

Juho Jääskeläinen

Suuren työmaan käyttöönottotarkastussuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

9.5.2015

Tekijä Otsikko	Juho Jääskeläinen Suuren työmaan käyttöönottotarkastussuunnitelma
Sivumäärä Aika	27 sivua 9.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarno Nurmio sähkötöiden johtaja, dipl.ins. Jani Aunola
<p>Insinööriyössä suunniteltiin sähköasennusten käyttöönottotarkastus suurelle laboratorio-työmaalle. Työn tavoite oli tehdä selkeä opas käyttöönottotarkastuksiin ja suunnitella tarkastusten kulku työmaalla.</p> <p>Työssä mietittiin käyttöönottotarkastusten organisoiminen ja sitä, mitä pitää ottaa huomioon ennen tarkastusten aloittamista. Käyttöönottotarkastuksiin kuuluvat tarkastukset käytiin yksitellen läpi. Tarkastuksiin kuuluvat aistinvaraiset tarkastukset, mittaukset ja toiminnalliset kokeet. Työssä keskityttiin mittauksien ja toiminnallisten kokeiden yksityiskohtaiseen läpikäymiseen, sekä mittauksissa havaittujen vikojen etsimiseen. Sähkötyöturvallisuus on tärkeä osa käyttöönottotarkastuksia ja toimintatavat on mietitty turvallisuuslähtöisesti.</p> <p>Työ helpottaa uusien tarkastajien opettamista tarkastuksiin ja toimii tukena tarkastusten aikana. Työstä on kokeneenkin mittaajan helppo kerrata tarkastusten kulku. Työ on helposti muokattavissa yrityksen seuraaviin kohteisiin käyttöönottotarkastussuunnitelmaksi.</p>	
Avainsanat	Mittaus, käyttöönottotarkastus

Author Title Number of Pages Date	Juho Jääskeläinen Commissioning Plan for a very Large Construction Site 27 pages 9 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jarno Nurmio Senior Lecturer Jani Aunola, M.Sc., Manager of electrical work
<p>Electrical installations' commissioning for a very large laboratory construction site was designed in this thesis. The objective of the thesis was to make a clear guide for commissioning and plan the progress of inspections.</p> <p>The thesis considers how to organize commissioning and what needs to be taken into consideration before starting inspection. Inspections that are included in the commissioning are gone through one by one. Inspections include visual inspections, electrical measurements and functional tests. This thesis was focused on detailed clarification of measurements and functional tests and also finding the failures found in measurements. Electrical safety is an important part of commissioning and procedures have security orientation.</p> <p>The thesis simplifies the teaching of new inspectors and works as a support during inspections. It is easy even for experienced measurer to revise the progress of inspections from the thesis. The thesis is easily customizable for next projects.</p>	
Keywords	Electrical measurement, commissioning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käyttöönottotarkastussuunnitelma	1
3	Sähkötyöturvallisuus	1
4	Tarkastusten organisointi	3
4.1	Miten, milloin ja kuka tarkastukset tekee?	3
4.2	Tarkastuksiin perehdytys ja mittauksien kontrollointi	4
4.3	Tarkastuksissa tarvittavat kuvat	5
4.4	Dokumentointi	5
4.5	Puutteiden korjaus ja korjausten tarkastus	7
4.6	Mittalaite	8
4.7	Aliurakoitsijoiden tarkastusvelvoitteet	9
5	Käyttöönottotarkastukset	9
6	Aistinvaraiset tarkastukset	9
7	Mittaukset ja toiminnalliset kokeet	11
7.1.1	Suojajohtimen jatkuvuus	12
7.1.2	Eristysresistanssin mittaus TN-S-järjestelmässä	13
7.1.3	SELV- ja PELV-piirien ja sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssi	17
7.1.4	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus	19
7.1.5	Maadoituselektrodin mittaus	22
7.1.6	Vikavirtasuojan toiminnan testaus ja mittaus	22
7.1.7	Napaisuus	24
7.1.8	Kiertosuunta	24
7.1.9	Jännitteenalenema	24
7.1.10	Toimintatestit	25
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	27
	Liitteet	

Lyhenteet

HUS	Helsingin ja Uudenmaan Sairaanhoidopiiri
LAB	Laboratorio
PE	Protective Earth; maadoitukseen käytetty suojajohdin TN-S-järjestelmässä
PEN	Protective Earth and Neutral; yhteinen nolla- ja suojajohdin
DC	Direct Current; tasavirran lyhenne
SELV	Safety Extra Low Voltage; pienoisjännitejärjestelmä, jota ei ole maadoitettu
PELV	Protective Extra Low Voltage; pienoisjännitejärjestelmä, jonka jännitteelle alttiit osat voivat olla maadoitettu
TN-S	Terra Neutral-Separated; järjestelmässä on erillinen suoja- ja nollajohdin
IV	Ilmanvaihto

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on käyttöönottotarkastussuunnitelma Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin uuteen laboratoriorakennukseen. Kohde on uudisrakennus Helsingin Meilahdessa. Työssä keskitytään tarkastusten organisoimiseen, sähkötyöturvallisuuden ja mittauksien suorittamiseen. Aistinvaraiset tarkastukset käydään lyhyesti läpi.

Työ on tehty Quattroservices Oy:lle, joka toimii sähköprojektinjohtourakoitsijana kohteessa. Työn tarkoitus on nopeuttaa käyttöönottotarkastuksia miettimällä tarkastusten ja mittausten kulku etukäteen ja pohtia mahdollisia ongelmatilanteita, joita tarkastaessa voi tulla vastaan.

Insinööriyön tekeminen aiheesta on myös hyvä tapa syventyä käyttöönottotarkastuksiin, ennen varsinaisten mittausten ja tarkastusten aloittamista.

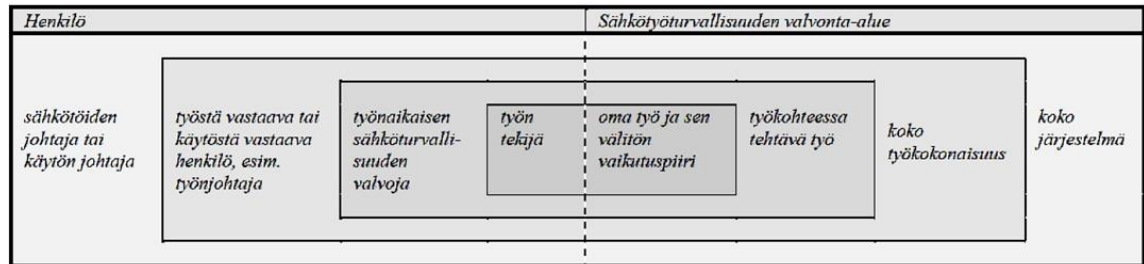
2 Käyttöönottotarkastussuunnitelma

Käyttöönottotarkastussuunnitelman on tarkoitus helpottaa tarkastusten organisoimista ja tekemistä työmaalla. Suunnitelmassa pohditaan ongelmatilanteita ja huomioon otettavia asioita etukäteen, jotta varsinaisessa mittaustapahtumassa ei aikaa kuluisi vian etsimistävän pohtimiseen, vaan toimintatavat ovat esitettynä valmiiksi suunnitelmassa. Suunnitelma koostuu tarkastusten organisoimisesta, aistinvaraisista tarkastuksista ja mittauksista, sekä toiminnallisista kokeista. Tämä kyseinen käyttöönottotarkastussuunnitelma on tehty HUSLAB-työmaata varten, mutta suunnitelma on helppo muokata myös muille työmaille. Työssä on keskitytty ensisijaisesti tarkastusten organisoimiseen ja mittauksiin.

3 Sähkötyöturvallisuus

Sähkötyöturvallisuus on erittäin tärkeässä osassa laitteiston käyttöönotossa, koska laitteistoa testataan ensimmäistä kertaa ja alueella on yleensä muita työntekijöitä töissä mahdollisesti keskeneräisten asennusten lähellä, varsinkin jos otetaan keskeneräistä laitteistoa käyttöön esimerkiksi valaistuksen osalta.

Itsenäisesti käyttöönottotarkastuksissa suoritettavia mittauksia saavat tehdä vain sähköalan ammattihenkilöt, jotka ovat opastettuja mittauksien suorittamiseen. Mittauksien ajaksi on määriteltävä sähkötyöturvallisuudesta vastaava henkilö. Yksin mittauksia suorittava on itse sähkötyöturvallisuudesta vastaava henkilö. Mittauksia suorittavasta työryhmästä on valittava etukäteen yksi henkilö vastaamaan sähkötyöturvallisuudesta. (kuva 1.) Jokainen henkilö on kuitenkin velvoitettu puuttumaan turvallisuutta heikentäviin asioihin. [2, s. 348.]



Kuva 1. Sähkötyöturvallisuuden valvonta-alue. [1, s. 89]

Ennen mittausten aloittamista on sähkötyöturvallisuudesta vastaavan henkilön varmistuttava, että jännitteettömiä mittauksia varten laitteisto on jännitteetön. Mitattava laitteisto on aina mitattava ensin jännitteenkoettimella, jotta voidaan varmistua jännitteettömyydestä. Jännitteen kytkentä mitattavaan kohteeseen on estettävä esimerkiksi pääkytkimeen asennettavan lukon avulla. Mittausten aikana on hyvä käyttää kylttejä, joista ilmenee, että mittaus on käynnissä, koska ulkopuoliset alkavat herkästi etsimään syitä sähkökatkoon ja saattavat laittaa sähköt takaisin päälle. Yleensä kaikki alueella työskentelevät tarvitsevat sähköä valaistusta tai työkoneita varten. Mittausten vaatimasta sähkökatkosta on täten hyvä ilmoittaa etukäteen työmaan johdolle, jotta sähkötarpeeseen pystytään reagoimaan. [2, s. 348.]

Turvallisuudesta vastaavan henkilön tulee huolehtia mittalaitteiden kunnosta ja että mittaukseen käytetään vain turvallisia mittalaitteita. [2, s. 348.]

Turvallisuudesta vastaavan on varmistuttava, että mitattaessa ei ole vaaraa koskettaa jännitteisiä osia ja että mittaustavat ovat turvallisia, eikä mittaustavojen aiheuteta oiko- tai maasulkua. Sähköä syöttömitattavaan keskukseseen on hyvä katkaista keskusta syöttävän johdon katkaisijasta, jotta edes syöttöjohdon riviliittimillä ei ole mitattavassa keskuksessa jännitettä. Mitattavan keskuksen pääkytkimen ollessa kolminapainen on nollan irrottaminen jännite lähityötä, jos pääkytkimen riviliittimissä on jännite. [2, s. 348.]

Mittauksista ei saa aiheutua vaaraa muille. Eristysvastusmittauksissa käytettävä jännite on yleensä 500V DC ja mittausvirta oltava minimissään 1 mA. Mittauksesta on ilmoitettava työryhmälle, jotta voidaan välttyä sähköiskuilta. Keskeneräiset ryhmät on käytävä aistinvaraisesti läpi ennen mittausten aloittamista ja lukittava keskeneräiset ryhmät. Sähköiskun saaminen esimerkiksi tikkailla työskennellessä on erittäin vaarallista. Eristysresistanssin mittauksen jälkeen johtimeen koskeminen saattaa aiheuttaa sähköiskun vielä jonkin aikaa mittauksen jälkeen. Varsinkin paksut syöttöjohdot varautuvat pitkäkestoisista mittauksista. [2, s. 348.]

4 Tarkastusten organisointi

Tarkastusten organisointi ja asioiden etukäteen suunnittelu auttaa työn suorittamisessa, varsinkin kun kyseessä on suuri työmaa ja tarkastettavaa riittää useiksi kuukausiksi, töiden valmistuttua portaittain. On tärkeää, että asennukset saadaan tarkastettua ennen väliluovutuksia, jotta luovutukselle ei tule viivästyksiä ja että tarkastuksissa syntyneisiin ongelmiin ehditään puuttua riittävän ajoissa.

4.1 Miten, milloin ja kuka tarkastukset tekee?

Käyttöönottotarkastukset tehdään SFS 6000 -standardisarjan mukaisesti. Tarkastukset suoritetaan hyvissä ajoin sitä mukaa, kun keskusalueet valmistuvat. Usein käyttöönottotarkastukset suoritetaan vasta työmaan valmistumisen yhteydessä, mutta koska kyseessä on suuri, yli 120 sähkökeskusta sisältävä kokonaisuus, niin tarkastuksia on tehtävä pitkin rakentamisvaihetta. Jännitteettömät mittaukset ja aistinvaraiset tarkastukset tehdään niille keskusalueille, missä työt ovat valmiit ennen sähkönjakeluverkkoon liittymistä. Käytännössä edellä mainitut toimenpiteet vievät eniten aikaa kohteen tarkastamisessa, joten on hyvä hyödyntää aika ennen lopullista sähkönjakelua, ettei työmaan loppua kohti tule kohtuuton kiire.

Mittaukset aloitetaan IV-konehuoneista ja muista teknisistä tiloista, joihin täytyy saada sähkö ensimmäisenä käyttökokeita varten. Mittauksia jatketaan konehuoneiden jälkeen muihin tiloihin. Yleensä lopullinen valaistus halutaan päälle, vaikka työmaa olisi muuten kesken. Tällaisissa tapauksissa on oltava tarkkana, että sähkönjakelu rajataan vain haluttuun ryhmään ja työ alueella on turvallista. Yksittäisten asennusten käyttöö-

otosta kannattaa sopia tilaajan kanssa etukäteen, koska keskusalueiden osittainen tarkastaminen useaan kertaan syö resursseja verrattuna täysin valmiin keskusalueen tarkastamiseen. Onkin järkevää toteuttaa käyttöönottotarkastukset mahdollisuuksien mukaan vasta täysin valmiille keskusalueelle, jotta välttyään saman keskuksen mo-
neen kertaan tarkastamiselta.

Tällä työmaalla koko keskusalueen kattavat tarkastukset suorittavat projektihoitajat. Urakkatyöryhmä suorittaa lämmityskaapeleiden eristysvastus- ja resistanssimittaukset, sekä kaikki nousujohtojen mittaukset pääkeskuksilta, nousukeskuksilta ja virranottimilta. Urakkatyöryhmä tekee työehtosopimuksen mukaiset mittaukset esimerkiksi schukotesterillä, mutta ne eivät ole standardin mukaan päteviä käyttöönottomittauksia. [3, s. 353.]

Moni rakennuksen alue on tehty kopioimalla yhtä aluetta useaan paikkaan, tällöin saman henkilön kannattaa mitata samanlaiset paikat, jolloin alue on tullut tutuksi jo aikaisemmin. Myös puutteiden uudelleen tarkastukset kannattaa tehdä saman henkilön, joka on puutteet kirjannut, jotta minimoidaan ylimääräisen selvitystyön tekeminen. Mittaajia tarvitaan keskuksien lukumäärän vuoksi useampi. Näin ollen on sovittava, kuka mittaa minkä alueen ja milloin. Työmaan yleinen aikataulu määrää järjestyksen, milloin sähkötöiden on oltava valmiit ja luovutuskunnossa.

4.2 Tarkastuksiin perehdytys ja mittauksien kontrollointi

Ennen tarkastuksien aloittamista on tarkastajien perehdyttävä mittarin toimintaan ja käyttöohjeeseen, mittaustekniikoihin ja tarkastustapoihin, sähkötyöturvallisuuteen ja kohteeseen yhdessä ammattitaitoisen henkilön kanssa, joka on tehnyt lähiaikoina käyttöönottotarkastuksia. Työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden valvojan on varmistuttava, että kaikki tarkastajat ovat päteviä toteuttamaan mittauksia. On hyvä suorittaa riittävän monta mallisuoritusta tarkastuksista, jotta jokainen tarkastaja saa tarvittavan osaamisen itsenäiseen työskentelyyn. Piirustuksiin ja alueeseen tutustuminen asennukset toteuttaneen asentajan kanssa helpottaa asennusten löytämistä esimerkiksi alakaton yläpuolelta ja myös mahdollisten suunnitelmista poikkeavien asennusten löytämistä.

4.3 Tarkastuksissa tarvittavat kuvat

Käyttöönottotarkastusta tekevien henkilöiden käyttöön on annettava kuvat, joista selviää erityisesti seuraavat asiat [3, s. 353]:

- virtapiirien laji ja rakenne (kulutuspisteiden sijainti, johtimien lukumäärä ja koko, johtolaji, johtojen tyypit), sekä
- tiedot, joiden avulla suoja suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja niiden sijainti voidaan tunnistaa.

Dokumenttien tulee sisältää seuraavat yksityiskohtaiset tiedot, siltä osin kuin ne ovat tarpeen kussakin asennuksessa:

- johtimien tyypit ja poikkipinnat
- virtapiirien pituudet, joita tarvitaan suojausta tai jännitteenalennusta koskevien laskelmien tekemiseen (yleensä riittää mitoituksessa käytetyt maksimipituudet)
- suojalaitteiden lajit ja tyypit
- suojalaitteiden mitoitusvirrat tai asetellut
- prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt [4, s. 193.]

Tarkastajan täytyy varmistaa asiakirjaluettelosta, että käytössä on uusin revisio kaikista kuvista. Kohde on suunnittelulle haastava, ja uusia revisioita saattaa tulla päivittäin. Jos uusinta kuvaa ei tarkastuksissa käytetä, saattaa jäädä uusia asennuksia tarkastamatta ja tästä koitua vaaratilanteita laitteiston käyttöönotossa. Asentajilta on saatava myös punakynäkuvat tarkastuksia varten, joista ilmenee suunnitelmista poikkeavalla tavalla tehdyt asennukset. Punakynäversiot on saatettava suunnittelun tietoon, jotta he voivat päivittää lopullisiin kuviin oikeat asennustiedot.

4.4 Dokumentointi

Käyttöönottotarkastuksista on tehtävä käyttöönottotarkastuspöytäkirja, jonka kopio annetaan työn tilaajalle työn luovutuksessa. Ennen luovutusta on mittauksissa havaitut puutteet korjattava ja dokumentoitava uudet mittaukselliset tulokset pöytäkirjaan. Pöytäkirjan pitää sisältää seuraavat tiedot:

- laitteiston yksilöintitiedot
- urakoitsijan ja sähkötöiden johtajan yhteystiedot
- tarkastuksien tulokset
- täyttääkö asennus standardin ja säännösten vaatimukset
- tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset [3, s. 361.]

Yrityksellä on oma asiakirjapohja käyttöönottotarkastuspöytäkirjan etusivulle, josta ilmenee standardin vaatimat, yllä mainitut, sähkölaitteiston yleiset tiedot.

Mittauspöytäkirjaan merkitään seuraavat testaustulokset keskuskohtaisesti:

- eristysvastusmittaukset asennuksille, SELV- ja PELV-järjestelmille, sähköisen erotuksen asennukset ja kytkinlaitteiden takaisille asennuksille
- suojajohtimen jatkuvuusmittauksista suurin tulos jokaiselta keskusalueelta, sekä toteamus vaatimusten täyttymisestä
- oikosulkuvirta epäedullisimmasta pisteestä jokaiselle erityyppiselle johdon-suojalle
- kaikkien vikavirtasuojien toimintavirrat ja käyttäessä suojaa syötön automaattiseen poiskytkentään, myös toiminta-ajat
- kiertosuunta
- laitevalmiit valmistajan edellyttämät mittaukset erillisille laitteille [3, s. 361.]

Ennen tarkastusten aloittamista tehdään valmiit kansiot, joissa on oma välilehti jokaisen keskuksen tarkastusasiakirjoille. Jokaiselle keskukselle täytetään seuraavat asia-

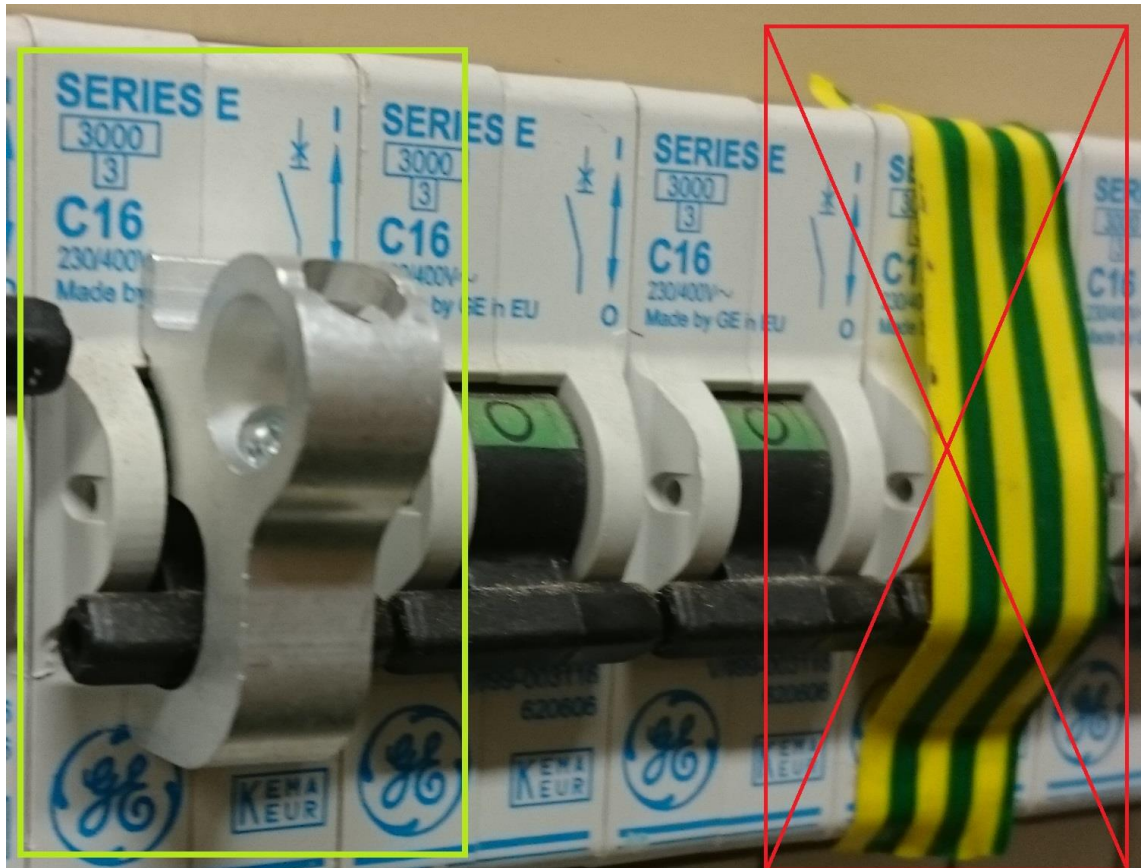
kirjat, joihin yrityksellä on valmiit omat pohjat, jotka on linkitetty tarkastussuunnitelmaan:

- aistinvarainen tarkastus
- mittauspöytäkirja
- vikavirtasuojamittaukset
- käytetyt mittalaitteet.

4.5 Puutteiden korjaus ja korjausten tarkastus

Käyttöönottotarkastusta tehdessä on täytettävä puutelistaa samalla, kun tarkastus etenee. Puutelistaan merkitään kaikki huomioidut puutteet asennuksissa. Puutteet merkitään puutelistan lisäksi myös tarkastuspöytäkirjoihin, sekä tasokuvaan puutteen paikantamisen helpottamiseksi. Puutelistasta teipataan keskuksen kanteen ja kopio laitetaan tarkastuskansioon. Työtä suorittavaa ryhmää informoidaan puutteista, korjaustavasta ja korjausaikataulusta.

Tehdessä tarkastusta keskusalueella on käytävä kaikki sähköpisteet läpi aistinvaraisesti ja merkittävät asennuksissa havaitut puutteet edellä mainitulla tavalla. Keskeneneräisiin ryhmiin ei saa kytkeä sähköä, ja johdonsuojakatkaisimet on lukittava johdonsuojalukoilla tai otettava sulakepohjat ja sulakkeet irti sulakelähdöistä, sekä merkittävä ryhmä keskeneräiseksi. Pelkkä teippaus keskeneräisen ryhmän suojan päälle on yleinen käytäntö työmailla, mutta se ei riitä, sillä sen saattaa joku kytkeä päälle ja aiheuttaa näin hengenvaaran. (kuva 2.) Keskeneräisen ryhmän voi myös irrottaa keskuksella riviliittimestä ja päättää se irtoliittimeen ja laittaa liitin telineeseen, jotta se ei pääse koskettamaan jännitteisiä osia. Keskeneräisen ryhmän rasiointi kentällä on yksi tapa suojata johtimet, jotta niihin ei voi koskea, jos ne jostain syystä tulevat jännitteisiksi.



Kuva 2. Johdonsuojalukon käyttö.

Puutteen korjaaja kuittaa puutteen kuitatuksi puutelistaan, minkä jälkeen käyttöönotto-tarkastaja käy tarkastamassa tai testaamassa kohteen uudelleen ja kuittaa puutteen korjatuksi, sekä merkitsee uuden testaustuloksen tarkastuspöytäkirjaan. Eristysvas-tusmittaus voidaan tehdä pelkästään korjatulle tai puuttuneelle ryhmälle irrottamalla se keskuksen riviliittimestä, eikä mittausta tarvitse näin ollen tehdä koko keskukselle uu-delleen.

4.6 Mittalaite

Mittalaite on oltava EN 61557 -standardisarjan mukainen. Jos käytetään muita mittalait-teita, on niiden oltava ominaisuuksiltaan ja turvallisuustasoltaan vähintään yhtä hyviä kuin on standardissa mainittu [3, s. 354.]

Mittalaite tulee olla kalibroitu asiakkaan näin vaatiessa, tosin standardi EN 61557 ja SFS 6000 ei edellytä mittalaitteen kalibroitua määrävälein.

Tarkastussuunnitelmaan on linkitetty käytössä olevien mittareiden käyttöohjeet, jotta ne on helppo löytää yrityksen verkkolevytä.

4.7 Aliurakoitsijoiden tarkastusveloitteet

Aliurakoitsijat, jotka asentavat kiinteitä kokonaisuuksia, kuten virtakiskot, kiskosillat, keskijännitekojeiston ja muuntajat, toimittavat tarvittavat mittauspöytäkirjat sähköurakoitsijalle.

Aliurakoitsijan tarkastusvelvollisuuksista on hyvä sopia jo työtä tilattaessa, jotta tarkastukset hoidetaan asianmukaisesti.

5 Käyttöönottotarkastukset

Käyttöönottotarkastus tehdään kaikille sähköasennuksille asennuksen aikana ja/tai sen valmistuttua ennen kuin se otetaan käyttöön. Käyttöönottotarkastuksella laitteiston rakentaja varmistaa, että kaikki asennukset on tehty määräysten mukaisesti ja laitteisto on turvallinen. Tarkastuksia tehdessä on vertailtava tarkastuksen tuloksia ja standardin vaatimuksia keskenään.

Käyttöönottotarkastuksiin kuuluu aistinvaraiset tarkastukset, sekä mittaukset ja toiminnalliset kokeet. Ensin tehdään aistinvaraiset tarkastukset ja jännitteettömät mittaukset ja niiden ollessa kunnossa siirrytään jännitteellisiin mittauksiin ja toiminnallisiin kokeisiin. [3, s. 353.]

6 Aistinvaraiset tarkastukset

Ennen mittauksia ja toiminnallisia kokeita on tehtävä aistinvaraiset tarkastukset. Aistinvaraisia tarkastuksia tehdään jatkuvasti asennustöiden edetessä. Tarkastukseen kuuluu myös suunnitelmiin kriittisesti suhtautuminen. Asennuksia ja kytkentöjä on käytännössä mahdoton käydä täysin läpi rakennuksen valmistuttua, kun alakatot, väliseinät ja muut rakenteet ovat menneet umpeen. Suurella työmaalla on työnjohdon ja valvojan

käytävä kiertämässä asennuksia läpi päivittäin, jotta mahdolliset väärät asennustavat tulevat ajoissa esiin.

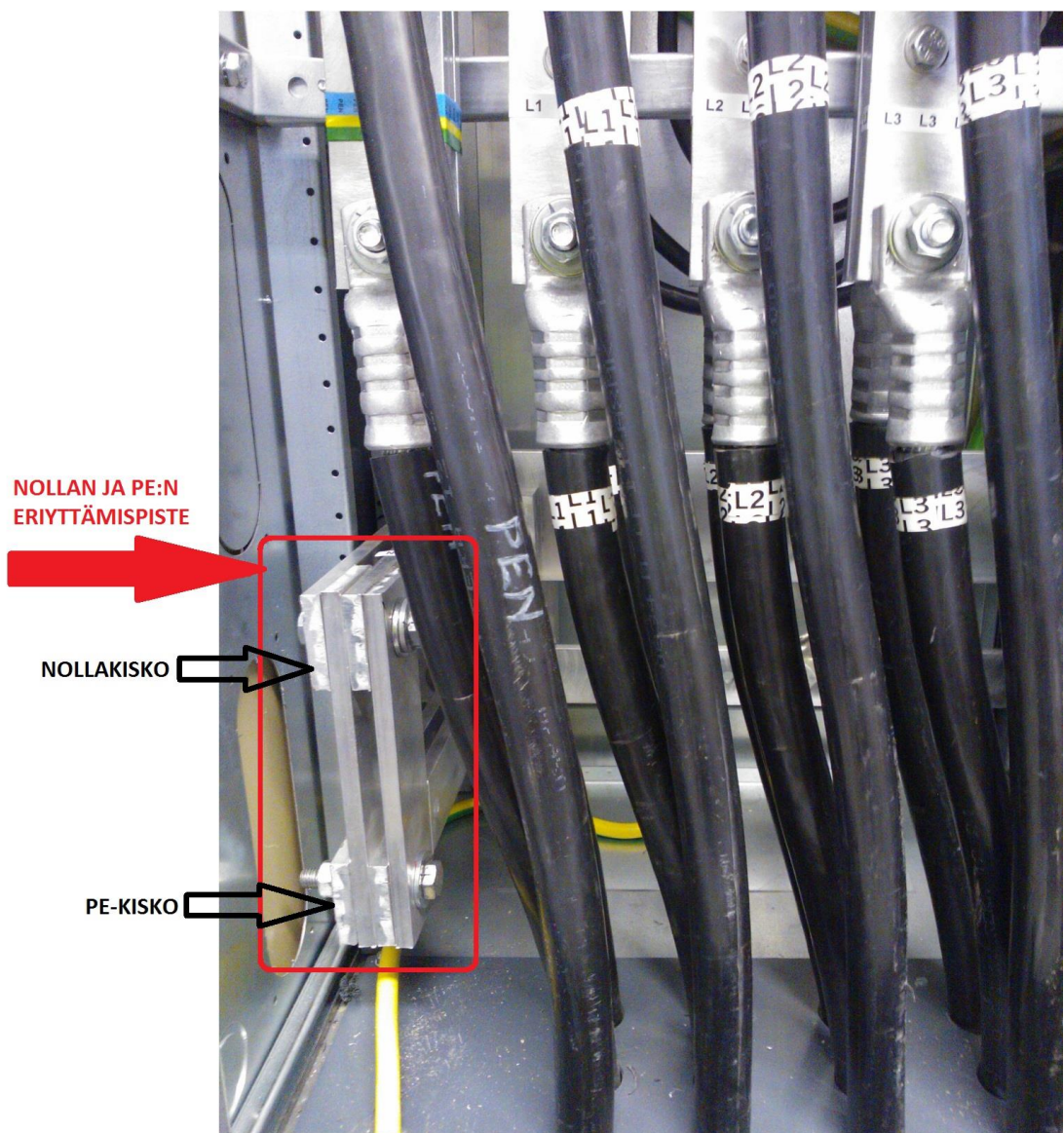
Ennen kohteen luovuttamista on varmistuttava, että kaikki asennukset on saatettu loppuun ja suunnitellut sähköpisteet löytyvät niille kuuluvilta paikoilta. Tasokuvien kanssa kierretään mitattava alue läpi ja merkitään kuvaan löydetyt asennukset. Tämän tyyppisellä oman työn tarkastuksella saadaan hyvä näkemys mitattavasta alueesta ja voidaan varmistua, että sovitut asennukset on myös suoritettu. Kuvaan on hyvä merkitä tarkastuksessa löytyneitä puutteita, jotta virheiden korjaajan on helpompi löytää ne.

SFS 6000 -standardin vaatimat aistinvaraiset tarkastukset, silloin kun ne ovat relevantteja:

- sähköiskuilta suojaukseen käytetyt menetelmät
- palosuojauksen toteutuminen ja palon leviämisen estäminen
- johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutusten mukaan
- nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksot
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- piirrustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- johtimien liitosten sopivuus
- suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila [3, s. 354.]

7 Mittaukset ja toiminnalliset kokeet

Kun aistinvaraisesti on tarkastettu, että laitteisto on määräysten mukainen, voidaan aloittaa mittaukset ja toiminnalliset kokeet. Mittaukset voidaan jakaa kahteen osaan: jännitteettömiin ja jännitteellisiin mittauksiin. Ennen siirtymistä jännitteellisiin mittauksiin on jännitteettömät mittaukset mentävä hyväksytysti läpi. Standardi suosittelee tekemään mittaukset samassa järjestyksessä kuin ne on työssä esitelty. On kuitenkin perusteltua tehdä eristysresistanssin mittaus ennen suojajohtimen jatkuvuusmittausta, jotta saadaan selville, ettei nolla- ja suojajohdin ole kytkettynä yhteen missään asennuksen osassa. TN-S-järjestelmässä nolla ja suojajohdin eivät saa olla yhdessä PEN-erotuksen jälkeen (kuva 3). [5.]



Kuva 3. Esimerkki pääkeskuksen PE- ja N- erotuksesta TN-S-järjestelmässä.

7.1.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Kaikkien suoja- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus on tarkastettava mittaamalla suojajohtimien resistanssi, jotta voidaan varmistua vikasuojauksen toimivuudesta [3, s. 355].

Jotta voidaan varmistua, että kaikki suojajohdinyhteydet ovat yhteydessä maadoituselektrodiin, on hyvä aloittaa mittaus päämaadoituskiskolta ja mitata säteittäin, että kaikki keskuksat ja potentiaalintasauskiskot ovat yhteydessä toisiinsa. Tämän jälkeen voidaan siirtyä keskuskohtaiseen mittaamiseen.

Aloitettaessa mittaamaan keskusaluetta on pääkytkimen oltava auki ja mittaamalla jännitemittarilla todettava keskus jännitteettömäksi. Lähtökohtaisesti keskuksella ei saa tässä vaiheessa olla jännitteitä päällä, koska tarvittavia mittauksia ei ole vielä suoritettu.

Mittaus suoritetaan keskuksen PE-kiskon ja suojajohtimeen liitetyn pistorasian, kiinteästi asennetun sähkölaitteen johtavien osien tai potentiaalintasaukseen liitetyn osan väliltä. Käytännössä kaikki valaisimet, pistorasiat, sähkölaitteiden rungot, metalliputket, IV-kanavat, kaapelihyllyt, lämmityspatterit ja muut jännitteelle alttiit osat on mitattava. Jos mittauskohde on pitkällä, voidaan käyttää hyväksi jo mitattuja ehyitä suojajohdinyhteyksiä.

Suojajohtimen sallitulle resistanssiarvolle ei ole tarkkaa määritelmää standardissa, mutta yleinen raja-arvo on noin 1Ω . Jos asennus on erityisen pitkä, voi arvo olla suurempi. Tulosta tarkastellessa on vertailtava suojajohtimen pinta-alaa ja asennuspituutta. Jos saatu arvo ei täsmää asennuksen kanssa, on poikkeama selvitettävä.

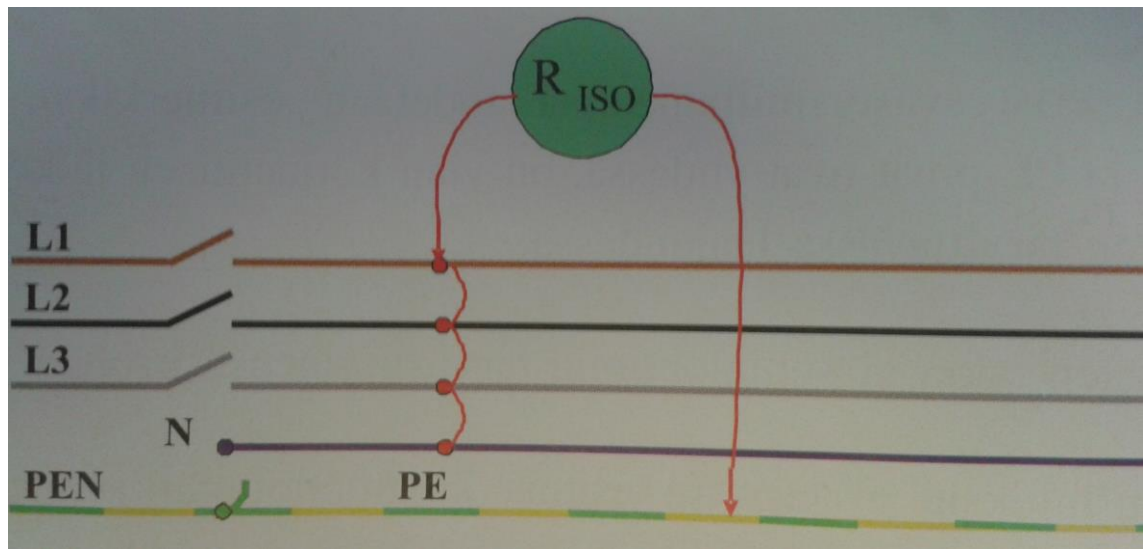
Mittauksessa käytetään apuna mittakelaa ja teleskooppisauvaa. Näiden resistanssiarvo on vähennettävä saadusta mittaustuloksesta. Useissa mittareissa on nollaus-toiminto, joka voidaan vähentää mittajohtimien resistanssin automaattisesti pois mittaustuloksesta.

Kun jatkuvuusmittaukset on tehty keskusalueella, niin tarkastuspöytäkirjaan todetaan, onko suojajohtimien jatkuvuus vaatimusten mukainen. Keskusalueen suurin mittaustulos merkitään pöytäkirjaan. Kaikkia mittaustuloksia ei tarvitse dokumentoida. [2, s. 338.]

7.1.2 Eristysresistanssin mittaus TN-S-järjestelmässä

Eristysresistanssin mittauksella selvitetään jännitteisten johtimien erilläänolo suojajohtimesta. Mittaus suoritetaan aina jännitteettömään järjestelmään ennen sen käyttöönottoa. Jännitteettömyys on todettava mittaamalla. [2, s. 339.]

Pienemmissä kohteissa koko sähköasennuksen eristysvastus voidaan mitata kerralla pääkeskukselta. HUSLAB on kuitenkin suuri kokonaisuus, ja keskuksia on mitattava jokainen erikseen, koska eristysvastusvian etsintä on käytännössä mahdotonta niin suuresta sähkölaitteistosta. Keskusalueet valmistuvat eri aikoihin ja on tarkoitus ottaa alue käyttöön sen valmistuttua, vaikka työt jollain muulla alueella olisivat kesken.



Kuva 4. Eristysresistanssinmittaus TN-S-järjestelmässä. [4, s. 340]

Eristysresistanssin mittaaminen tapahtuu jakokeskuksella yhdistämällä vaiheet ja nollan esimerkiksi keskuksen sisäisessä kiskostossa pääkytkimen jälkeen ja mittaamalla maata vasten (kuva 4). Jos vaiheita ja nollaa ei yhdistetä mittauksen ajaksi, voivat elektroniset laitteet hajota.

Eristysresistanssin mittaamisen vaiheet:

1. Laitteisto tehdään jännitteettömäksi. Avataan 4-napainen pääkytkin. Jos pääkytkin on kolminapainen, niin myös nollajohto on irrotettava, jotta nollan ja suojajohtimen erillään olo voidaan mitata. Pääkytkin on myös lukittava, jotta laitteistoa ei voida kytkeä jännitteelliseksi kesken mittauksen. Pääkeskusta mitattaes-

sa on PEN-kiskon yhdistys avattava (kuva 3). Nolla ja PE ei saa olla yhdessä missään asennuksen kohdassa PEN-yhdistyksen jälkeen.

2. Varmistetaan, että nollapiiriin ei ole kytketty jännitteisiä laitteistoja.
3. Varmistetaan jännitteettömyys mittaamalla.
4. Irrotetaan pistotulpalliset kulutuskojeet pistorasioista. Laitetaan esimerkiksi valaistusta ohjaavat kytkimet kiinni.
5. Nostetaan vikavirtasuojakytkimet ja johdonsuojakatkaisijat ON-asentoon. Laitetaan sulakkeet paikoilleen.
6. Mittausta häiritsevät laitteet tai laitteet, jotka eivät kestä mittausta, irrotetaan. Esimerkiksi verkkoanalysaattori, KWH-mittari, ylijännitesuoja tai muut elektronikkaa sisältävät laitteet.
7. Tehdään mittauskytkentä (kuva 3).
8. Testataan mittarin toiminta kytkemällä mittausjohtimet yhteen ja mittaamalla näiden välinen eristysresistanssi. Mittarin pitää tällöin näyttää 0Ω .
9. Suoritetaan eristysresistanssin mittausta. Ryhmiä ohjaavat releet on painettava pohjaan mittauksen ajaksi, jotta saadaan virtapiiri suljettua. Mittaustulos on oltava sallituissa rajoissa (kuva 5).
10. Dokumentoidaan tulos mittauspöytäkirjaan ja todetaan eristysresistanssin olevan kunnossa.
11. Poistetaan mittauskytkennät ja kytketään irrotetut johtimen takaisin. Tarkastetaan vielä silmämääräisesti, että kaikki on varmasti kunnossa. Jos esimerkiksi syöttävä nollajohdin unohdetaan kytkeä takaisin, niin kytketyt laitteet saattavat hajota. [2, s. 341.]

Taulukko 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot. [3, s. 355]

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥0,5
Enintään 500V, FELV mukaan luettuna	500	≥1,0
Yli 500V	1000	≥1,0

Asennuksen eristysresistanssi voidaan todeta olevan kunnossa, kun sallitut arvot (taulukko 1) ylittyvät. Mitattaessa arvot ovat kuitenkin yleensä huomattavasti isompia ja jos mittaustulos lähestyy 1MΩ, on syytä etsiä resistanssin alenemisen syy. [1, s. 356] Esimerkiksi jos nousujakelukiskoon on päässyt rakentamisen aikana vettä, niin eristysresistanssi saattaa laskea kohti 1MΩ.

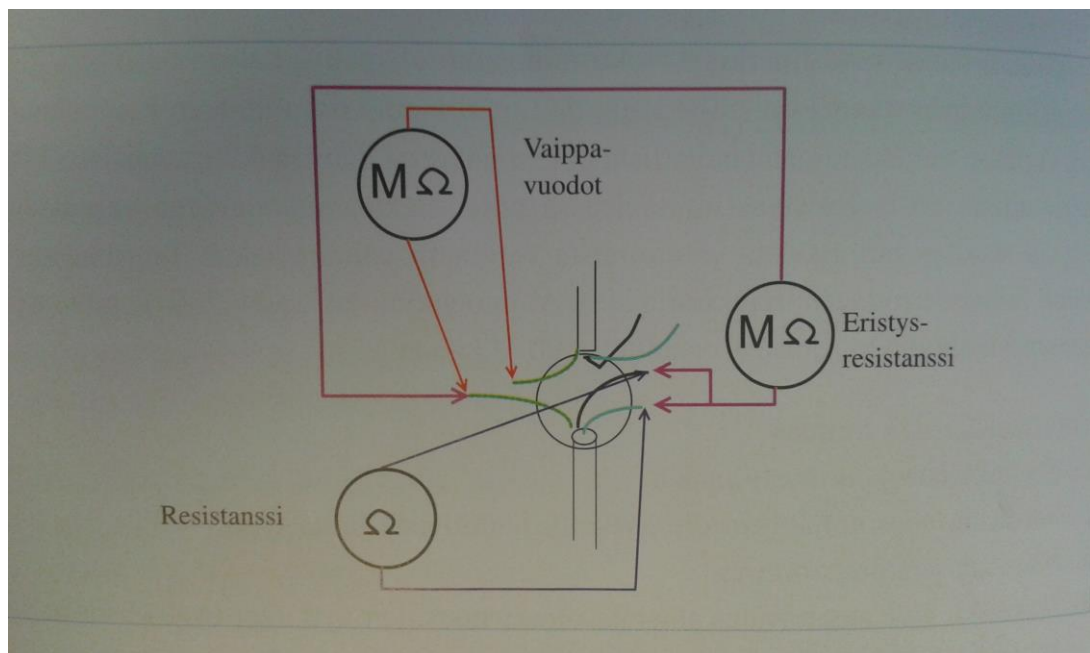
Jos mittaus ei mene läpi, on vikaa alettava etsimään. Vikaa etsiessä on hyvä laskea mittausjännite esimerkiksi 250 volttiin, koska yhtäjaksoinen 500 voltilla mittaaminen voi vaurioittaa laitteita. Kun vika löytyy, niin lopullinen mittaus taas vaaditulla jännitteellä. Vianhaku voidaan tehdä seuraavassa järjestyksessä:

1. Tarkastetaan, että keskusta syöttävät nollat katkeavat. Myös varasyötön nolla.
2. Selvitetään, onko mittausta häiritseviä laitteita kytkettynä.
3. Avataan järjestyksessä johdonsuojakatkaisijoita, samalla mitaten. Jos vika löytyy, nostetaan johdonsuojia päinvastaisessa järjestyksessä takaisin päälle edelleen mitaten. Jos vikaa ei löydy, niin vika on nollajohtimessa.
4. Avataan järjestyksessä vikavirtasuojakytkimiä, jolloin vaiheen lisäksi myös nolla katkeaa. Jos vika löytyy, nostetaan vikavirtasuojakytkimiä takaisin ylös edelleen mitaten. Jos vikaa ei löydy, niin vika on vikavirtasuojattomissa lähdoissä, esimerkiksi valaistusryhmissä.

5. Irrotetaan vikavirtasuojattoman nollakiskon kokoajajohto. Vika saadaan näin rajattua kiskon tarkkuudella. Kun oikea kisko löytyy, kiinnitetään kokoajajohto takaisin ja irrotetaan ryhmien nollia yksitellen samalla mitaten. Irrotetut nollat on hyvä merkitä, jotta tiedetään, minkä ryhmän nolla on kyseessä. Kun vika löytyy, kiinnitetään nollia järjestyksessä takaisin samalla mitaten.

Nousukaapelit mitataan erikseen heti asennuksen jälkeen, ennen kuin nollajohdin kytketään paikoilleen, koska tässä kohteessa pääkeskuksilla ja virranottimilla nousujen pääkytkimet ovat kolminapaisia ja näin ollen nollajohdin on yhteydessä maadoitusjohtimeen, eikä mene eristysvastusmittauksesta läpi. Nousujohdot mitataan kattavammin kuin muut asennukset. Mittauksessa käydään läpi jokaisen johtimen eristys toisistaan.

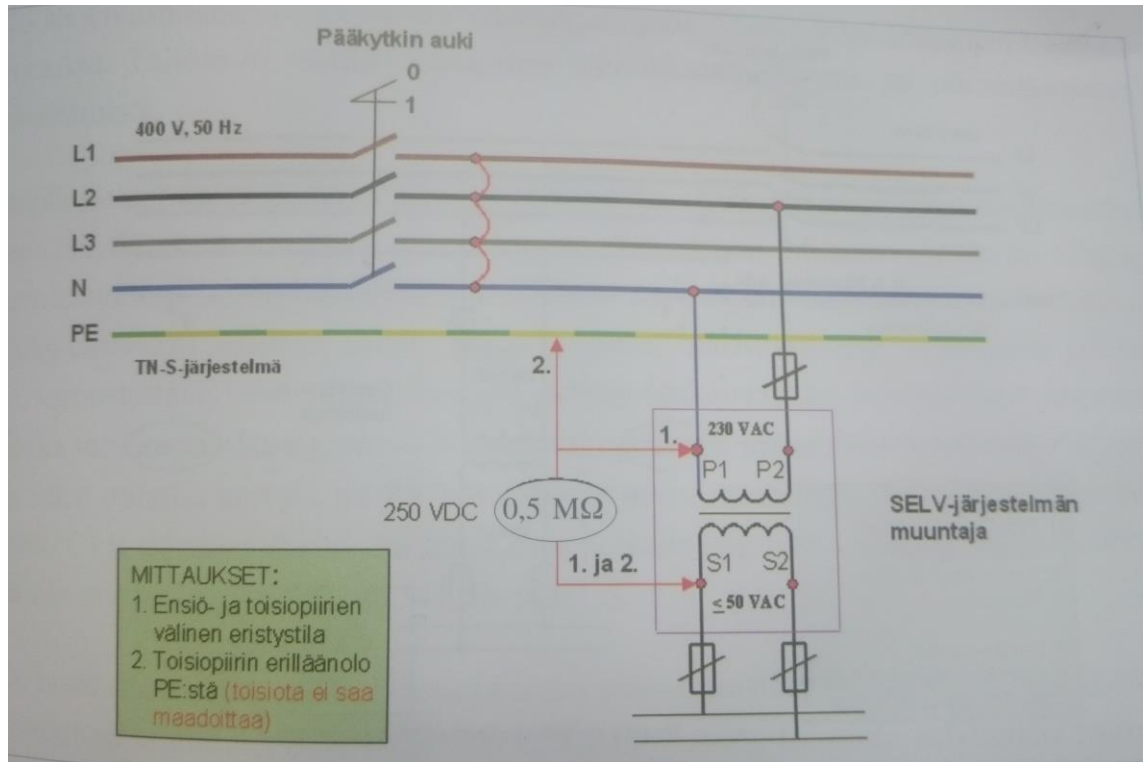
Lämmityskaapeleiden eristysresistanssi mitataan (kuva 5) ennen ja jälkeen niiden asennuksen, jotta voidaan varmistua, että kaapelit ovat ehjiä esimerkiksi valun jälkeen. Lämmityskaapeleista mitataan myös vaiheen ja nollan välinen resistanssi ja verrataan sitä valmistajan ilmoittamaan resistanssiin. Eristysvastus mitataan myös lämmityskaapelin suojavaipan ja syöttävän johdon suojajohtimen väliltä. Näin saadaan selville mahdolliset vaippavuodot.



Kuva 5. Lämmityskaapelin resistanssin ja eristysresistanssin mittaus. [2, s. 342]

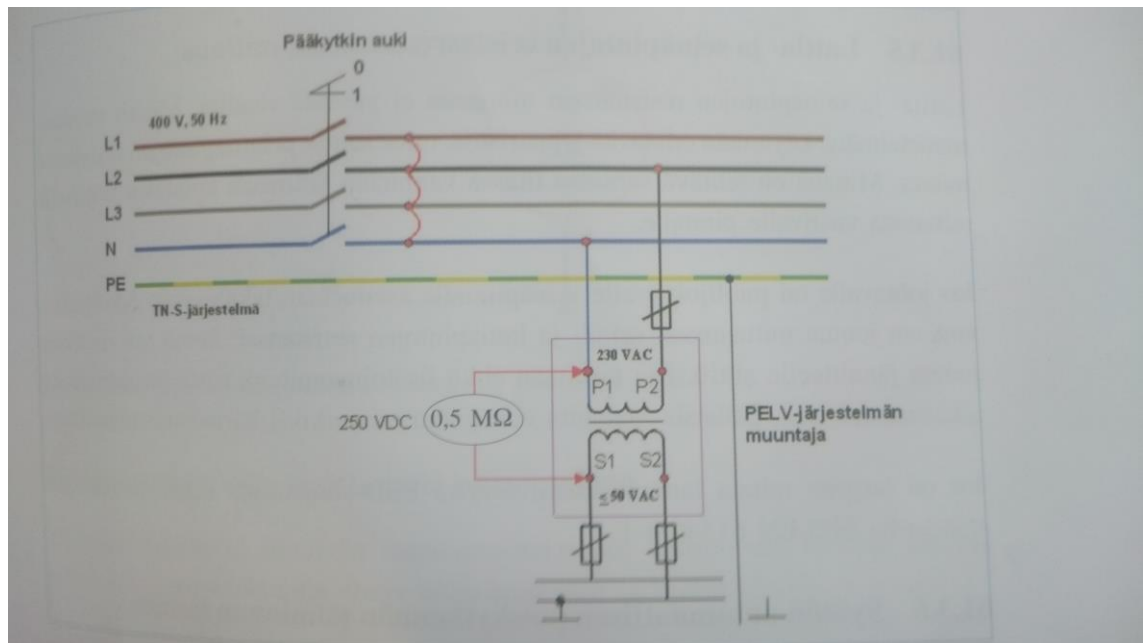
7.1.3 SELV- ja PELV-piirien ja sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssi

Asennuksen SELV ja PELV-piirien on oltava erillään suurempijännitteisistä piireistä. SELV-piireistä on mitattava eristysvastus myös maata vasten, koska SELV-piiriä ei saa maadoittaa (kuva 6). Mittaus suoritetaan 250 voltin testijännitteellä. Mittaus on hyvä suorittaa keskuksen eristysresistanssin mittauksen yhteydessä, kun jännitteiset johtimet on kytketty keskuksella yhteen.



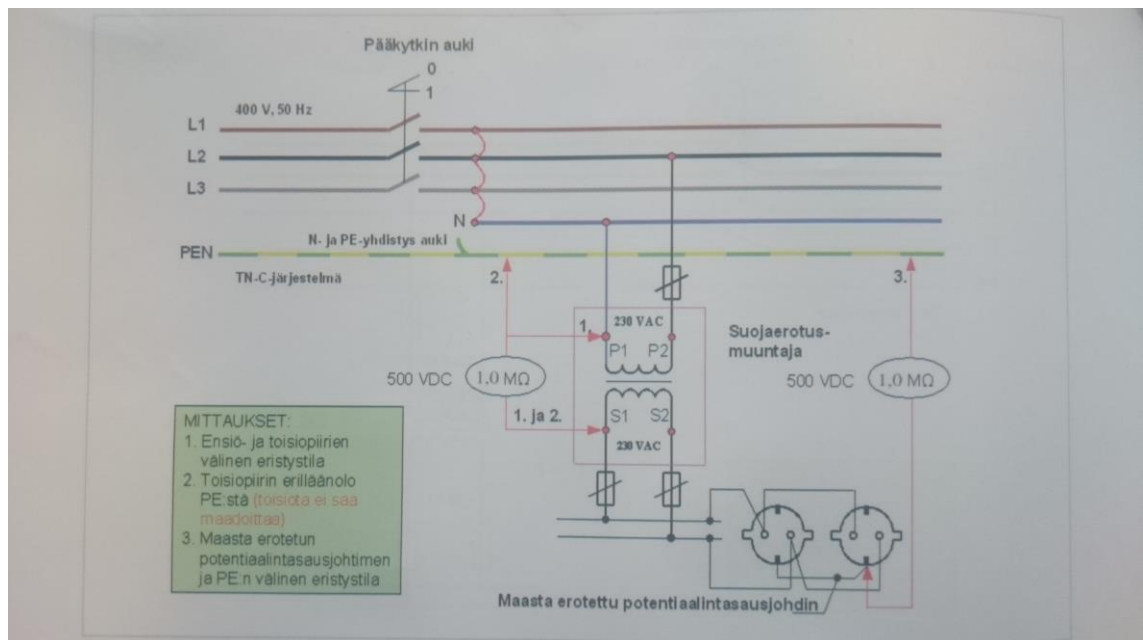
Kuva 6. SELV-piirien eristysresistanssin mittaus. [2, s. 343]

Pelv-piiri eroaa SELV-piiristä maadoituksen vuoksi. PELV-järjestelmässä laitteet maadoitetaan normaalisti (kuva 7).



Kuva 7. PELV-piirien eristysresistanssin mittaus. [2, s. 343]

Sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssin mittaus (kuva 8) suoritetaan sähköisesti erotettujen piirien ja muiden jännitteisten johtimien väliltä. Myös eristys maata vasten mitataan.



Kuva 8. Sähköisesti erotettujen piirien mittaus. [2, s. 344]

7.1.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus

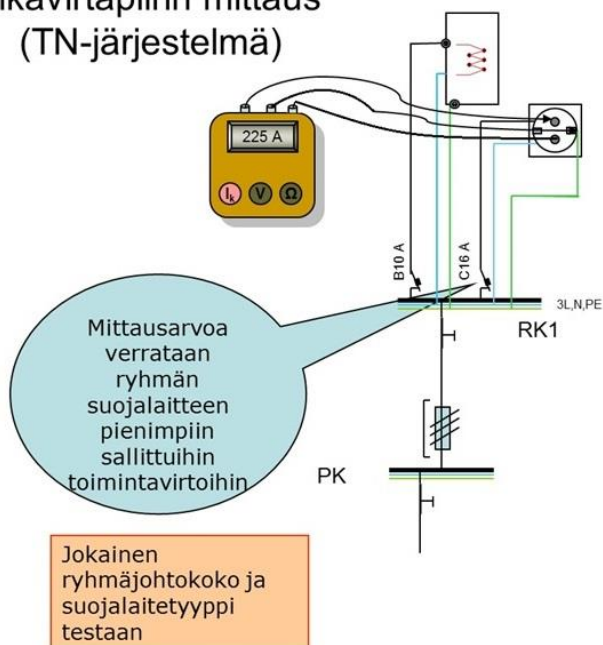
Vian sattuessa ääri- ja suojajohtimen välillä, on suojalaitteen automaattisesti katkaistava syöttö äärijohtimista. Syötön automaattinen poiskytkentä on toimittava standardin vaatimassa 0,4 s ajassa nimellisjännitteen ollessa 230 V. Viiden sekunnin poiskytkentäaika on sallittu TN-järjestelmässä vain nousujohdoille. [6, s. 92-93.]

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta on tarkasteltava, jotta voidaan varmistua vikasuojauksen toimivuudesta. Tämä voidaan tehdä mittaamalla pienimmät oikosulkuvirrat ryhmän epäedullisimmista pisteistä, eli pisimmän ryhmäjohtoon kauimmaisesta pisteestä. Täytyy ottaa huomioon, että mittaus täytyy tehdä jokaiselle erityyppiselle oikosulkusuojan takana olevalle pisimmälle ryhmälle. Oikosulkuvirran mittaaminen on jännitteellinen mittaus.

Syötön automaattinen poiskytkentä voidaan tarkastaa myös suunnittelun tekemistä suojauslaskelmista ja todeta asennuksen olevan suunnitelmien mukainen johtopituuksiltaan ja suojalaittevalinnoiltaan. Oikosulkusuojauksen toteutumistarkastelu on tehtävä jo suunnitteluvaiheessa. Myös tässä tapauksessa on hyvä tehdä mittaukset, jotta voidaan vakuuttua suunnitelmien ja toteutuksen oikeellisuudesta.

Pienimmän oikosulkuvirran mittaus suoritetaan vaiheen ja suojajohtimen väliltä (kuva 9). Mittausjohtimien resistanssi on vähennettävä mittauksesta. Mittareista löytyy yleensä mittajohtimien nollaustoiminto tätä varten. Jos ryhmälähdön edessä on vikavirtasuojakytkin, tarvitaan mittaukseen myös nollajohto, jotta vaihejohtoon kohdistuva mittausvirta palaa nollajohdinta pitkin takaisin, eikä tällöin laukaise vikavirtasuojaa. Mittareissa on usein oma mittausasento vikavirtasuojan takaa mitattaville johdoille ja ilman vikavirtasuojaa mitattaville johdoille.

Oikosulku- ja vikavirtapiirin mittaus (TN-järjestelmä)



Kuva 9. Oikosulkuvirran ja silmukkaimpedanssin mittaaminen. [7]

Todellinen oikosulun aikainen lämpötila otetaan laskennassa huomioon (+80 °C). Mittaus suoritetaan usein huoneenlämmössä ja johtoja ei kuormiteta, joten johtimien lämpötila ei vastaa todellista oikosulun aikaista lämpötilaa ja mitattu arvo on tällöin oltava 25 % suurempi kuin laskennallinen arvo. [2, s. 345.]

Mittauksessa saatua arvoa verrataan taulukon (kuva 10) vaadittu mitattu arvot sarakkeeseen, sekä suunnittelusta saatuihin oikosulkuvirtalaskelmiin. Suunnittelusta saatetaan antaa ryhmäjohtoille vain maksimipituudet, jolloin varsinaisia johdon päissä olevia oikosulkuvirtoja ei saada tietoon. Jos mitattu arvo ei jostain syystä riitä, on selvítettävä syy liian pienelle oikosulkuvirrälle. Lähtökohtaisesti suunnittelu on tarkastellut oikosulkusuojauksen toteutumisen, mutta käytännössä asennusreitit saattavat poiketa suunnitelluista reiteistä ja täten ryhmäjohtojen pituudet kasvavat. Ryhmän vetäminen lyhyempää reittiä pitkin tai lähemmältä keskukselta nostaa oikosulkuvirtaa ja saattaa ratkaista ongelman. Johdonsuojan vaihtaminen pienempään auttaa tarvittavan oikosulkuvirran saavuttamisessa, mutta pienentää ryhmän maksimikuormituksen määrää. Vaihtamalla C-tyyppin suojan B-tyyppin suojaan alentaa vaaditun oikosulkuvirran määrää.

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1 000
125	625	781,3	1 250	1 562,5

Kuva 10. Pienimmät sallitut oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille. [2, s. 93]

Keskuksen oikosulkuvirta mitataan pääkytkimen jälkeen. Mittaus suoritetaan vaiheen ja suojajohtimen väliltä. Mittaustulosta verrataan taulukon arvoihin (kuva 11) ja suunnittelusta saatuihin oikosulkulaskelmiin. Nousujohdot suojataan viiden sekunnin toiminta-ajan sulakkeilla. Mittareiden tarkkuus saattaa heitellä huomattavasti suurilla oikosulkuvirroilla, vaikka oltaisiin alle mittarin nimellisen maksimioikosulkuvirran. Tästä syystä mittaustulos ei ole välttämättä kovin luotettava ja on suositeltavaa suorittaa referenssimittauksia toisilla mittareilla. Mittarin kalibrointi on hyvä suorittaa aika ajoin, jotta voidaan varmistua mittarin toimintakunnosta.

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

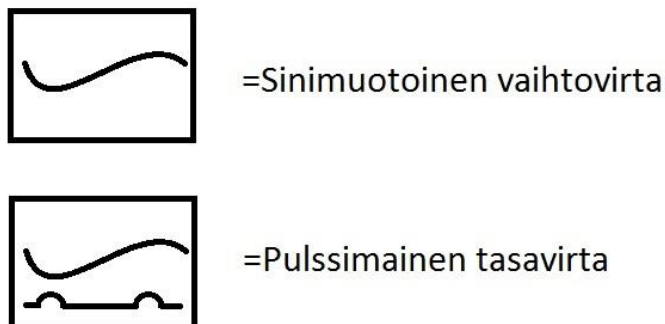
Kuva 11. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot. [2, s. 94]

7.1.5 Maadoituselektrodin mittaus

Maadoituselektrodin mittaamista ei standardi vaadi mitattavaksi TN-järjestelmässä, mutta maadoituselektrodin eheys on tarkastettava aistinvaraisesti asennusvaiheessa. [3, s. 358]

7.1.6 Vikavirtasuojan toiminnan testaus ja mittaus

Vikavirtasuojan toiminta on ensiksi testattava painamalla testipainiketta. Testinappien toiminta merkitään pöytäkirjaan kootusti kaikkien keskuksen testinappien osalta.



Kuva 12. Erityyppisten mittausvirtojen kuvakkeet. [8, s. 34]

Vikavirtasuojien toimintavirta mitataan jokaiselta vikavirtasuojalta ja dokumentoidaan yksitellen. Vikavirtasuojan toimintavirta ei saa ylittää suojan nimellisvirtaa, eikä alittaa puolta nimellisvirrasta mitattaessa sinimuotoisella vaihtovirralla. Mitattaessa pulssimaisella tasavirralla (kuva 13) testituloksella saa olla 1,4-kertainen laitteen nimellistoimintavirtaan nähden. Dokumenttiin on hyvä lisätä tieto, mitä mittausvirtaa on käytetty. Suojan toiminta mitataan joko vikavirtasuojan nimellistoimintavirralla tai nousevalla vikavirralla. Suositeltavaa on mitata nousevalla vikavirralla. [2, s. 345.]

Vikavirtasuojien toiminta-aika on mitattava, jos käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia tai olemassa olevien asennusten muutos- ja laajennustöissä, joissa olemassa olevia vikavirtasuojia käytetään muutos- ja laajennusosien poiskytkentälaitteina.

Toiminta-aika on lisäksi mitattava tapauksissa, joissa vikavirtasuoja toteuttaa vikasuojauksen, sekä lisäsuojauksen. [3, s. 359.]

Vaikka toiminta-aikaa ei ole pakko mitata kaikissa tapauksissa, niin on se varmuuden vuoksi hyvä mitata. Tilaajalta kannattaa selvittää, onko tilaajalla erityisvaatimuksia toiminta-ajan mittauksen suhteen.

Vikavirtasuojan mittaus tapahtuu suojalta eteenpäin lähtevän vaiheen ja nollan väliltä joko suojan navoista tai riviliittimeltä. Mittaukseen tarvitaan mukaan myös suojajohdin. Joillain mittareilla toimintavirran ja toiminta-ajan mittaaminen tapahtuu erillisillä testeillä,

tällöin mittauksia suoritetaan kaksi kappaletta. Molemmissa mittauksissa on mielellään käytettävä samantyyppistä mittausvirtaa.

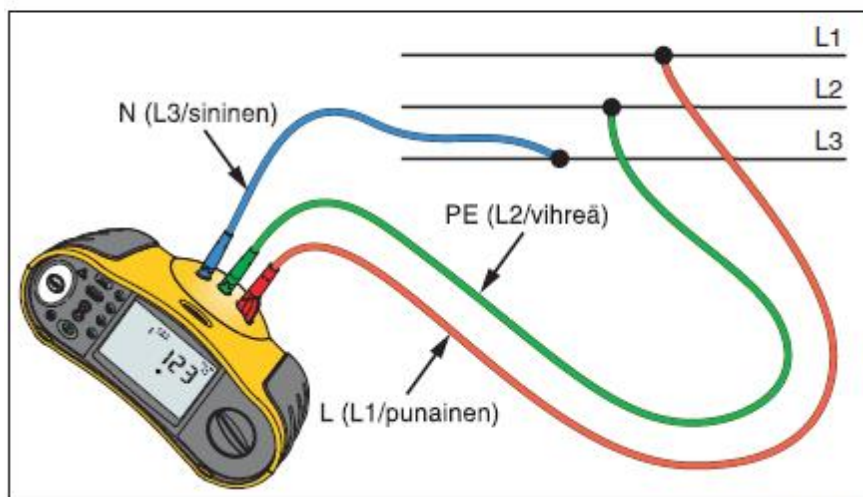
7.1.7 Napaisuus

Napaisuus tarkastetaan yksinapaisilta kytkinlaitteilta, kuten valaisinkatkaisijoilta. Kytkimeen ei saa asentaa nollajohdinta, vaan ainoastaan vaihejohdin.

Napaisuutta on työläs tarkastaa käyttöönottovaiheessa, kun kytkimien kannet ovat paikoillaan ja siksi se on helpointa tehdä asennusvaiheessa. [2, s. 346.]

7.1.8 Kiertosuunta

Verkon kiertosuunta mitataan keskuksen kiskostolta. Mittauksessa tarkastetaan, että vaihejärjestys on oikea L1->L2->L3. Fluke 165X-sarjan mittarit näyttävät 123, kun vaihejärjestys on myötäpäivään (kuva 14). Käänteinen vaihejärjestys näkyisi taas numeroina 321.



Kuva 13. Vaihejärjestyksen mittaus Fluke-käyttöönottotesterillä. [8, s. 36]

7.1.9 Jännitteenalenema

Jännitteenalenemalle ei ole virallista vaatimusta standardissa, mutta se voidaan tarkastaa mittaamalla ja todentaa laskelmilla suunnitteluvaiheessa [2, s. 347].

Mahdollisia jännitevahtien asetteluja varten on saatava suunnittelusta tai tilaajalta tiedot jännitteen ylä- ja alarajoista. Esimerkiksi turvavalaistuksen tilavahdit ovat yleensä jännitevahdin perässä, koska jos jännite putoaa alle sallitun, niin normaali valaistus ei välttämättä enää toimi.

7.1.10 Toimintatestit

Toiminnalliset kokeet tehdään kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille. Monimutkaisissa suojausjärjestelmissä, kuten usean pääkeskuksen tapauksessa HUSLAB:ssa, on hyvä tehdä ennakkosuunnitelma testauksen etenemisestä. Laitteiston käyttöönoton ja suojausten toimivuuden suorittaa tässä kohteessa laitteiston toimittaja.

8 Yhteenveto

Työssä selvitettiin standardin mukainen tapa toteuttaa käyttöönototarkastukset. Varsinainen yrityksen käyttöön tullut käyttöönototarkastussuunnitelma toteutettiin käytännönläheisestä näkökulmasta, kun taas lopullinen insinööriyöraportti on standardipainotteisempi ja sisältää yleistä pohdintaa käyttöönototarkastusten suunnittelemisesta. Työ painottui käyttöönototarkastuksen suunnitteluun ja mittauksen läpikäymiseen vaiheittain, sekä mittauksissa havaittujen ongelmien ratkaisemiseen.

Yritykselle tehty versio sisältää enemmän mittausteknisiä kuvia ja ohjeistuksia, jotta uusikin mittaaja tai pitkään mittaamatta ollut henkilö onnistuu mittauksissa helpommin. Työssä on mietitty lähtökohtaisesti juuri kyseisen työmaan tarpeita käyttöönoton osalta, mutta se on helposti muokattavissa myös muiden työmaiden käyttöön.

Insinööriyön haasteena oli alueen laajuus. Työnantajan toive oli mittaussuunnitelma, mutta työhön tuli myös muita osia käyttöönotosta. Työtä oli rajattava useaan otteeseen, jotta se ei paisuisi liian suureksi. Insinööriyön aloittaminen oli myös haasteellista, koska aikaisempaa mittauskokemusta ei ollut ollenkaan.

Insinööriyön aikana oli käytävä läpi standardeja ja sähköalan kirjallisuutta. Tiedon hankkimisen oppiminen oli tärkeä osa projektia. Käyttöönototarkastuksiin syventymi-

nen onnistui teorian ja käytännön kautta. Pääsin tekemään käyttöönottotarkastuksia useille isoille työmaille osana mittausryhmää. Käyttöönottotarkastukset ovat tärkeä osa työnjohdon työtä QuattroServices Oy:ssä ja insinööriyön jälkeen on hyvä lähteä itsenäisesti työskentelemään käyttöönottotarkastusten parissa.

Lähteet

- 1 SFS 6000-2 Säädökset, sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit. 2012. Sähköturvallisuus ja erikoisasennukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- 2 D1-2012. 2012. Espoo: STUL ry.
- 3 SFS 6000-1. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 4 SFS 6000-1. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Osa 6: Tarkastukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 5 Harsia, Pirkko 2005: Eristysresistanssinmittaus käyttöönottotarkastuksessa. Verkkodokumentti.
<<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133739307/1134133840901.html>>. [Viittauspäivä 9.4.2015]
- 6 SFS 6000-1 Pienjännitesähköasennukset. 2012. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 7 Harsia, Pirkko 2005: Automaattisen poiskytkennän toimiminen. Verkkodokumentti.
<<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133769735/1134134146766.html>>. [Viittauspäivä 30.3.2015]
- 8 Fluke, 2003: 165X Electrical Installation Tester, Käyttöohje. Verkkodokumentti.
<http://assets.fluke.com/manuals/165x___umfin0100.pdf>. [Viittauspäivä 9.4.2015]

