 253.0 V 95.0 % of time
THD < 8 % 100 % of time
Plt < 1 95.0 % of time
Dip < 207 V 20 / week
Swell > 253 V 20 / week
Unb. < 2 % 95.0 % of time
Hz > 49.5 Hz < 50.5 Hz 99.5 % of time

Monitor Duration: 7 days
Monitor Start: 03/06/15

Supply Voltage Variations:
L1 RMS Voltage: 95.0 % Value = 235.37 V 100 % Value = 236.82 V
PASS
L2 RMS Voltage: 95.0 % Value = 235.17 V 100 % Value = 236.63 V
PASS
L3 RMS Voltage: 95.0 % Value = 236.23 V 100 % Value = 237.67 V
PASS

Voltage Harmonics:
L1 THD: 100 % Value = 3.7 %
PASS
H2: 95.0 % Value = 0.0 % 100 % Value = --.- %
PASS
H3: 95.0 % Value = 0.4 % 100 % Value = --.- %
PASS
H4: 95.0 % Value = 0.0 % 100 % Value = --.- %
PASS
H5: 95.0 % Value = 3.4 % 100 % Value = --.- %
PASS
H6: 95.0 % Value = 0.0 % 100 % Value = --.- %
PASS
H7: 95.0 % Value = 1.4 % 100 % Value = --.- %
PASS
H8: 95.0 % Value = 0.0 % 100 % Value = --.- %
PASS
H9: 95.0 % Value = 0.2 % 100 % Value = --.- %
PASS

```

H10: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H11: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = ---.-%
H12: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H13: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = ---.-%
H14: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H15: 95.0 % Value = 0.2 % PASS	100 % Value = ---.-%
H16: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = ---.-%
H17: 95.0 % Value = 0.4 % PASS	100 % Value = ---.-%
H18: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = ---.-%
H19: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = ---.-%
H20: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = ---.-%
H21: 95.0 % Value = 0.2 % PASS	100 % Value = ---.-%
H22: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = ---.-%
H23: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = ---.-%
H24: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = ---.-%
H25: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = ---.-%
L2 THD: 100 % Value = 4.3 % PASS	
H2: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H3: 95.0 % Value = 0.4 % PASS	100 % Value = ---.-%
H4: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H5: 95.0 % Value = 3.8 % PASS	100 % Value = ---.-%
H6: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H7: 95.0 % Value = 1.6 % PASS	100 % Value = ---.-%
H8: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H9: 95.0 % Value = 0.2 % PASS	100 % Value = ---.-%
H10: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = ---.-%
H11: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = ---.-%

H12: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H13: 95.0 % Value = 0.4 % PASS	100 % Value = --- %
H14: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H15: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = --- %
H16: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = --- %
H17: 95.0 % Value = 0.4 % PASS	100 % Value = --- %
H18: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = --- %
H19: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = --- %
H20: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = --- %
H21: 95.0 % Value = 0.1 % PASS	100 % Value = --- %
H22: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H23: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = --- %
H24: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H25: 95.0 % Value = 0.2 % PASS	100 % Value = --- %
L3 THD: 100 % Value = 4.4 % PASS	
H2: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H3: 95.0 % Value = 0.7 % PASS	100 % Value = --- %
H4: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H5: 95.0 % Value = 4.0 % PASS	100 % Value = --- %
H6: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H7: 95.0 % Value = 1.5 % PASS	100 % Value = --- %
H8: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H9: 95.0 % Value = 0.2 % PASS	100 % Value = --- %
H10: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H11: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = --- %
H12: 95.0 % Value = 0.0 % PASS	100 % Value = --- %
H13: 95.0 % Value = 0.3 % PASS	100 % Value = --- %

```

H14: 95.0 % Value = 0.0 %           100 % Value = --- %
      PASS
H15: 95.0 % Value = 0.2 %           100 % Value = --- %
      PASS
H16: 95.0 % Value = 0.0 %           100 % Value = --- %
      PASS
H17: 95.0 % Value = 0.4 %           100 % Value = --- %
      PASS
H18: 95.0 % Value = 0.1 %           100 % Value = --- %
      PASS
H19: 95.0 % Value = 0.3 %           100 % Value = --- %
      PASS
H20: 95.0 % Value = 0.1 %           100 % Value = --- %
      PASS
H21: 95.0 % Value = 0.1 %           100 % Value = --- %
      PASS
H22: 95.0 % Value = 0.1 %           100 % Value = --- %
      PASS
H23: 95.0 % Value = 0.3 %           100 % Value = --- %
      PASS
H24: 95.0 % Value = 0.1 %           100 % Value = --- %
      PASS
H25: 95.0 % Value = 0.3 %           100 % Value = --- %
      PASS

Flicker:
L1 Plt: 95.0 % Value = 0.16
      PASS
L2 Plt: 95.0 % Value = 0.16
      PASS
L3 Plt: 95.0 % Value = 0.16
      PASS

Supply Voltage Dips, Interruptions, Swells and Rapid Voltage Changes:
Number of Dips: 0
      PASS
Number of Interruptions: 0
      PASS
Number of Swells: 0
      PASS
Number of Rapid Voltage Changes: L1: 0 L2: 0 L3: 0
      PASS

Supply Voltage Unbalance:
Unbalance: 95.0 % Value = 0.3 %
      PASS

Power Frequency:
Hz: 99.5 % Value = 50.123 Hz 100 % Value = 50.206 Hz
      PASS

Mains Signaling I:
L1: 99.0 % Value = 0.2 100 % value = ---.-
      PASS
L2: 99.0 % Value = 0.1 100 % value = ---.-
      PASS

```



```
L3: 99.0 % Value = 0.2    100 % value = ---.-  
    PASS  
Mains Signaling 2:  
L1: 99.0 % Value = 0.0    100 % value = ---.-  
    PASS  
L2: 99.0 % Value = 0.0    100 % value = ---.-  
    PASS  
L3: 99.0 % Value = 0.0    100 % value = ---.-  
    PASS  
Detailed Event List:
```

**Liite 4. Fluke -435 tiedonkeruu mittausraportti**

Filename	Report Date/Time	Page
PK1_Mittaus.fpq	30.10.2015 16:35:42	Page 1

---

**Instrument Information**

Model Number	FLUKE 434/435
Serial Number	N/A
Firmware Revision	V02.07

---

**Software Information**

Power Log Version	4.3.1
FLUKE 345 DLL Version	11.20.2006
FLUKE 430 DLL Version	1.0.0.34
FLUKE 430-II DLL Version	1.0.0.34

---

**General Information**

Recording location  
Client  
Notes

---

**Measurement Summary**

Measurement topology	Wye mode
Application mode	Logger
First recording	10.11.2014 15:15:12 895msec
Last recording	14.11.2014 6:14:12 895msec
Recording interval	0h 1m 0s 0msec
Nominal Voltage	230 V
Nominal Current	N/A
Nominal Frequency	50 Hz

---

**Recording Summary**

RMS recordings	5220
DC recordings	0
Frequency recordings	5220
Unbalance recordings	5220
Harmonic recordings	5220
Power harmonic recordings	5220
Power recordings	0
Power unbalance recordings	0
Energy recordings	0
Energy losses recordings	0
Flicker recordings	0
Mains signaling recordings	0

---

**Events Summary**

Dips	0
Swells	0
Transients	0
Interruptions	0
Voltage profiles	0
Rapid voltage changes	0
Screens	2
Waveforms	0
Intervals without measurements	0
Inrush current graphics	0
Wave events	0
RMS events	0

