



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Konsta Turtio

Kiinteistön tehoanalysointimittaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

24.04.2021

Tekijä Otsikko	Konsta Turtio Kiinteistön tehoanalyysointimittaukset
Sivumäärä Aika	39 sivua 24.04.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Osmo Massinen
<p>Opinnäytetyön aiheena oli sähkönlaatu- ja energiamittaukset asuinkiinteistössä. Mittaukset tehtiin Fluke 435-II -tehoanalyysointilaitteella.</p> <p>Työn tavoitteena oli sähkönlaadun tarkkailu ja mahdollisten eroavaisuuksien löytäminen sekä mahdollisten ratkaisujen tarjoaminen kiinteistön saneerauksen yhteydessä. Työn tavoitteena oli myös tehoanalyysointiin ja mittaustulosten analysointiin tutustuminen.</p> <p>Työ koostui mittausten suorittamisesta kiinteistössä. Tehoanalyysointilaitteen mittaustulosten käsittelystä mittalaitteen raportointiohjelman avulla sekä mittaustulosten analysoinnista sähkönlaatu SFS-EN 50160 -standardin ja muiden suositusten perusteella.</p> <p>Mittaustulosten analysoinnilla voimme todeta, että kiinteistöstä löytyi huomattavia vino-kuormia ja että saneerauksen yhteydessä tehtävän liittymäkoon suurentaminen on kyseenalaista.</p>	
Avainsanat	Tehoanalyysointilaitteet, sähkönlaatu, energiamittaus

Author Title	Konsta Turtio Energy Analyser Measurements of an Apartment Building
Number of Pages Date	39 pages 24 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The subject of this thesis is power quality and energy consumption of an apartment building.</p> <p>The goal of the project was to evaluate possible discrepancies in the power quality and to offer solutions, that can be fixed in an upcoming renovation of the premises. Part of the project was to familiarize myself with the energy analyser and the analysis process of the measurements. The measurements were made with a Fluke 435-II Energy analyser.</p> <p>The project consisted of measuring the necessary variables of the apartment building. Processing of those variables with the energy analyser's reporting program, analysis of the variables with the help of power quality standard SFS-EN 50160 and other quality standards and recommendations.</p> <p>By analyzing the measurements it can be concluded that there are noticeable uneven loads in the premises and that size increase of main fuses and the junction is questionable.</p>	
Keywords	Energy analyser, quality measurement, energy measurement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mittausten suorittaminen	1
2.1	Mittalaitteen ominaisuudet	1
2.2	Mittarin mittaustilat	3
2.3	Mittalaitteen käyttö	11
2.4	Mitattava kohde	12
2.5	Mittausten toteutus	13
3	Suoritettavat mittaukset	14
3.1	Jännite/Virta/Taajuus	14
3.2	Teho & energia	14
3.3	Yliaallot	16
3.4	Kuopat ja kohoumat	18
3.5	Vinokuorma	20
4	Mittaustulosten tulkinta	20
4.1	Mittaustulosten käsittely	20
4.2	Jännite	22
4.3	Taajuus	25
4.4	Virta	26
4.5	Teho ja Energia	27
4.6	Yliaallot	31
4.7	Kuopat ja kohoumat	33
4.8	Vinokuorma	34
4.9	Loppupäätelmät	36
5	Yhteenveto	38
	Lähteet	39

Lyhenteet

Φ	Kulmakerroin Phi.
ms	Millisekunti.
A	Virran mittayksikkö ampeeri.
V	Jännitteen mittayksikkö Voltti.
Hz	Hertsi, taajuuden yksikkö.
VA	Näennäistehon yksikkö, voltiampeeri.
Var	Loistehon yksikkö, vari.
W	Pätötehon yksikkö, watti.
kVAh	Näennäisenergian yksikkö, kilovolttiampeeritunti.
kWh	Pätöenergian yksikkö, kilowattitunti.
P	Pätöteho.
Q	Loisteho.
S	Näennäisteho.
THD	Total Harmonic Distortion, harmoninen kokonaissärö.
BNC-Liitin	Mittalaitteen virtamittausliitinten tyyppi.

L1	Kolmivaihejärjestelmän ensimmäinen vaihe.
L2	Kolmivaihejärjestelmän toinen vaihe.
L3	Kolmivaihejärjestelmän kolmas vaihe.
N	Sähköjärjestelmän nollajohdin.
GND	Mittarin maadoitusliitin.

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli asuinkiinteistössä tehdyt tehonanalyysointimittaukset. Työn tarkoituksena oli tarkastella kiinteistön sähkön laatua ja energian kulutusta. Työssä käsitellään mittaustuloksia EN-50160 -standardin ohjeistuksen mukaan ja perehdytään mittarin toimintaa ja ominaisuuksiin.

Lisääntyvä elektroniikka ja laitteet aiheuttavat kiinteistölle sähkönlaatuun häiriöitä. Led-valaistus ja virrankulutukseltaan tehokkaampi elektroniikka ja laitteet taas ovat pienentäneet kulutusta asuinkiinteistöissä. Saneerausten yhteydessä sähköautojen latausasemiin varautuminen on lainsäädännössä määrätty. Usein tämä sisältää saneerattavan kiinteistön liittymän koon nostamisen, vaikkei se pakosti ole tarpeellista.

Työn aihe lähti liikkeelle, kun huomasin, että Järvenpään Sähkö Oy:llä oli tehoanalyysointimittari. Tästä sitten kiinnostuneena päätin testata mittaria ja opetella sen käyttöä. Aloimme mittaamaan analyysointimittarilla saneerauskohteiden sähkönlaatua ennen saneerauksen aloittamista. Ideana oli, että jos löydämme sähkölaadusta epäkohtia, voimme saneerauksen yhteydessä tarjota niille ratkaisuja.

2 Mittausten suorittaminen

2.1 Mittalaitteen ominaisuudet

Mittauksissa käytetty tehoanalyysointimittari oli mallia Fluke 435-II, sähkönlaatu- ja energiaanalyysointimittari.



Kuva 1. Fluke 435-II mittari

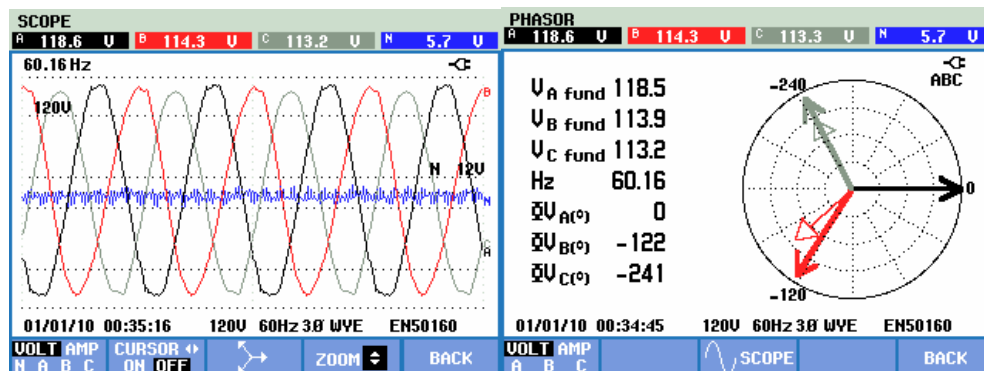
Analysaattorilla voidaan mitata jopa 150 sähkölaatuparametria, samanaikaisesti 4 vaiheesta.

Tehoanalysaattorin johdotusmahdollisuuksia:

- yksi vaihe ja nolla
- jaettu vaihe
- yksivaihejärjestelmä, jossa kaksi vaihejännitettä ilman nollaa
- kolmivaiheinen nelijohdin järjestelmä, tähtikytkentä
- kolmivaiheinen nelijohdin järjestelmä, kolmiokytkentä
- kolmivaihejärjestelmä ilman nollaa, tähtikytkentä
- kolmiokytketty kolmivaiheinen nelijohdinjärjestelmä
- avoin kolmiokytketty kolmiojohdinjärjestelmä
- kolmivaiheinen kolmiojärjestelmä ilman virran tai jännitteen mittausta L2-vaiheessa
- DC-jännite ja virtatulot sekä AC-lähtötehot.

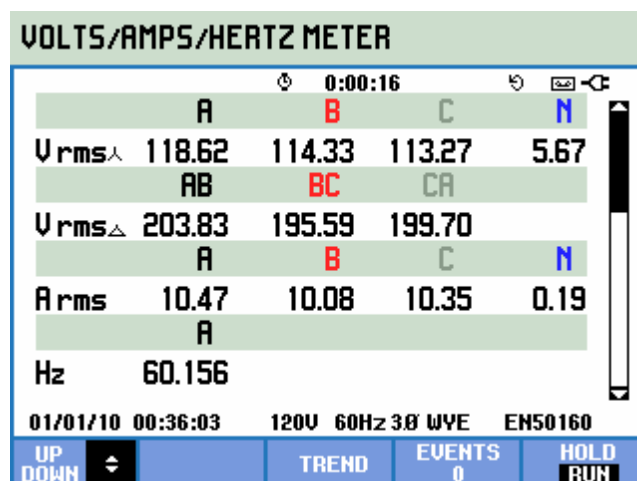
2.2 Mittarin mittaustilat

Scope-toiminto näyttää mitattavan järjestelmän jännitteet ja virrat aaltomuoto- tai vektorinäytönä.



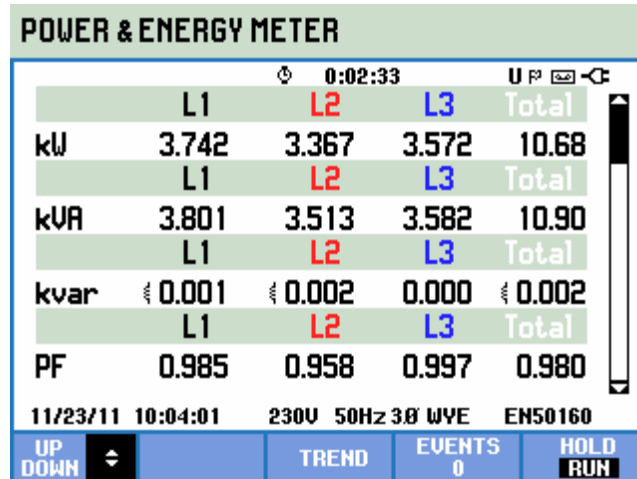
Kuva 2. Mittarin Scope-toiminnon näyttö.

Jännite/virta/taajuus-toiminto näyttää tärkeimmät mittaussarvot numeroina mittarinäytöllä. Siihen liittyvä trendipiirturi piirtää kaikkia mittarinäytöllä näkyviä mittaussarvoja koko ajan taustalla muistiin. Mittauksen aikana käyneet tapahtumat, kuten kuopat ja kohoumat, listataan taulukkoon.



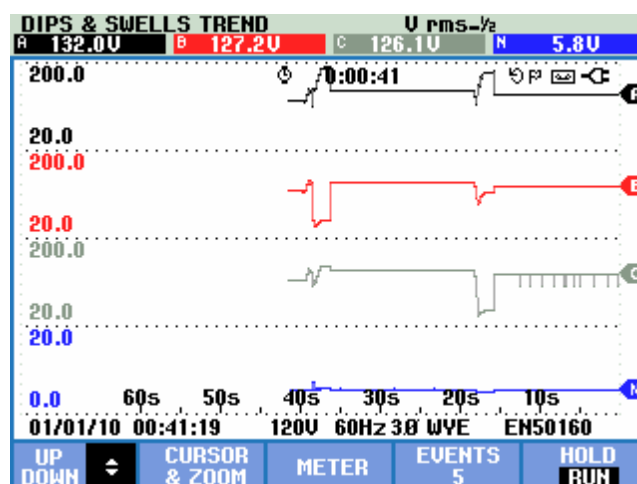
Kuva 3. Mittarin jännite/virta/taajuus toiminnon näyttö

Power & Energy -toiminto näyttää mittarinäytössä kaikki tärkeimmät tehoparametrit. Trendinäytöllä nähdään kaikkien mittarinäytöllä näkyvien suureiden vaihtelu ajansuhteen.



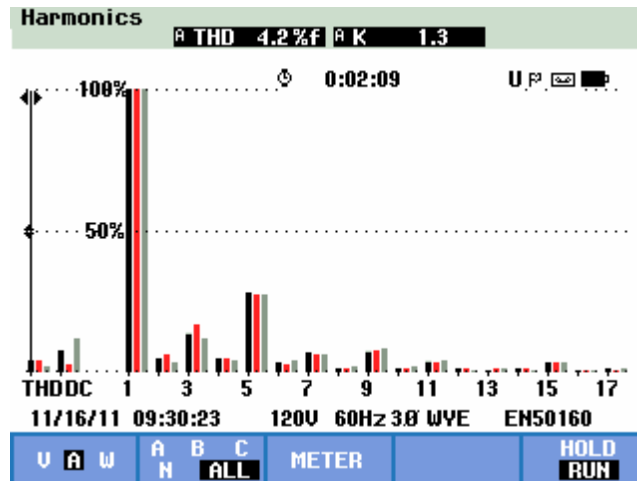
Kuva 4. Mittarin Teho/Energia toiminnon näyttö.

Dips & Swells-toiminto tallentaa kuopat (dips, sags), katkokset (interruptions), nopeat jännitemuutokset ja kohoumat (Swells).



Kuva 5. Mittarin Kuopat ja kohoumat -toiminnon näyttö.

Harmonics-toiminto mittaa ja tallentaa harmoniset ja epäharmoniset 50 harmoniseen yli-aaltoon asti. Harmonisiin liittyvät data, kuten DC-komponentti, THD (kokonaissärö, Total Harmonic Distortion) ja K-kerroin mitataan myös.



Kuva 6. Mittarin yliaaltotoiminnon näyttö

Energiahävikki-toiminto mahdollistaa hävikin määrittelemisen useiden eri aiheuttajien suhteen. Analysaattori antaa tietoa energiankäytöstä helpottaen näin havaitsemaan, missä energiahävikki tapahtuu ja määrittelemään hävikin vaikutuksen sähkölaskuun.

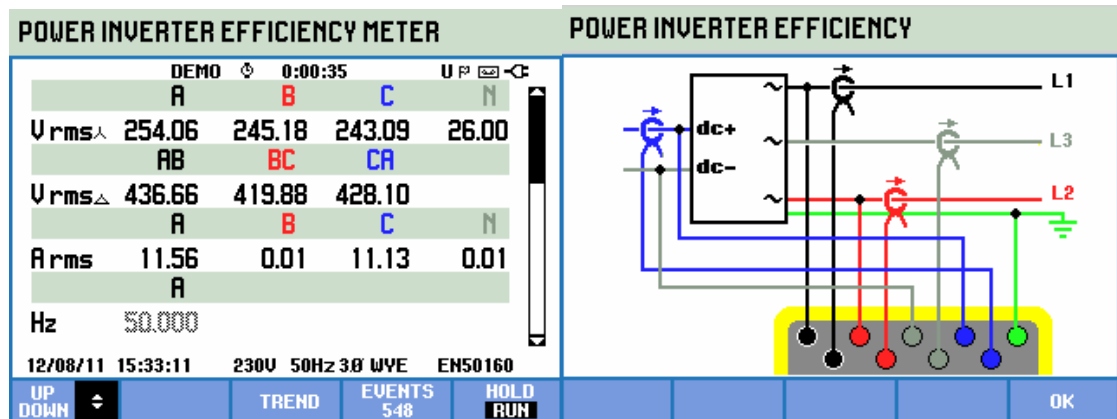
Energy Loss Calculator				
		Total	Loss	Cost
Effective	W	7.8	W 0.0	\$ 0.00 /hr
Reactive	var	1.2	W 0.0	\$ 0.00 /hr
Unbalance	VA	0.7	W 0.0	\$ 0.00 /hr
Distortion	kVA	6.30	W 56.5	\$ 5.65 /hr
Neutral	A	0.2	W 0.0	\$ 0.00 /hr
Total			k	\$ 49.5 /y

11/23/11 10:13:17 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160

LENGTH	DIAMETER	METER	RATE	HOLD
100 m	25 mm ²		0.10 /kWh	RUN

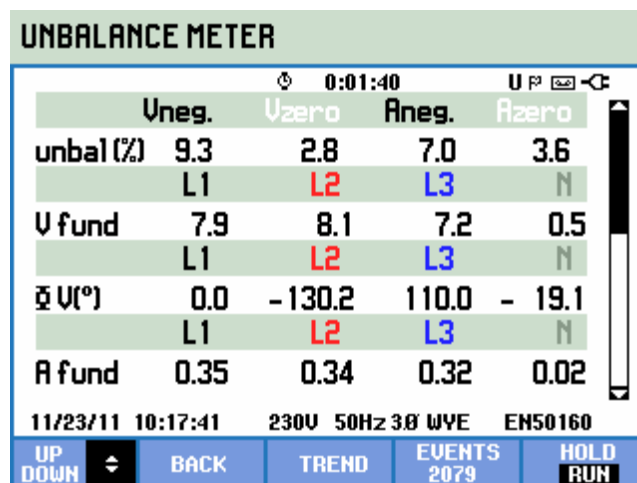
Kuva 7. Mittarin energiahävikki toiminnon näyttö

Invertterin tehokkuusoiminto mittaa tehokkuuden ja energiamäärän, jonka invertteri, joka muuttaa yksivaiheisen DC:n yksi- tai kolmevaiheiseksi AC:ksi, syöttää.



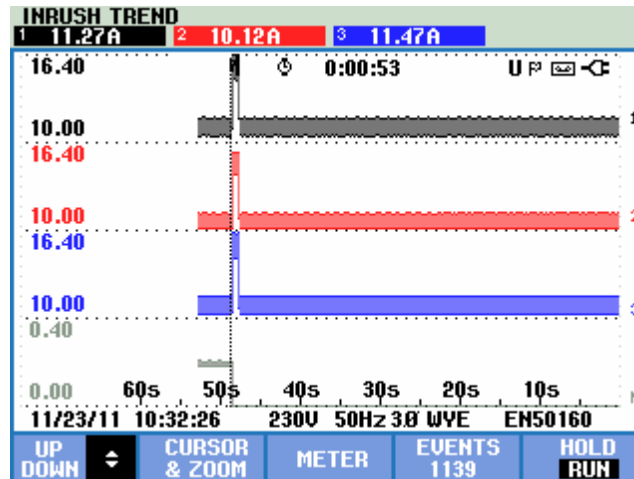
Kuva 8. Mittarin invertterin tehokkuustoiminnon näyttö

Epäsymmetriatoiminto näyttää vaihekohtaisesti jännitteen ja virran suhteen toisiinsa. Mittaustulokset perustuvat perustaajuiseen komponenttiin (60 Hz tai 50 Hz).



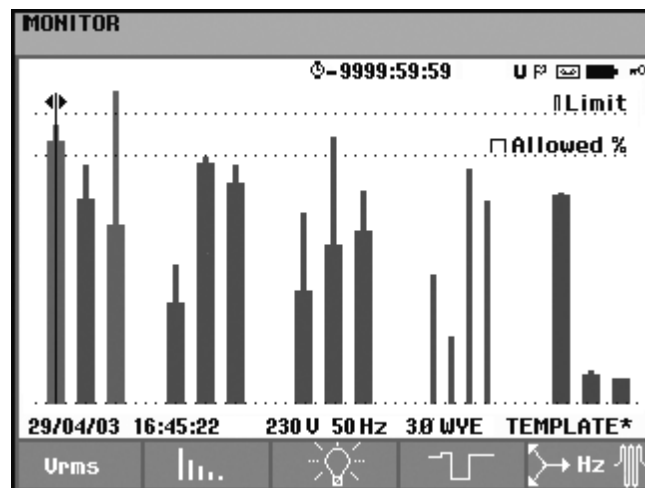
Kuva 9. Mittarin epäsymmetriatoiminnon näyttö

Käynnistysvirrat-toiminnolla mitataan käynnistysvirtoja. Käynnistysvirrat ovat suuria virtapiikkejä, jotka aiheutuvat matalaimpedanssisen tai suuren kuorman kytkeytymisestä sähköverkkoon.



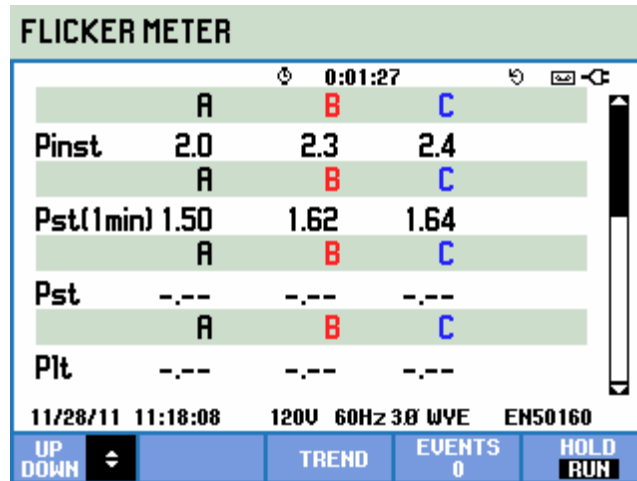
Kuva 10. Mittarin käynnistysvirrat-toiminnon näyttö

Sähkönlaatumittaus eli Monitor-toiminto näyttää tulokset pylväsnyössä. Tältä näytöltä näkee välittömästi, täyttääkö mitattu sähkö sille asetetut vaatimukset.



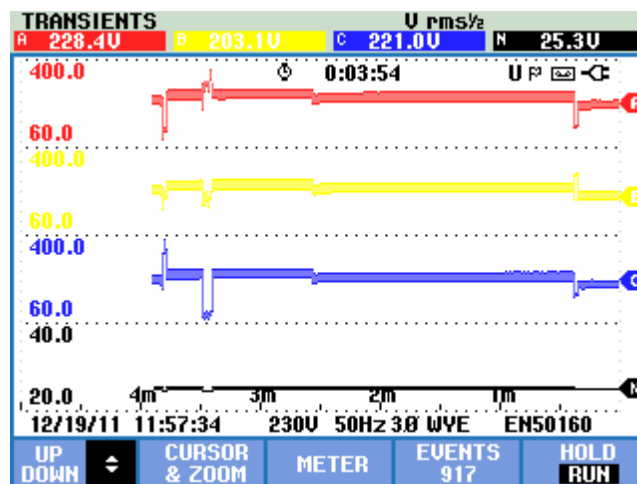
Kuva 11. Mittarin monitor-toiminnon näyttö

Välkyntämittaus eli flikkeritoiminto kuvaa syöttöjännitteen muutosten aikaansaamia luminanssimuutoksia valaistuksessa. Mittauksessa käytettävä algoritmi täyttää EN61000-4-15:n vaatimukset ja perustuu ihmisensilmä/aivo-aistimalliin.



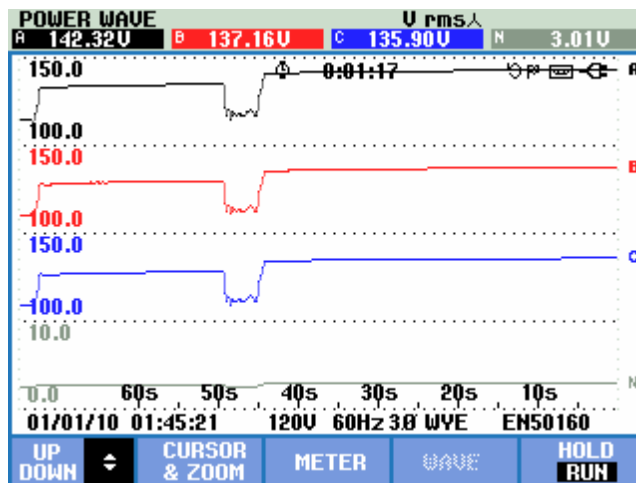
Kuva 12. Mittarin flikkeritoiminnon näyttö.

Transients (Piikit) -toiminto, Häiriön sattuessa, analysaattori tallentaa jännitteiden ja virtojen aaltomuodot. Tämän toiminnan avulla voi nähdä todelliset aaltomuodot kuoppien, kohoumien, katkosten, ylivirtojen ja transienttien (piikkien) aikana.



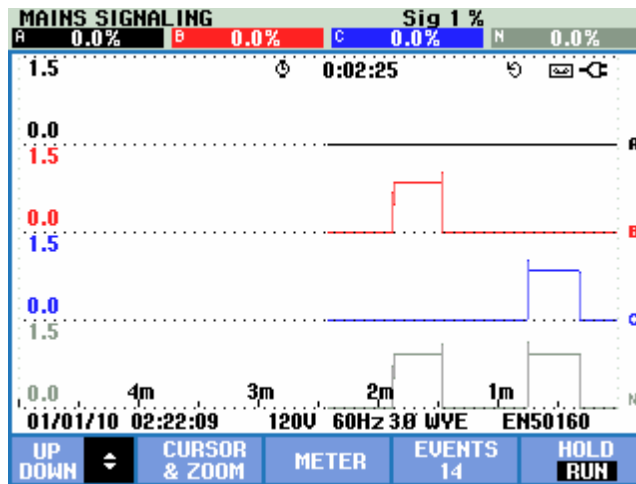
Kuva 13. Mittarin piikit-toiminnon näyttö

Power wave-toiminnossa, analysaattori toimii kuten 8-kanavainen oskilloskooppiirturi, joka tallentaa aaltomuotoa suurella erottelukyvyllä käyttäen kertaliipaisua. Toiminto tallentaa 8-kanavalta puolen jakson RMS-arvot, taajuuden ja hetkellistehon ($V_{rms}^{1/2}$, $A_{rms}^{1/2}$, W, Hz sekä skoopiaaltomuodot jännitteestä, virrasta ja tehosta).



Kuva 14. Mittarin powerwave-toiminnon näyttö.

Verkon signaalijännitetoiminnolla tarkkaillaan joskus sähköjakoverkossa kuljetettava ohjaussignaalia, jota käytetään järjestelmien kauko-ohjaukseen (päälle/pois-kytkentään) tai kaukolukuun.



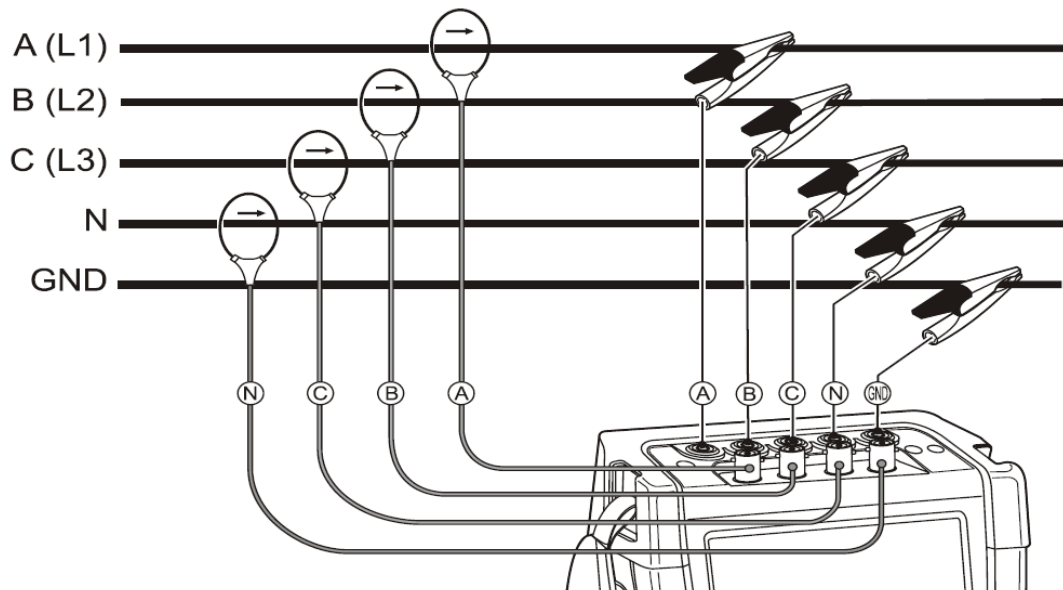
Kuva 15. Mittarin verkon signaalijännitte-toiminnon näyttö

Loggeri on tiedonkeruutoiminto, joka antaa mahdollisuuden tallentaa monia eri lukemiasamanaikaisesti suurella erottelukyvyllä. Lukemat tallennetaan käyttäjän asettamin aikaväleihin.

Kuva 16. Mittarin Logger toiminnon asetus näyttö

2.3 Mittalaitteen käyttö

Ennen mittauskytkeiden suorittamista, aina kun se on mahdollista, tulisi mittauskohde tehdä jännitteettömäksi. Jos kohdetta ei saa jännitteettömäksi, tulee mahdolliset jännitteet tai jännitteisten osien lähellä suoritettavat työt tehdä asianmukaisella varustuksella, ja standardeja ja suosituksia noudattaen.



Kuva 17. Mittarin kytkentä

Virranmittauskytkennöissä käytetään taipuisia ja kevyitä virtapihtejä. Virtapihdit kytetään A (L1), B (L2), C(L3) ja nollajohtimen N ympärille. Virtapihteihin on merkitty virran kulkusuunta, johon tulee kiinnittää huomiota.

Jännitekytkennöissä käytetään ”hauenleukoja”, jollei keskuksessa ole mittauksia varten erikseen mittauspäille paikkoja. Hauenleukoja varten pitää mittauskohteesta löytää paljaat jännitteiset osat joihin ne voi turvallisesti kytkeä. Jännitekytkentä aloitetaan maajohdinten kytkennällä. Tämän jälkeen kytetään A (L1), B (L2), C (L3) ja N (N).

Yksivaihemittauksissa käytetään A (L1), N (N) ja GND.

Ennen mittausten suorittamista analyysiaattoriin asetetaan oikea nimellisjännite, -taajuus ja johdotuskytkentä.



Kuva 18. Mittarin tarvikkeet

2.4 Mitattava kohde

Kohde, jossa mittaukset suoritettiin, oli Järvenpään Sähkö Oy:n alkava linjasaneerauskohte. Kiinteistön lämmitysmuoto on kaukolämpö. Mittauksen kohteena oli kiinteistön pääkeskus, joka syötti sähköä kahdelle erilliselle rakennukselle, joissa oli yhteensä 45 huoneistoa. Alkavan sähkösanerauksen kohteena olivat kyseisten huoneistojen keskukset, kylpyhuoneet ja keittiöt. Saneerauksen kohteena oli myös kiinteistön yleis-, pesula- ja saunatilat.

Pääkeskuksen pääsulakkeiden koko oli 3x250 A ja saneerauksen yhteydessä liittymän kokoa suurennetaan 2x3x200 A:iin, Liittymän koon suurennuksella oli tarkoituksena varautua sähköautonlatausasemien varten. Asiakas ei kohteessa erikseen tilannut kyseisiä

mittauksia, vaan mittaukset suoritettiin urakoitsijan omasta aloitteesta. Mittausten tarkoituksena oli seurata kohteen energian kulutusta ja tarkkailla sähkönlaatua 3 vuorokauden aikana 30.10.2020–02.11.2020 analysaattorin loggeri-toiminolla.

2.5 Mittausten toteutus

Verkon mittaukset toteutettiin kiinteistön pääkeskuksella. Mittalaite kytkettiin kiinteistön syöttökaapeliin pääkytkimen alapuolelle.

Ensin paikalle asetettiin virtamittauslenkit. Mittajohtimet asetettiin ensin mittalaitteen A(L1), B(L2), C(L3) ja N(N) BNC-liittimiin. Tämän jälkeen virtapihdit asetettiin mitattavien vaiheiden ympärille. Tämän jälkeen kytkettiin jännitteen mittauksen mittajohtimet mittarin A(L1), B(L2), C(L3), N(N) ja GND(Maa). Tämän jälkeen kytkettiin mittajohtimien toinen pää hauenleukojen avulla paikoilleen. Kytkeä aloitettiin kytkentäohjeiden mukaisesti maadoitusliitimellä. Pääkeskusta syötti kaapeli, jossa ei ollut erillistä suojamaadoitus- (PE) ja nolla (N) -johdinta. Kaapelissa on yhdistetty suojamaadoitus ja nollajohdin eli PEN-johdin. Tämän takia jännitteen mittauksen GND ja N hauenleuat kytkettiin samaan potentiaaliin, syöttökaapelin PEN-Johtimen liittymispisteeseen. Tämän jälkeen voitiin kytkeä loput mittajohtimet paikoilleen.

Kun mittarin kytkennät oli tehty, tarkistettiin, että nimellisjännite, -taajuus ja johdoituskytkentä oli mittariin asetettu oikein. Tämän jälkeen käynnistettiin mittarin loggeri-toiminto, valittiin haluttu mittausväli (1min) sekä haluttu mittausaika 7D (7 vuorokautta). Mittaus keskeytetään 3 vuorokauden jälkeen. Tämän jälkeen mittauslaite aloittaa mittaustulosten tallentamisen. Keskuksen kannen saimme kiinni, koska keskuksessa ei ollut takalevyä. Keskuksen ja seinän välissä oli noin 3 cm:n rako, jonka kautta saimme kuljetettua mittausjohtimet.

Mittauskohdetta emme pystyneet asuinkiinteistön jatkuvan käytön takia tekemään jännitteettömäksi. Tämän takia mittausjohtimia asennettaessa ulotuttiin jännitetyöalueelle. Tämän takia mittausjohtimia asennettaessa käytettiin asiaankuuluvia suojavarusteita, kuten eristäviä käsineitä.

3 Suoritettavat mittaukset

3.1 Jännite/Virta/Taajuus

Verkonjännitteen mittauksessa mitataan ja tarkastellaan jännitteen tehollisarvoa sekä sen aaltomuotoa. Aaltomuotoa voidaan tarkastella oskilloskooppitoiminnolla silmämääräisesti tai aaltomuotoa voidaan tarkastella mittalaitteen antaman huippukertoimen perusteella. Huippukertoimen tulisi olla mahdollisimman lähellä arvoa 1,41. Mittauksen tarkoituksena on tarkastella mitatun jännitteen poikkeamista ilmoitetusta verkkojännitteeseen. SFS-EN50160-standardin mukainen testimenetelmä on tehollisarvojen mittaus viikon aikana kymmenen minuutin jaksoilla.

Virran mittauksessa tarkastellaan verkossa kulkevan virran määrää. Mittausten tarkoitus on tarkistaa että kaikki vaiheet on kuormitettu tasaisesti ja ettei yksittäistä vaihdetta ylikuormiteta. Tämän lisäksi tarkastellaan virran aaltomuotoa joko silmämääräisesti oskilloskooppitoiminnolla tai mittalaitteen ilmoittaman huippukertoimen perusteella. Huippukerros kuvaa särön määrää, ja sen tulisi olla lähellä 1,41, jolloin säröä ei ole.

Taajuusmittauksessa tarkastellaan, kuinka paljon verkontaajuus eroaa ilmoitetusta nimellistaajuudesta. Mikäli taajuudessa havaitaan merkittäviä heilahteluja tai taajuus on jatkuvasti liian alhainen tai vastaavasti havaitaan selkeää ylitaajuutta. Taajuus määräytyy Suomessa pohjoismaisen yhteiskäyttöverkon taajuuden mukaan, jota Suomessa valvoo Fingrid Oyj. Sähköverkon nimellistaajuus on Suomessa 50 Hz. Sähkökäyttäjän ei pitäisi pystyä vaikuttamaan taajuuteen siihen kytkemillään laitteilla. SFS-EN50160-standardin mukaan taajuuden vaihtelu saa olla yhteiskäyttöverkossa: 50 Hz \pm 1 % (Eli 49,5 Hz... 50,5 Hz) 99,5 % vuodesta, 50 Hz +1 % / -6 % (Eli 47Hz... 52 Hz) 100 % vuodesta.

3.2 Teho & energia

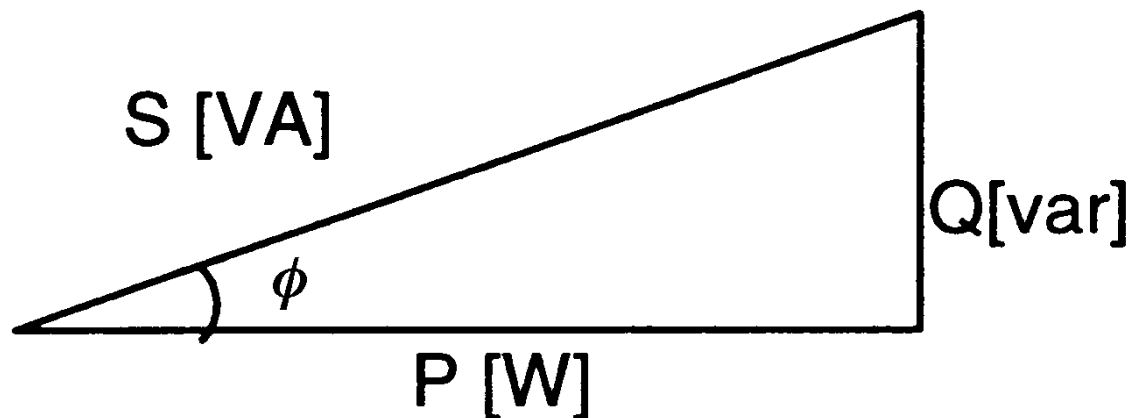
Verkossa kulkevaa ja sitä kuormittavaa sähkötehoa kutsutaan näennäistehoksi S. Näennäisteho on pätötehon P ja loistehon Q yhteisvaikutus. Pätöteho on näennäistehon

työtä tekevä komponentti, joka saa vastuksen lämpenemään ja lampun palamaan. Loisteho taas siirtyy sähköverkossa työtä tekevän tehon mukana kuormittaen sähköverkkoa. Loistehoa tarvitaan sähkölaitteiden magneettikentän ylläpitämiseksi esim. moottoreille, kondensaattoreille sekä teho- ja muuhun elektroniikkaan. Loisteho voidaan jakaa kahden komponenttiin: induktiiviseen ja kapasitiiviseen loistehoon. Induktiiviset laitteet otavat verkosta loistehoa, ja kapasitiiviset laitteet antavat verkkoon loistehoa. Tällöin jännitteen ja virran välille muodostuu vaihesiirto kulma Φ . Kun kulma on merkittävä positiivinen, eli jännite on virtaa edellä, loistehoa otetaan verkosta. Kun kulma on merkittävä negatiivinen, eli jännite on virtaa jäljessä, syötetään verkkoon loistehoa.

Loisteho kuormittaa sähkön siirtoverkkoa, ja siksi sähköyhtiöt laskuttavat suurilta sähkökuluttajilta erikseen myös käytetyn loistehon. Loisteho on mahdollista kompensoida paikallisesti, joko kiinteistö-, keskus- tai laitekohtaisesti. Tällöin loistehoa ei tarvitse ostaa sähköyhtiöltä, eikä se kuormita sähköverkkoa.

Verkossa kulkevaa tehoa pystytään kuvaamaan kolmen tehosuureen avulla:

- pätötehon $P=U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$;
- loistehon $Q=U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$; ja
- näennäistehon $S=U \cdot I$.



Kuva 19. Tehokolmio

3.3 Yliaallot

Yliaallolla tarkoitetaan sähköverkossa signaalia, jonka jännitteen tai virran taajuus on eri kuin verkon perustaajuus. Sähköverkon nimellistaajuus Suomessa on 50 Hz. Yliaallot jaetaan harmonisiin ja epäharmonisiin yliaaltoihin. Harmonisten yliaaltojen taajuus on monikerta nimellistaajuudesta. Tyypillisimpiä jakeluverkossa esiintyviä harmonisia yliaaltoja ovat esimerkiksi 3.(3*50Hz) ja 5.(5x250Hz) yliaalto. Epäharmoniset yliaallot ovat taas kaikki taajuudet nimellistaajuuden ja monikertojen välissä.

Harmoniset yliaallot voidaan jakaa edelleen positiiviseen, negatiiviseen ja nollasekvensseihin

Taulukko 1. Harmonisten yliaaltojen järjestysnumero ja sekvenssi

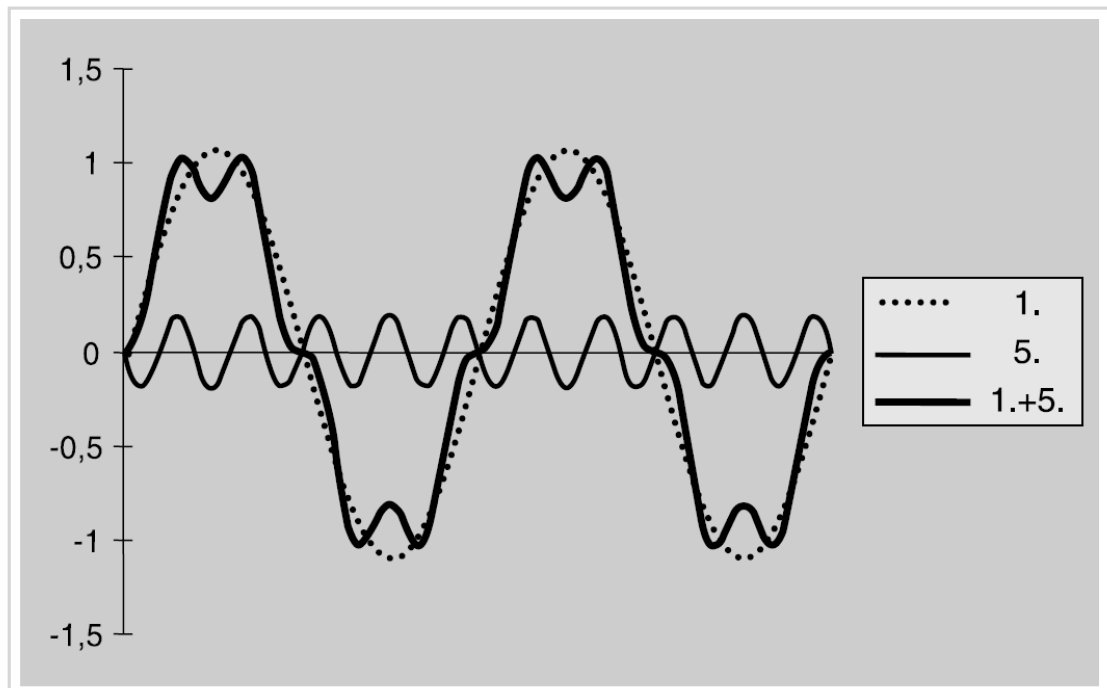
Yliaalto	1	2	3	4	5	6
Taajuus	60 Hz 50 Hz	120 Hz 100 Hz	180 Hz 150 Hz	240 Hz 200 Hz	300 Hz 250 Hz	360 Hz 300 Hz
Suunta	+	-	0	+	-	0

Yliaalto	7	8	9	10	11	...
Taajuus	420 Hz 350 Hz	480 Hz 400 Hz	540 Hz 450 Hz	600 Hz 500 Hz	660 Hz 550 Hz	...
Suunta	+	-	0	+	-	...

Positiivinen sekvenssi pyörii samaan suuntaan kuin perustaajuuden vaihteosoitin. Tämä tarkoittaa, että yliaallot yrittävät pyörittää moottoria nopeammin kuin perustaajuus. Negatiivinen sekvenssi pyörii vastakkaiseen suuntaan kuin perustaajuuden vaihteosoitin. Tämä tarkoittaa, että yliaallot yrittävät pyörittää moottoria hitaammin kuin perustaajuus. Molemmissa tapauksissa moottorin vääntömomentti pienenee ja moottori ylikuumentuu. Nollasekvenssi ja virtayliaallot summautuvat nollajohtimiin. Tämä voi saada aikaan nollajohtimen ylikuumentumisen.

Yliaallot vääristävät jännitettä tai virtaa summautuessaan perusaallon kanssa, jolloin puhutaan säröytymisestä. Yliaaltoja verkkoon aiheuttavat yleensä epälineaariset kuormat kuten teholähteet tai taajuusmuuttajat. Suurin osa kotitalouden laitteista ja valaistuksesta

aiheuttaa nykyään yliaaltoja. Teollisuudessa suurimmat yliaaltojen aiheuttajat ovat muun muassa ylikuormitetut muuntajat, hakkuriteholähteet ja taajuusmuuttajat.

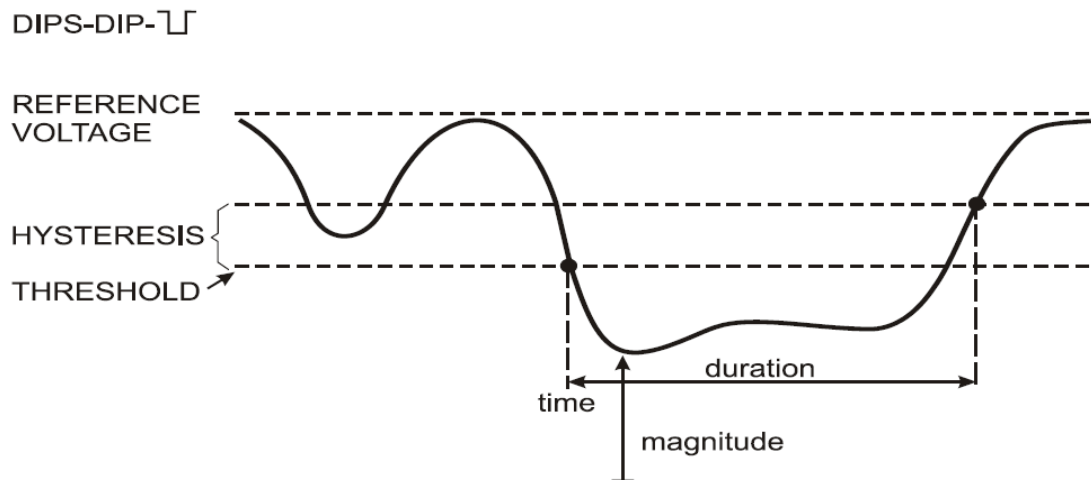


Kuva 20. Yliaaltojen summautuminen perustaajuuteen

Järjestelmissä jossa on paljon epälineaarisia kuormia, voi nollajohdossa kulkeva kolmas yliaaltovirta olla jopa 1,7-kertainen vaihevirtaan verrattuna. Tästä aiheutuu ylikuumentumis- ja tulipalovaara, sillä nollajohdossa ei ole sulakkeita. Nollajohdossa kulkeva virta aiheuttaa myös normaalia suuremman jännitehäviön maadoitusjohtimen ja nollajohdon välille. Yliaaltojen vaikutuksesta verkkoon kytketyt muuntajat, kaapelit, moottorit, generaattorit ja kondensaattorit voivat ylikuumentua ja lyhentää laitteiden elinikää. Lisäksi yliaallot saattavat aiheuttaa herkemälle elektroniikalle erilaisia ongelmia kuten näyttöjen ja valojen vilkuntaa sekä tietokoneiden kaatumista.

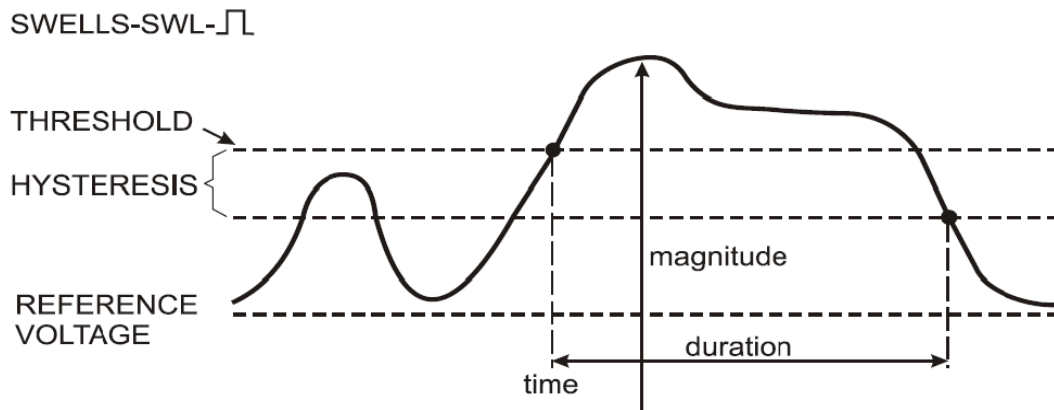
3.4 Kuopat ja kohoumat

Kuopilla ja kohoumilla tarkoitetaan jännitteen käyrämuodon muutoksia, jännitteen heiluntamittauksilla tarkastellaan näitä käyrämuutoksia. Jännitekuopilla tarkoitetaan jännitteen äkillistä laskua. Näitä aiheuttaa yleisesti verkkoon käytönaikana syntyneistä oikosulkuvioista tai muista suurta virtaa ottavista kuorman muutoksista.



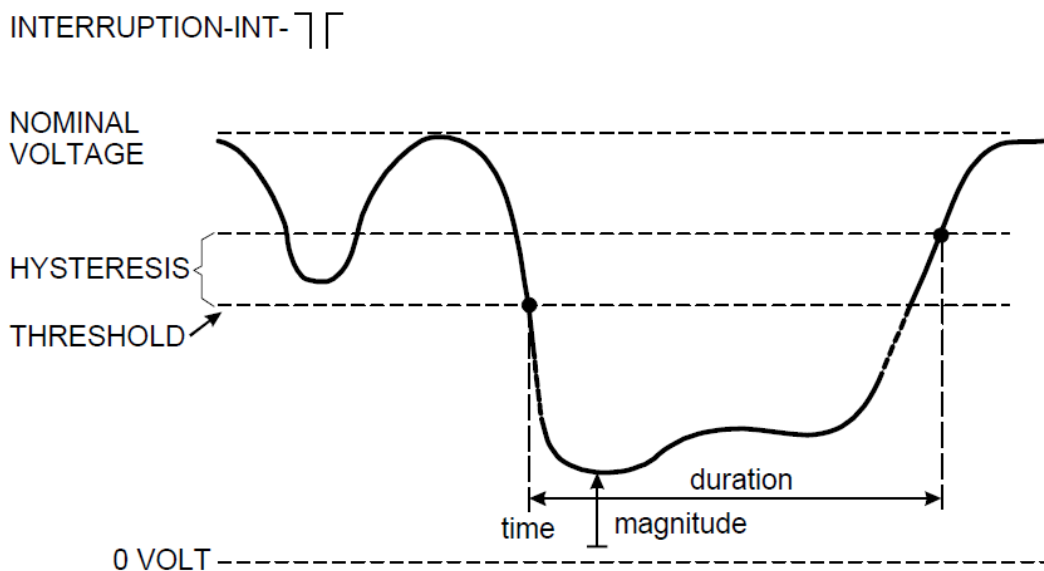
Kuva 21. Jännitekuopan ominaisuudet

Jännitteen kohoumalla tarkoitetaan jännitteen äkillistä nousua. Jännitteen nousu saattaa olla vaiheiden välinen tai nollan ja vaiheen välinen. Kohoumia aiheuttaa yleisesti suuren induktiivisen kuorman irrotus verkosta tai verkon häiriötila.



Kuva 22. Jännitekohouman ominaisuudet

Luonnollisesti jännite katkoksen aikana jännite laskee reilusti alle mitattavan raja-arvon ja mittauksissa ne myös tallentuvat. Katkoksista tallennetaan kesto, suuruus ja esiintymisaika.



Kuva 23. Jännitekatkoksen ominaisuudet

Mittalaitteeseen asetetaan kuoppia ja kohoumia varten raja-arvot, jolloin mittalaite tallentaa jännitemuutoksia. Tapahtuman tallennus päättyy, kun jännite on palautunut mittaus-hystereesin verran takaisin asetettuun raja-arvoon. Mittari luo tapahtumasta erillisen helposti tarkasteltavan tapahtuman "RMS-Event".

SFS-EN50160-standardi määrittelee vain raja-arvot ja raportointiin käytettävät taulukot, Jännitekuopat ja kohoumat tilastoidaan taulukoihin tarkempaa arviointia varten.

3.5 Vinokuorma

Vinokuormitus eli epäsymmetrinen kuormitus tarkoittaa sähköverkon eri vaiheiden eritasoisista kuormitusta. Epäsymmetrinen kuormituksen syynä on usein yksivaiheisten kuormien epätasainen jakaminen vaiheille. Epäsymmetrinen kuormitus aiheuttaa jänniteepäsymmetriaa, kolmansia yliaaltoja ja virran kulkemista nollajohtimessa. Tämä voi aiheuttaa nollajohtimen lämpiämistä liian suuren virran kulkiessa nollajohtimessa. SFS-EN 50160-standardissa määritellään suurimmaksi sallituksi vinokuormitussuosituksiksi ± 10 % vaiheiden kesken. Se tarkoittaa, että kunkin vaiheen virta saa poiketa enintään 10 % vaiheiden virtojen keskiarvosta. Epäsymmetrinen kuorma on helppo mitata ja sen voi poistaa tasaamalla eri vaiheiden kuormia.

4 Mittaustulosten tulkinta

4.1 Mittaustulosten käsittely

Fluke 435-II -tehoanalysointilaitteen mukana toimitetaan Power Log 430 -II ohjelma. Ohjelmaa käytetään mittaustulosten siirtoon mittarilta, tietokoneeseen ja itse ohjelmaan. Ohjelmaa voi käyttää myös mittarin asetusten muuttamiseen ja mittarin etäkäyttöön. Ohjelmalla mittarin mittaustulokset ovat helposti luettavissa ja analysoitavissa. Tulokset saadaan helposti esimerkiksi Excel-muotoon jatkokäsittelyä varten.

Power Log 5.6 - [MANN 11 -- FLUKE 430-II (COM4).fpq]

File Edit View Tools Windows Help A new version of PowerLog 430-II is available.

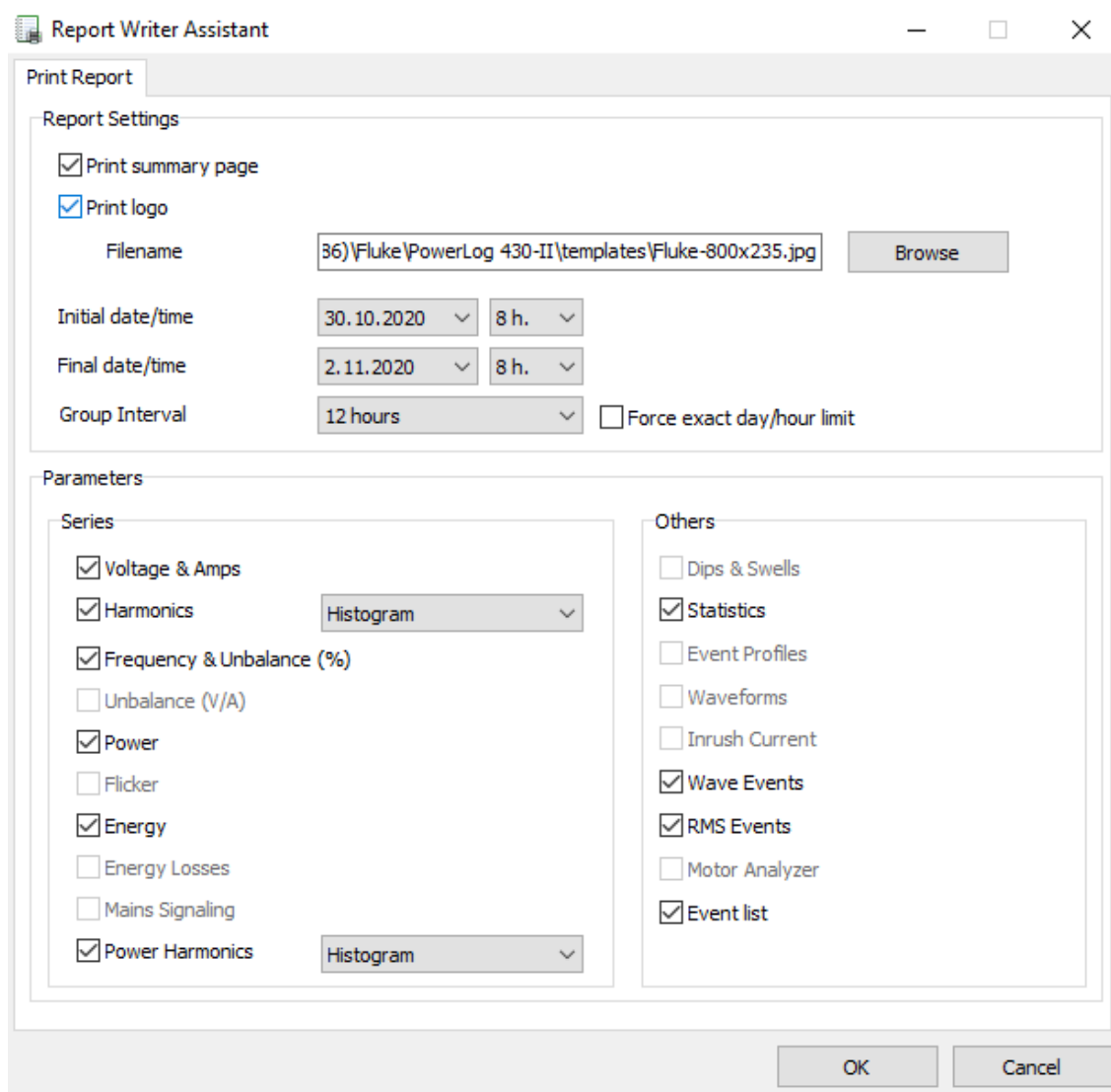
From 30.10.2020 08:27 To 31.10.2020 01:15

Summary Spreadsheet Voltage and Current Statistics Frequency / Unbalance Power Energy Power Harmonics Harmonics Wave Event: CHG (DETAIL) RMS Event No. 2: CHG 30.10.2020 19.50.31 530 msec

Instrument Information		General Information	
Model Number	435-II	Recording location	Mannilantie 11, 04400 Järvenpää
Serial Number	26663105	Client	
Firmware Revision	V05.07	Notes	
Software Information			
Power Log Version	5.6		
FLUKE 430-II DLL Version	1.2.0.14		
Measurement Summary		Recording Summary	
Measurement topology	Wye mode	RMS recordings	4299
Application mode	Logger	DC recordings	0
First recording	30.10.2020 8.27.37 183msec	Frequency recordings	4299
Last recording	2.11.2020 8.05.37 183msec	Unbalance recordings	4299
Recording interval	0h 1m 0s 0msec	Harmonic recordings	0
Nominal Voltage	230 V	Power harmonic recordings	0
Nominal Current	300 A	Power recordings	4299
Nominal Frequency	50 Hz	Power unbalance recordings	0
		Energy recordings	4299
File start time	30.10.2020 8.26.37 183msec	Energy losses recordings	0
File end time	2.11.2020 8.05.37 183msec	Flicker recordings	0
Duration	2d 23h 39m 0s 0msec	Mains signaling recordings	0
Number of events	Normal: 4 Detailed: 4		
Events downloaded	Yes	Events Summary	
Number of screens	0	Dips	0
Screens downloaded	Yes	Swells	0
		Transients	0
		Interruptions	0
		Voltage profiles	0
		Rapid voltage changes	8
		Screens	0
		Waveforms	0
		Intervals without measurements	0
		Inrush current graphics	0
		Wave events	8
		RMS events	8
Power measurement method	Unified		
Cable type	Copper	Scaling	
Harmonic scale	%H1	Phase:	
THD mode	THD 40	Current Clamp type	I430TF
CosPhi / DPF mode	Cos Phi	Clamp range	N/A
		Nominal range	300 A
		Sensitivity	x10 AC only
		Current ratio	1:1
		Voltage ratio	1:1
		Neutral:	
		Current Clamp type	I430TF
		Clamp range	N/A
		Nominal range	300 A
		Sensitivity	x10 AC only
		Current ratio	1:1
		Voltage ratio	1:1

Kuva 24. Powerlog 5.6 -ohjelman päänäyttö

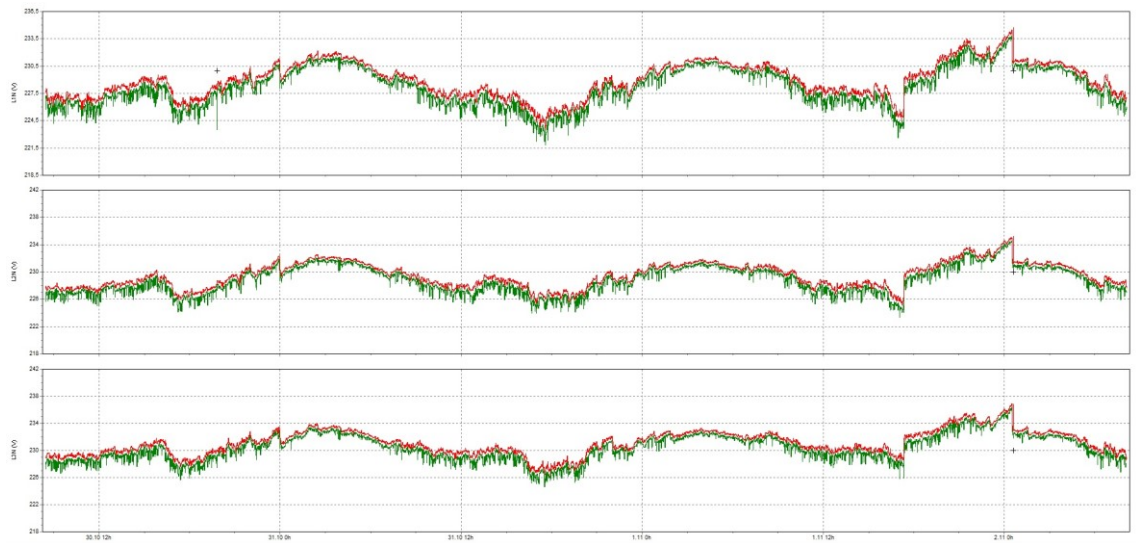
Ohjelman avulla mitattavasta kohteesta saadaan tulostettua raportti. Raportissa esitettävät mittaukset valitaan ohjelmasta. Raportissa on esitettyä mittarin asetukset, kytkentätapa, mittausten määrä sekä itse mittaukset.



Kuva 25. Powerlog 5.6 -raportointi työkalun näyttö

4.2 Jännite

Mittaustuloksista voidaan todeta, että jännite on SFS-EN 50160-standardin mukainen. Jännitteen mittaustuloksista 95 %:n keskiarvo tulisi olla ± 10 % nimellisjännitteestä eli 207 V-253 V:n välillä. Mittaustuloksissa 95 %:n keskiarvot olivat L1 233,9 V, L2 232 V, L3 233,9 V. Tämä tarkoittaa 1,7 %:n muutosta nimellisjännitteeseen.



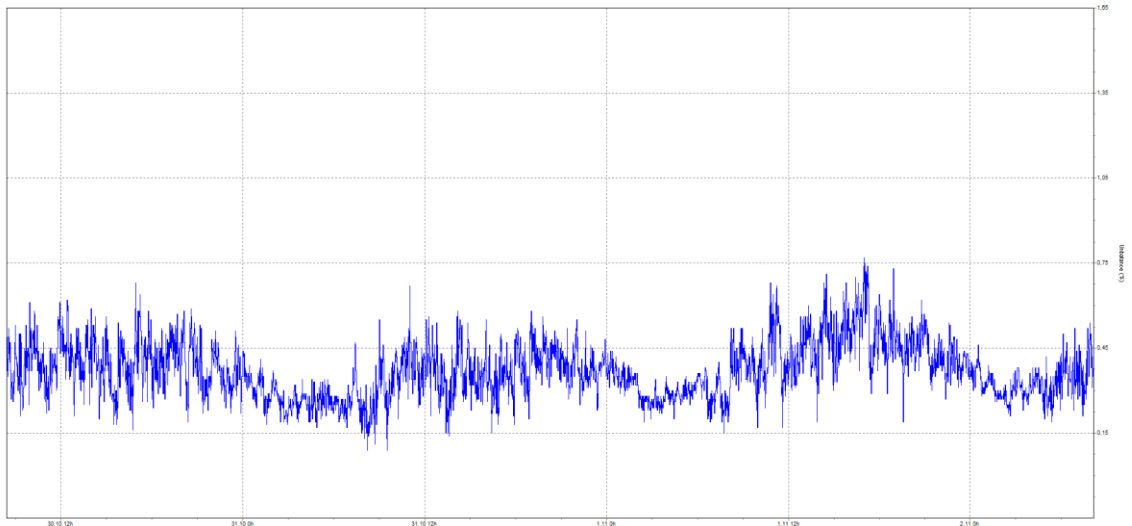
Kuva 26. Vaiheen L1, L2 ja L3 jännitteen kuvaaja

Summary		Summary		Summary	
From	30.10.2020 8.27.37	From	30.10.2020 8.27.37	From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37	To	2.11.2020 8.05.37	To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	236,58 V	Maximum value	234,82 V	Maximum value	236,58 V
At	2.11.2020 0.30.37	At	2.11.2020 0.29.37	At	2.11.2020 0.30.37
Minimum value	225,84 V	Minimum value	224,72 V	Minimum value	225,84 V
At	31.10.2020 17.55.37	At	1.11.2020 17.14.37	At	31.10.2020 17.55.37
μ (Avg)	230,803 V	μ (Avg)	229,225 V	μ (Avg)	230,803 V
s	1,82028 V	s	1,85083 V	s	1,82028 V
5% percentile	227,9 V	5% percentile	226,4 V	5% percentile	227,9 V
95% percentile	233,9 V	95% percentile	232 V	95% percentile	233,9 V
% [85% - 110%]	100 %	% [85% - 110%]	100 %	% [85% - 110%]	100 %
% [90% - 110%]	100 %	% [90% - 110%]	100 %	% [90% - 110%]	100 %
Upper extreme values		Upper extreme values		Upper extreme values	
Date / Time	Value	Date / Time	Value	Date / Time	Value
2.11.2020 0.30.37	236,58	2.11.2020 0.29.37	234,82	2.11.2020 0.30.37	236,58
2.11.2020 0.29.37	236,48	2.11.2020 0.30.37	234,72	2.11.2020 0.29.37	236,48
2.11.2020 0.28.37	236,43	2.11.2020 0.28.37	234,7	2.11.2020 0.28.37	236,43
2.11.2020 0.27.37	236,37	2.11.2020 0.27.37	234,69	2.11.2020 0.27.37	236,37
2.11.2020 0.25.37	236,34	2.11.2020 0.25.37	234,68	2.11.2020 0.25.37	236,34
Lower extreme values		Lower extreme values		Lower extreme values	
Date / Time	Value	Date / Time	Value	Date / Time	Value
31.10.2020 17.55.37	225,84	1.11.2020 17.14.37	224,72	31.10.2020 17.55.37	225,84
31.10.2020 17.32.37	226,12	1.11.2020 17.16.37	224,79	31.10.2020 17.32.37	226,12
31.10.2020 17.33.37	226,23	1.11.2020 17.13.37	224,8	31.10.2020 17.33.37	226,23
31.10.2020 16.55.37	226,24	31.10.2020 16.59.37	224,88	31.10.2020 16.55.37	226,24
31.10.2020 17.31.37	226,29	31.10.2020 16.54.37	224,91	31.10.2020 17.31.37	226,29

Kuva 27. Vaiheiden L1, L2 ja L3 mittausten huippu-, minimi- ja keskiarvot

Jännitteen kaikkien mittaustulosten tulisi olla + 10 % / - 15 % nimellisjännitteestä. Mittausjakson aikana jännitteen kävi korkeimmillaan 236,58 V, ja matalimmillaan 224,78V. Tämä tarkoittaa noin 2,85 %:n nousua ja 2,27 %:n laskua.

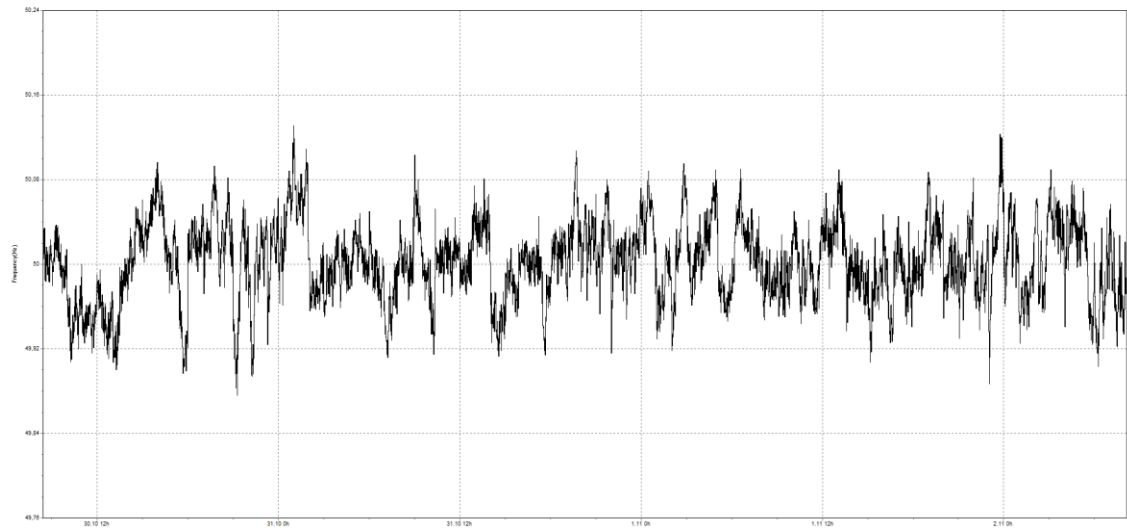
Mittaustulokset pysyvät siis SFS-EN 50160-standardin asettamissa rajoissa. Tosin mitauksia ei ole suoritettu standardin vaatimalla viikon mittausajalla 10 minuutin mittausjaksoilla.



Kuva 28. Jännitteen epäsymmetrian kuvaaja

Jännitteen epäsymmetria on maksimissaan 0,77 %. SFS-EN50160-standardin mukaan ei tarvitse ryhtyä toimenpiteisiin.

4.3 Taajuus



Kuva 29. Verkon taajuuden kuvaaja

Summary	
From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	50,131 Hz
At	31.10.2020 1.01.37
Minimum value	49,876 Hz
At	30.10.2020 21.16.37
μ (Avg)	50,0023 Hz
s	0,0376452 Hz
5% percentile	49,94 Hz
95% percentile	50,06 Hz
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0%

Upper extreme values	
Date / Time	Value
31.10.2020 1.01.37	50,131
1.11.2020 23.45.37	50,123
1.11.2020 23.50.37	50,12
1.11.2020 23.54.37	50,119
31.10.2020 1.02.37	50,119

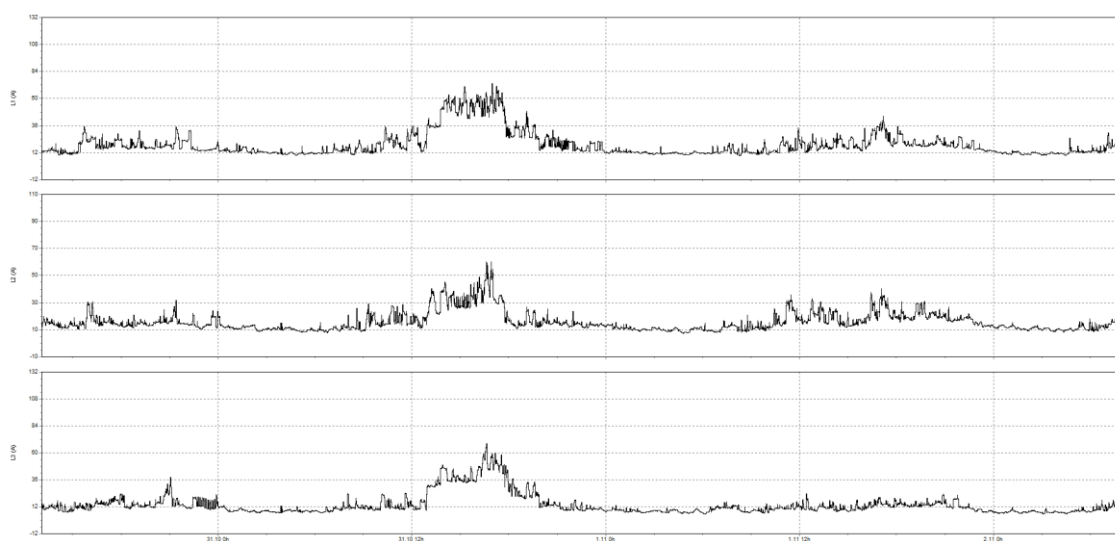
Lower extreme values	
Date / Time	Value
30.10.2020 21.16.37	49,876
30.10.2020 21.11.37	49,883
1.11.2020 23.03.37	49,887
30.10.2020 22.15.37	49,894
30.10.2020 22.14.37	49,895

Kuva 30. Verkon taajuuden huippu, minimi- ja keskiarvo

Mittaustuloksista voidaan todeta, että jännite on SFS-EN 50160-standardin mukainen. Standardin mukaan taajuuden tulisi olla 50Hz:n jakeluverkossa ± 1 % jakeluverkon nimellistaajuudesta 99,5 % vuodesta ja $+ 4$ % / $- 6$ % 100 % vuodesta. Mittausjakson aikana taajuuden maksimiarvo oli 50,131 Hz ja minimiarvo oli 49,876 Hz, mikä tarkoittaa, että taajuuden muutos oli maksimissaan 0,26 %.

4.4 Virta

Virran mittaustuloksista voidaan nähdä, että mittauksen aikana kuormitus ei nouse lähelle 250 A:n pääsulakkeiden nimellisarvoa. Mittausten aikana kuormitus oli suurimmillaan 1min mittausjakson keskiarvolla 73.5 A L1-vaiheella. Kuormituksen huippu ajoittuu kaikilla vaiheilla lauantai-iltapäivälle.



Kuva 31. Virran L1,L2 ja L3 kuvaaja

Summary	
From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	73,5 A
At	31.10.2020 16.58.37
Minimum value	9,1 A
At	1.11.2020 8.17.37
μ (Avg)	19,1635 A
s	10,6776 A
5% percentile	10,8 A
95% percentile	46,7 A
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0%

Upper extreme values	
Date / Time	Value
31.10.2020 16.58.37	73,5
31.10.2020 17.15.37	70,9
31.10.2020 17.14.37	70,8
31.10.2020 15.14.37	70,6
31.10.2020 15.16.37	70,5

Lower extreme values	
Date / Time	Value
1.11.2020 8.17.37	9,1
1.11.2020 8.18.37	9,2
1.11.2020 8.16.37	9,3
1.11.2020 8.20.37	9,4
1.11.2020 8.19.37	9,4

Summary	
From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	60,2 A
At	31.10.2020 16.37.37
Minimum value	7,4 A
At	1.11.2020 4.48.37
μ (Avg)	15,629 A
s	7,03348 A
5% percentile	9,1 A
95% percentile	31,2 A
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0%

Upper extreme values	
Date / Time	Value
31.10.2020 16.54.37	60,2
31.10.2020 16.37.37	60,2
31.10.2020 16.36.37	59,7
31.10.2020 16.38.37	59,1
31.10.2020 16.41.37	57,3

Lower extreme values	
Date / Time	Value
1.11.2020 4.49.37	7,4
1.11.2020 4.48.37	7,4
1.11.2020 4.50.37	7,6
1.11.2020 4.47.37	7,6
1.11.2020 4.46.37	7,6

Summary	
From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	68 A
At	31.10.2020 16.38.37
Minimum value	5,2 A
At	1.11.2020 6.06.37
μ (Avg)	13,4873 A
s	9,08931 A
5% percentile	6,8 A
95% percentile	35 A
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0%

Upper extreme values	
Date / Time	Value
31.10.2020 16.38.37	68
31.10.2020 16.37.37	66,9
31.10.2020 16.39.37	65
31.10.2020 16.35.37	64,9
31.10.2020 16.36.37	64,6

Lower extreme values	
Date / Time	Value
1.11.2020 6.09.37	5,2
1.11.2020 6.08.37	5,2
1.11.2020 6.07.37	5,2
1.11.2020 6.06.37	5,2
1.11.2020 6.11.37	5,4

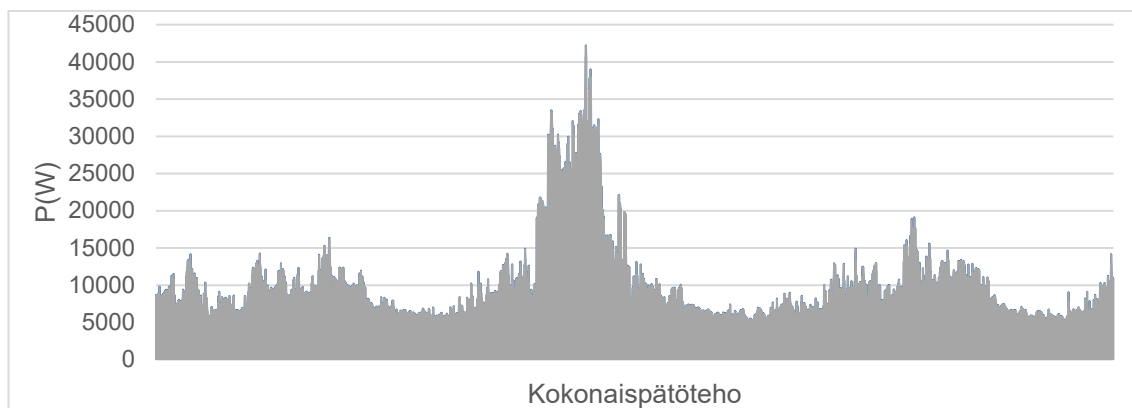
Kuva 32. Virran L1, L2 ja L3 maksimi-, minimi- ja keskiarvot

Virran arvot eivät johda toimenpiteisiin kyseisessä kohteessa. Mittaustulosten perusteella nykyiset pääsulakkeet ovat tarpeeksi isot, ja tuleviin sähköauton latausasemiin varaudutaan saneerauksen yhteydessä nostamalla liittymän koko 2*3*200 A pääsulakkeisiin. Näiden mittausten perusteella kyseenalaistaisin liittymän koon noston, mutta tarkempaa tietoa koko vuoden kulutushuipuista pitäisi tiedustella verkkoyhtiöltä.

4.5 Teho ja Energia

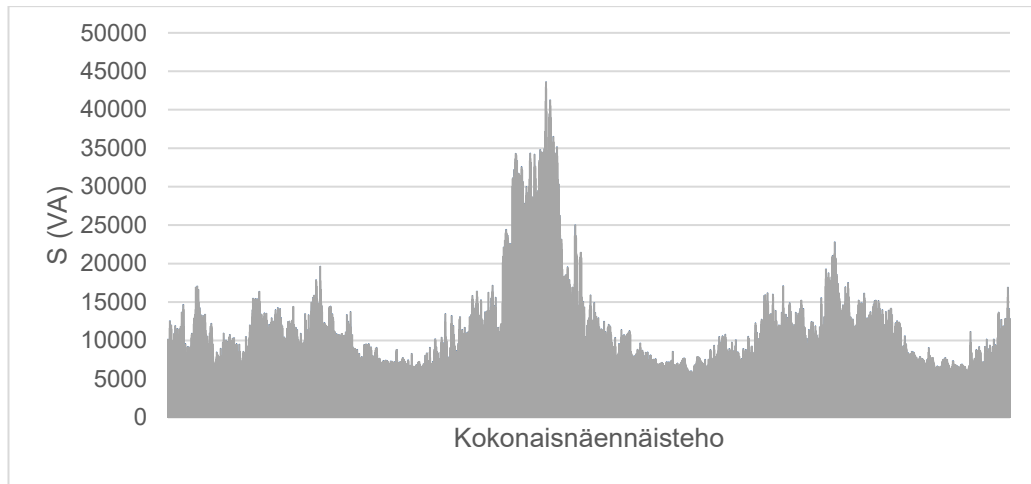
Kuvassa 33 on esitetty kokonaispätöteho. Kokonaispätöteho on kaikkien kolmen vaiheen tehojen summa. Pätötehon huippu on lauantai-iltapäivänä klo 16.37, ja se on noin

44 kW. Mittausjakson aikana ainut hetki, kun kulutus on noussut yli 25 kW:n, osuu myös lauantaille, noin klo 14.00 - 18.00 välille. Kuviosta nähdään myös, kuinka kulutus pienee huomattavasti öisin. Kolmen yön aikaiset mittaukset nähdään kuviosta selvästi kokonaispätötehon notkoina. Koko mittausjakson aikainen kokonaispätötehon keskiarvo oli noin 10,5 kW.



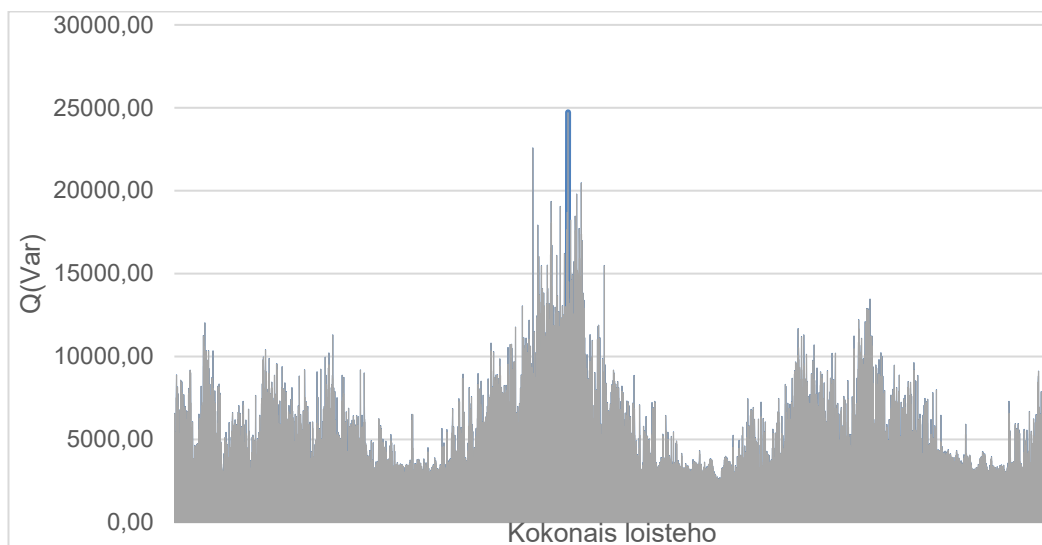
Kuva 33. Kokonaispätötehon kuvaaja

Kuvassa 34 on esitetty kokonaisnäennäisteho. Kokonaisnäennäisteho on kaikkien kolmen vaiheen tehojen summa. Näennäistehon huippu on lauantai-iltapäivänä klo 16.37, ja se on noin 44 kVA. Koko mittausjakson aikainen kokonaispätötehon keskiarvo oli noin 11,3 kVA.



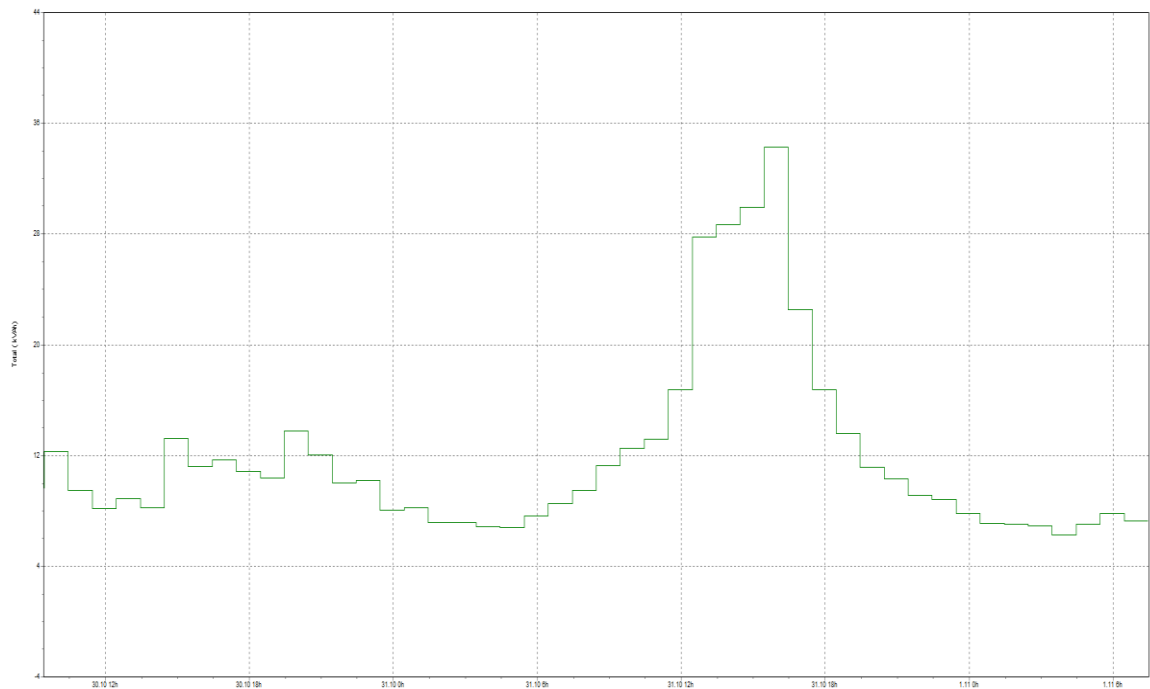
Kuva 34. Kokonaisnäennäistehon kuvaaja

Kuvassa 35 on esitetty kokonaisloisteho. Kokonaisloisteho on kaikkien kolmeen vaiheen tehojen summa. Loistehon huippu on lauantai-iltapäivänä klo 16.39, ja se on noin 25 kVar. Koko mittausjakson aikainen kokonaisloistehon keskiarvo oli noin 5,5 kVar.



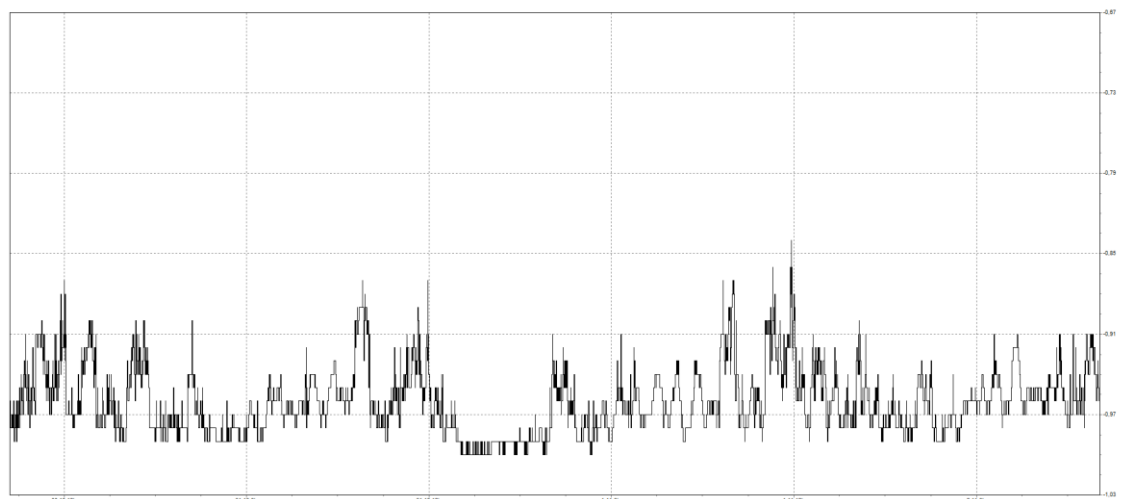
Kuva 35. Kokonaisloistehon kuvaaja

Koska kyseessä on asuinkiinteistö, jossa on useita liittymiä pääsulakkeiden perässä, ei kompensointi ole kohteessa kannattavaa. Yksittäiset huoneistot eivät ota verkosta loistehoa niin paljon, että se vaikuttaisi sähkölaskuun. Saneerauksen yhteydessä kiinteistön sähköliittymän pääsulakkeet nousevat 3x80 A, jolloin Caruna alkaa veloittaa loistehomaksuja. Mittausten yhteydessä ei tosin mitattu kiinteistökeskuksen loistehoja erikseen.



Kuva 36. Kokonaisnäennäisenergian kuvaaja

Koko mittausjakson aikainen kulutus oli noin 810 kVAh, perjantaina (16h) noin 166 kVAh, lauantaina (24h) noin 333 kVAh, sunnuntaina noin 248 kVAh (24h) ja maanantaina (8h) 63 kVAh.

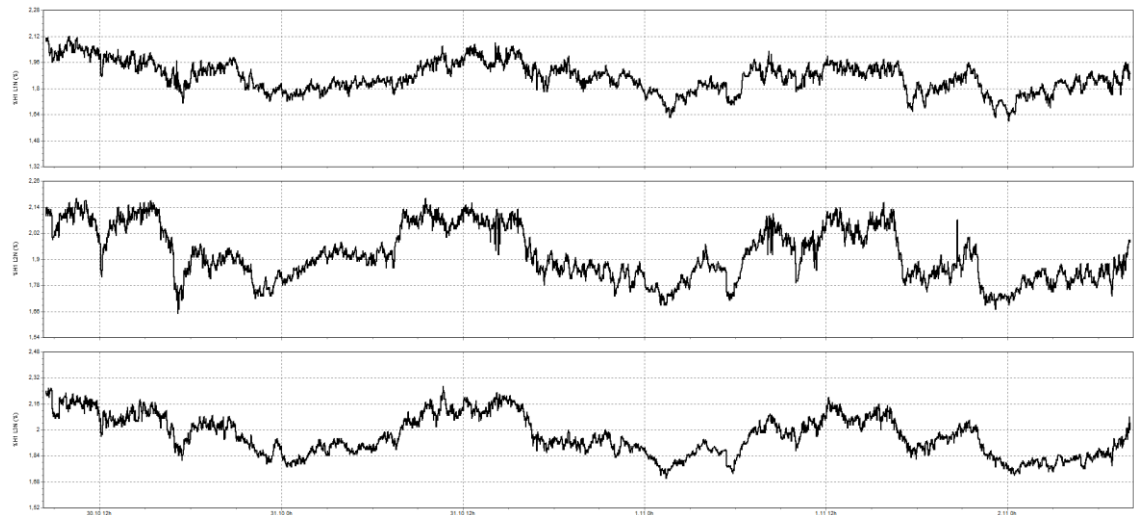


Kuva 37. Tehokertoimen kuvaaja

Kaikkien vaiheiden yhteenlaskettu tehokerroin mittausjakson aikana oli minimissään 0,84, keskimäärin 0,96. Yhden vaiheen huonoin tehokerroin oli L3-vaiheella 0,74, L3-vaiheella oli myös huonoin keskimääräinen tehokerroin 0,91. Paikallisen Verkko-ope-raattorin Caruna Oy:n mukaan, jos tehokerroin on pienempi kun 0,985, toimenpiteiden selvitystä suositellaan.

4.6 Yliaallot

Kohteesta ei mitattu erillisiä yliaalloja vaan ainoastaan kokonaissärö THD.



Kuva 38. Kokonaissärön kuvaaja L1, L2 ja L3

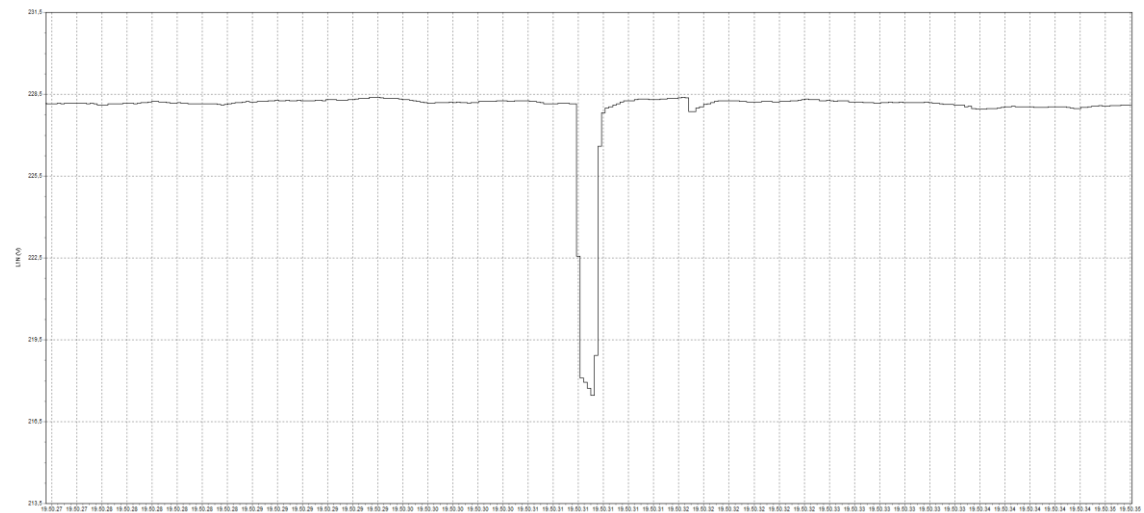
Summary		Summary		Summary	
From	30.10.2020 8.27.37	From	30.10.2020 8.27.37	From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37	To	2.11.2020 8.05.37	To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	2,12	Maximum value	2,18	Maximum value	2,27
At	30.10.2020 9.57.37	At	30.10.2020 10.27.37	At	31.10.2020 10.42.37
Minimum value	1,6	Minimum value	1,65	Minimum value	1,7
At	2.11.2020 0.05.37	At	30.10.2020 17.10.37	At	1.11.2020 1.26.37
μ (Avg)	1,86833	μ (Avg)	1,92273	μ (Avg)	1,9639
s	0,0908342	s	0,121605	s	0,122598
5% percentile	1,72	5% percentile	1,74	5% percentile	1,78
95% percentile	2,02	95% percentile	2,12	95% percentile	2,17
% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0%	% [90% - 110%]	0%	% [90% - 110%]	0%
Upper extreme values		Upper extreme values		Upper extreme values	
Date / Time	Value	Date / Time	Value	Date / Time	Value
30.10.2020 10.00.37	2,12	31.10.2020 9.33.37	2,18	31.10.2020 10.42.37	2,27
30.10.2020 9.59.37	2,12	31.10.2020 9.32.37	2,18	30.10.2020 8.46.37	2,26
30.10.2020 9.57.37	2,12	31.10.2020 9.31.37	2,18	30.10.2020 8.37.37	2,26
30.10.2020 10.30.37	2,11	30.10.2020 10.29.37	2,18	30.10.2020 8.49.37	2,25
30.10.2020 9.58.37	2,11	30.10.2020 10.27.37	2,18	30.10.2020 8.48.37	2,25
Lower extreme values		Lower extreme values		Lower extreme values	
Date / Time	Value	Date / Time	Value	Date / Time	Value
2.11.2020 0.05.37	1,6	30.10.2020 17.10.37	1,65	1.11.2020 1.26.37	1,7
2.11.2020 0.06.37	1,61	1.11.2020 23.12.37	1,67	1.11.2020 1.27.37	1,71
1.11.2020 23.12.37	1,62	30.10.2020 17.13.37	1,67	1.11.2020 1.25.37	1,71
1.11.2020 1.43.37	1,62	2.11.2020 0.06.37	1,69	2.11.2020 0.27.37	1,72
1.11.2020 1.42.37	1,62	1.11.2020 23.10.37	1,69	1.11.2020 1.30.37	1,72

Kuva 39. Kokonaissärön L1, L2 ja L3 maksimi-, minimi- ja keskiarvot

Mittaustulosten perusteella kokonaissärö on suurimmillaan 2,27 %. SFS-EN 50160:n mukaan kokonaissärön tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin 8 %. Mittaustulosten perusteella ei tarvitse ryhtyä toimenpiteisiin.

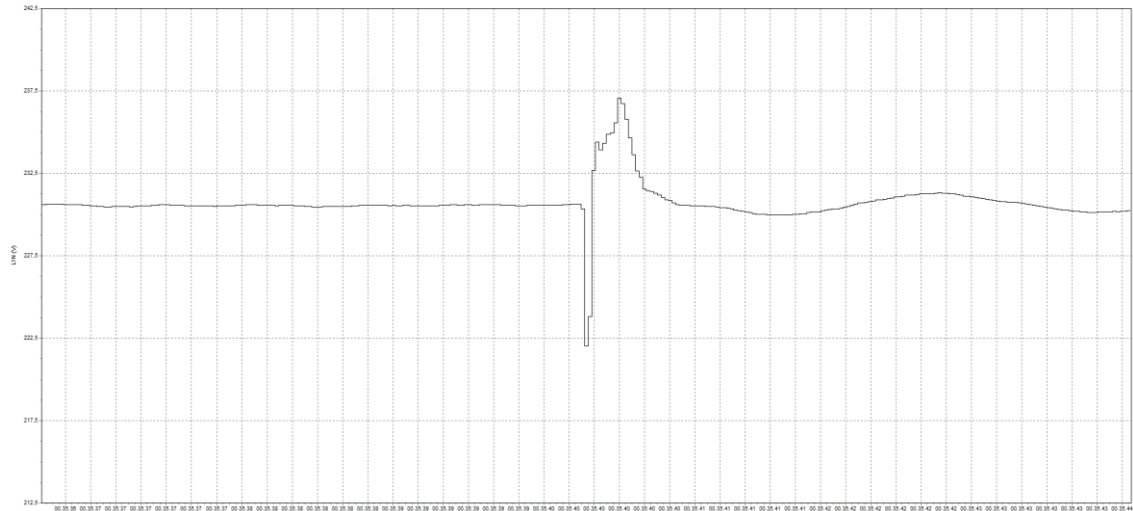
4.7 Kuopat ja kohoumat

Mittausjakson aikana analysaattori tallensi kaksi jännitekuoppaa tai kohoumaa. Ensimmäisessä oli kyseessä jännitekuoppa, jonka kesto oli noin 20 ms. Jännite tippui 228,5 voltista 217,5 volttiin. Tämä on noin – 4,8 % muutosjännitteessä.



Kuva 40. Jännitekuoppa

Toisessa oli kyseessä jännitekuoppa, jota seurasi jännitepiikki. Tapahtuman kesto oli noin 60 ms. Jännite tippui aluksi 230 voltista 222 volttiin, jonka jälkeen jännite nousi 237 volttiin. Tämä oli noin - 3,5 % / + 3 % muutos.



Kuva 41. Jännitekuoppa

SFS EN 50160-standardin mukaan jännitekuoppia pitäisi taulukoida pidemmältä ajanjaksolta. Mittauksen aikana tapahtuneet jännitemuutokset eivät ole edes SFS-EN 50160-standardin mukaisen yli 5 % jännitemuutoksen ylittäviä eivätkä tällöin edes taulukoinnin arvoisia muutoksia.

4.8 Vinokuorma

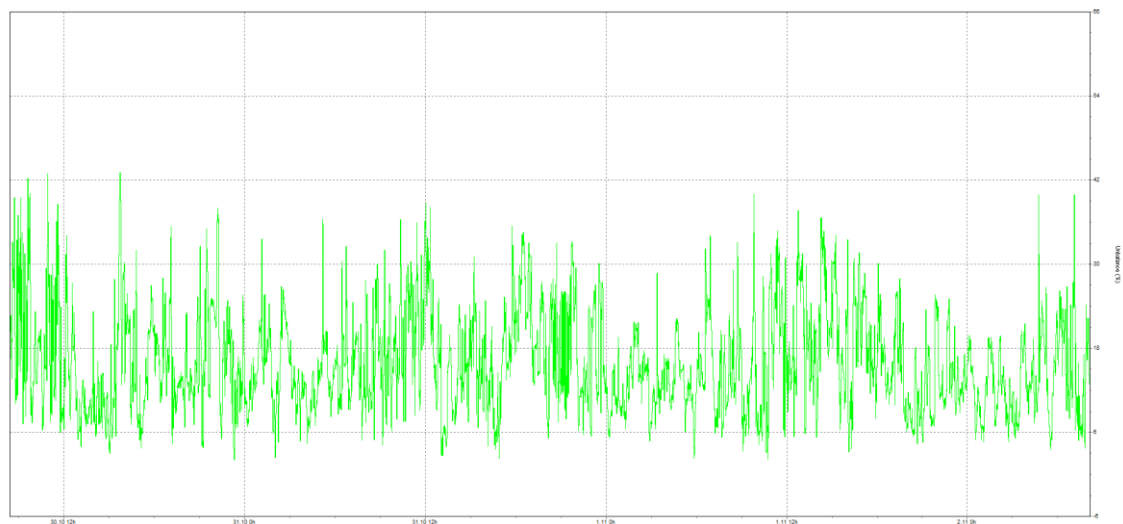
Mittaustuloksissa havaitaan että vinokuormitus on suurimmillaan 43 %, ja koko mittausjakson aikana keskimäärin noin 16 %. Nollajohtimessa kulkeva virta on keskimäärin 9,3 A.

Summary		Summary	
From	30.10.2020 8.27.37	From	30.10.2020 8.27.37
To	2.11.2020 8.05.37	To	2.11.2020 8.05.37
Maximum value	43,08 %	Maximum value	32,5 A
At	30.10.2020 15.44.37	At	31.10.2020 15.14.37
Minimum value	2,06 %	Minimum value	4,2 A
At	30.10.2020 23.19.37	At	1.11.2020 6.27.37
μ (Avg)	15,9166 %	μ (Avg)	9,31221 A
s	7,14519 %	s	3,83342 A
5% percentile	6,23 %	5% percentile	5,3 A
95% percentile	29,61 %	95% percentile	17,4 A
% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0%	% [90% - 110%]	0%

Upper extreme values		Upper extreme values	
Date / Time	Value	Date / Time	Value
30.10.2020 15.44.37	43,08	31.10.2020 15.14.37	32,5
30.10.2020 10.56.37	42,92	31.10.2020 17.15.37	31,4
30.10.2020 15.45.37	42,36	31.10.2020 17.14.37	30,8
30.10.2020 9.37.37	42,27	31.10.2020 15.16.37	29,9
30.10.2020 15.43.37	41,28	31.10.2020 15.15.37	29,6

Lower extreme values		Lower extreme values	
Date / Time	Value	Date / Time	Value
30.10.2020 23.19.37	2,06	1.11.2020 6.51.37	4,2
1.11.2020 10.45.37	2,16	1.11.2020 6.29.37	4,2
1.11.2020 5.51.37	2,22	1.11.2020 6.27.37	4,2
31.10.2020 16.54.37	2,3	1.11.2020 6.52.37	4,3
31.10.2020 2.03.37	2,45	1.11.2020 6.49.37	4,3

Kuva 42. Vinokuormituksen määrä ja nollassa kulkeva virta



Kuva 43. Vinokuormituksen kuvaaja

Mitatut arvot ylittävät SFS EN 50160 -suosituksen, joten toimenpiteisiin pitäisi ryhtyä. Kohteessa on sähkö saneeraus kesken, jonka yhteydessä voidaan varmistaa kuormien tasainen jakautuminen vaiheille.

4.9 Loppupäätelmät

Mittaustulosten analysoinnin perusteella voidaan kohteesta tehdä seuraavat loppupäätelmät.

Jännitteen ja taajuuden mittaustulokset täyttivät standardien vaatimukset eivätkä aiheuta toimenpiteitä. Virtamittauksista päätellen nykyiset pääsulakkeet kestävät kuorman.

Teho ja energiamittausten perusteella voidaan todeta, että vaikka loistehoa otetaan verkosta, ei sillä ole tällä hetkellä kiinteistölle kustannusvaikutusta. Saneerauksen yhteydessä kiinteistön liittymän pääsulakkeiden nosto aiheuttaa sen, että Caruna alkaa veloittaa loistehomaksuja. Kiinteistökeskuksen loistehoja ei tosin mitattu erikseen, joten loistehon määrää kiinteistön liittymässä ei tiedetä.

Mittaustulosten perusteella kiinteistössä on huomattavia vinokuormia, joita voidaan onneksi saneerauksen yhteydessä helposti tasata jakamalla kuormaa vaiheille tasaisesti.

Mittauskohteen saneerauksen yhteydessä tehtävä liittymän suurennus on oikeaoppisesti laskettu ST-kortin 13.31 mukaan. Kiinteistön huipputehoksi saadaan noin 135 kW. 45 autopaikan tehoksi saadaan 130 km toimintasäteen latauksella 12 h yöllisellä latausjaksolla 100 kW. Liittymän laskennalliseksi kokonaistehoksi saadaan 235 kW.

Mittauskohteessa mittausten perusteella, yönaikainen kulutus on niin pientä, että sähköautojen lataus onnistuisi nykyiselläkin liittymällä.

Nykyinen yön yönaikainen kulutus koko kiinteistöllä mittaustulosten perusteella 22.00–08.00 on noin 75 kWh.

Nykyisten pääsulakkeiden koko on 3X250 A, joten nykyisestä liittymästä saatava yönaikainen potentiaalinen energia:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$\sqrt{3} \times 400V \times 250A \times 0,95 \approx 164kW$$

$$164kW \times 10h = 1640 kWh$$

Mitattu kulutus 22.00–08.00 aikana 75 kWh.

$$1640kWh - 75kWh = 1565 kWh$$

$$1565 kWh / 45 Autopaikkaa \approx 34,7 kWh / \text{autopaikka/yö}$$

Jokaista autopaikkaa saisi jo nykyisellä liittymällä ja oikein tehdyllä kuorman hallinnalla ladattua 34,7 kWh yötä kohden. Sähköauton kulutuksessa yleisesti käytetään 20 kWh/100 km arvoa. Tämä tarkoittaisi että jo nykyisellä liittymällä päästäisiin 170 km lataukseen autopaikkaa kohden. Konservatiivisesti uuden liittymän laskennassa käytetty 130 km:n lataus yön aikana toteutuu helposti. ST 51.9:n mukaan kaupunkiseudulle riittää 100 km:n lataus yön aikana. Myös nopeampi muutaman tunnin kestävä 11 kW:n tai 22kW:n lataus on helposti toteutettavissa nykyisellä liittymällä, oikein suunnitellulla ja asennetulla kuormanhallinta järjestelmällä.

Uuden liittymän hinta Carunan hinnaston mukaan on $150 A \times 105 \text{ €} = 15\,750 \text{ €}$.

Pääkeskuksen nimellisvirran suurentaminen, liittymiskaapeli ja putkituksen hinta on noin 6700€

Väittäisin, että pääkeskuksen vaihdon yhteydessä nimellisvirran suurentaminen on järkevää. Liittymiskaapeli tai ainakin putkitus liittymän mahdollista nostoa varten myös kannattaa tehdä saneerauksen yhteydessä. Liittymän suurentamisen tosin näen kyseisessä kohteessa kyseenalaiseksi. Verkkoyhtiö suurentaa liittymää myös myöhempänä ajankohtana jos todetaan, että liittymän suurentaminen on tarpeellista, varsinkin jos kaapelit ja pääkeskus ovat muuten kytkentä valmiina. Tosin yksi syy suurentaa liittymä saneerauksen yhteydessä on, että remontin yhteydessä se saadaan liitettyä asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen myöntämiin avustuksiin.

Sähkönlaadun ja kulutuksen mittaukset, ja mittausten analysoinnilla niiden laajuudesta riippuen on hintaa 1500 € – 2000 €. Mahdollisten vastaavia epäkohtien löytäminen on tilaajan etu, joka mahdollistaa säästöihin saneerauksen yhteydessä.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa sähkön laadun ja energian kulutukseen liittyviä mittauksia saneerattavassa asuinkiinteistössä. Kiinteistön mittaustulosten tarkastelu SFS-EN 50160 -standardin ja muiden mittaustulosten tulkintaohjeiden avulla.

Työn tavoitteena oli myös oppia käyttämään tehoanalyysointia sekä analysoida ja tulkitsemaan sen tuottamia mittaustuloksia. Tähän tavoitteeseen päästiin kohtuullisesti. Mittauksia suorittaessani en tiennyt tekeväni opinnäytetyötä kyseisestä aiheesta, vaan mittaukset suoritettiin omaa mielenkiintoa ja sähkösanerauksen laadun parantamista varten. Tehoanalyysointia käytöstä ja mittaustulosten analysoinnista opin raporttia tehdessä paljon. Jatkossa osaan suorittaa mittaukset sähkönlaadun analysoinnin kannalta huomattavasti paremmin ja analysoida mittaustulokset paremmin.

Lähteet

SFS-EN 50160:2010 Standardi. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Suomen Standardisoimisliitto.

ST 52.51.04 Sähkönlaatu. Vinokuormitus, nollajodin ja transienttiylijännitteet. Sähköinfo Oy.

ABB Tekninen opas Nro 6.

ABB:n TTT-Käsikirja 2000-7.

Fluke 434 II / 435 II / 437II. Ohjekirja.

ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Sähköinfo Oy.

133/2020 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latapistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Verkkoaineisto. Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733>> Luettu 02.04.2021.

