



Käyttöönottotarkastusten ohjeistus ja koulutus

Opinnäytetyö

Markku Keto

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2022

Tekniikan ala

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Keto, Markku

Käyttöönottotarkastusten ohjeistus ja koulutus

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaliskuu 2022, 36 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Suomessa on vaadittu Sähköturvallisuuslaissa 1135/2016, että sähkölaitteistojen rakentajalla, eli yleensä sähköurakoitsijalla, on velvollisuus tehdä rakentamalleen sähkölaitteistolle käyttöönottotarkastukset valtioneuvoston asetuksen sähkölaitteistoon liittyen 1434/2016 sekä standardin SFS 6000 vaatimuksien mukaisesti.

Sähköurakoitsijalla täytyy olla palveluksessaan sähkötöiden johtaja, jonka velvollisuuksiin kuuluu opastaa asennushenkilökuntaansa toimimaan sähkötyöturvallisuutta noudattaen. Sähkötöiden johtaja vastaa sähkötöiden turvallisuudesta yleisesti yrityksessä ja sähkötöitä tekevä henkilö valvoo puolestaan sähkötöiden aikaista turvallisuutta konkreettisesti työkohteessa.

Opinnäytetyön tilaaja on havainnut tarvetta kouluttaa heidän henkilökuntaansa käyttöönottotarkastusmittauksien suorittamiseen ja mittalaitteiden käyttöön. Opinnäytetyötä valmisteltaessa haastateltiin yrityksen työnjohtajia ja asentajia, jotta saatiin kartoitettua lähtökohtia opinnäytetyön tietoperustalle. Näiden taustaselvittelyjen myötä tutustuttiin aiheen teoriapohjaan ja koostettiin tehokas kirjallinen tietopaketti, sekä koulutusmateriaali, jonka avulla pidettiin koulutustilaisuus heidän henkilökunnalleen.

Avainsanat (asiasanat)

Käyttöönottotarkastus, käyttöönottomittaus, mittauspöytäkirja, sähköturvallisuus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassa pitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 15.3.2027.

Keto, Markku

Guidance and training for commissioning inspections

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, March 2022, 36 Pages

Engineering and technology. Degree Programme in Electrical and Automation Engineering. Bachelor's thesis

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

In Finland, the Electrical Safety Act 1135/2016 requires that the builder of electrical equipment, ie usually the electrical contractor, is obliged to carry out commissioning inspections of the electrical equipment he has built in accordance with the requirements of Government Decree 1434/2016 and standard SFS 6000.

The electrical contractor must have an electrical manager in charge, whose duties include instructing his installation staff to act in accordance with electrical safety. The electrical work manager is generally responsible for the safety of electrical work in the company, and the person doing the electrical work specifically monitors the safety during electrical work at the work site.

The client of the thesis has identified the need to train their staff to perform commissioning inspection measurements and to use measuring equipment. During the preparation of the thesis, the company's supervisors and installers were interviewed in order to map out the starting points for the thesis's knowledge base. These background studies introduced the theoretical basis of the topic and compiled an effective written information package, as well as training material to hold a training session for their staff.

Keywords/tags (subjects)

Commissioning inspection, commissioning measurement, measurement report, electrical safety

Miscellaneous (Confidential information)

Appendices 1 and 2 are confidential and have been removed from public work. The basis for secrecy is Section 24 (17) of the Publicity Act 621/1999, a company's business or professional secret. The confidentiality period is five (5) years, ending on March 15, 2027.

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön tarkoitus	3
1.2	Tutkimusasetelma	5
1.3	Suomen Talotekniikka	5
2	Sähköala ja -laki	6
2.1	Sähkölaki.....	6
2.2	Standardit.....	7
2.3	Sähkölaitteistoluokat.....	7
2.4	Varmennustarkastus	8
2.5	Sähkötöiden johtaja	8
2.6	Ammattihenkilö.....	9
3	Käyttöönottotarkastus	9
3.1	Tarkoitus.....	9
3.2	Hyödyt	10
4	Suojaukseen käytettävät menetelmät	11
4.1	Suojaus sähköiskulta	11
4.1.1	Perussuojaus	11
4.1.2	Vikasuojaus	11
4.1.3	Lisäsuojaukset	12
4.2	Suojaus lämmöltä	13
4.3	Ylivirtasuojaukset	15
5	Yleisimpien erityistilojen vaatimuksia	16
5.1	Kylpy- ja suihkutilat	16
5.2	Saunat.....	17
5.3	Rakennustyömaat	18
6	Käyttöönottotarkastusmittaukset	19
6.1	Mittausjärjestys.....	19
6.2	Aistinvaraiset tarkastukset.....	19
6.3	Jännitteettömät mittaukset	20
6.3.1	Suojajohtimen jatkuvuus	20
6.3.2	Eristysvastusmittaukset	21
6.4	Jännitteelliset mittaukset.....	23
6.4.1	Syötön automaattisen poiskytkennän mittaus.....	23

6.4.2	Vikavirtasuojakytkimien testaus.....	25
6.4.3	Muut testaukset.....	26
6.4.4	Sähköautojen latauspisteiden testaus.....	26
6.5	Mittausvälineet	26
6.5.1	Metrel Mi3100 SE	27
6.5.2	Beha-Amprobe ProInstall-100	27
7	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	28
8	Koulutus.....	28
9	Havainnot ja pohdinta.....	30
	Lähteet	33
	Liitteet.....	35
	Liite 1. Mittausohje (salassa pidettävä)	35
	Liite 2. Koulutustilaisuuden Power Point – esitys (salassa pidettävä)	36

Kuviot

Kuvio 1.	Suomen talotekniikka-konsernin logo	5
Kuvio 2.	STT Sähkö Jyväskylä Oy:n liikevaihto edellisvuosilta	6
Kuvio 3.	Johdonsuojakatkaisijoita	12
Kuvio 4.	Kaksi vikavirtasuojakytkintä	13
Kuvio 5.	Löystynyt liitos erään ryhmäkeskuksen PEN-kiskossa	14
Kuvio 6.	ABB:n yhdistelmäsuojalaite	14
Kuvio 7.	Tulppasulakkeita	15
Kuvio 8.	Kylpyhuoneen ja suihkutilojen aluemääritykset	17
Kuvio 9.	Saunan aluejako	18
Kuvio 10	Koulutustilaisuuteen rakennettu testiympäristö	29

Taulukot

Taulukko 1.	Johdonsuojakytkimien minimivaatimukset automaattisen poiskytkennän toteutumiseen.....	24
Taulukko 2.	gG sulakkeiden minimivaatimukset automaattisen poiskytkennän toteutumiseen	25

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tilaajana toimii Suomen Talotekniikka-konserniin kuuluva Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy (myöhemmin STT). He ovat havainneet toiminnassaan kehitystarvetta sähköasennusten käyttöönottotarkastusmittauksien ohjeistukseen sekä suorittamiseen, jonka heidän sähköasentajansa työmaalla toteuttavat. Sähköala on nopeasti kehittyvä tekniikan ala ja henkilökunnan kouluttaminen on erittäin kannattava investointi yritykselle ylipäätään. Näin saadaan tehostettua yrityksen toimintaa taloudellisten resurssien säästön myötä ja ennen kaikkea välttämään turhalta työnteolta tekemällä asiat kerralla oikein. Tämä myös edistää laadukkaan lopputuloksen saavuttamista sähköurakoinnissa.

Joissain sähköurakointiyrityksissä mittaukset tehdään työnjohtajien toimesta ja näin ollen erittäin kokeneetkin sähköasentajat voivat olla täysin kokemattomia suorittamaan mittauksia käyttöönottoon liittyen. Usein keskisuuret ja suuret sähköurakat, joita STT urakoi, kestävät puolesta vuodesta jopa puoleentoista vuoteen ja näin ollen muutaman viikon kestävä käyttöönottotarkastusmittausten osuus projektista ei pysy kirkkaana asentajien selkärangassa. Usein mittaukset suorittavat työmaan asentajaryhmästä se, joka niitä on aiemminkin tehnyt ja näin ollen jotkut yrityksen asentajista eivät ole koskaan käyttäneet käyttöönottotarkastusmittaria tai tiedä missä järjestyksessä mittauksia kuuluu suorittaa ja miten käyttöönottotarkastusmittaria kuuluu ylipäätänsä käyttää.

Suomen Talotekniikka-konserni on siirtymässä lähitulevaisuudessa digitaaliseen tiedonhallintajärjestelmään nimeltä Dalux. Tähän järjestelmään on tarkoitus luoda muun muassa koko konsernin sähköosastojen käyttöön tuleva mittauspöytäkirjapohja, joka on helposti saatavilla kaikissa yksiköissä ja tämän opinnäytetyön koulutustilaisuudessa tutustutaan valittuun mittauspöytäkirjapohjaan. Toistaiseksi eri tytäryhtiöissä on käytetty vaihtelevasti erilaisia mittauspöytäkirjapohjia ja konsernitasolla tämä aiheuttaa ongelmia. Toisinaan, etenkin suurilla työmailla, myös sähköurakan tilaajalla saattaa olla vaatimus siitä minkälaista mittauspöytäkirjapohjaa käytetään, jotta tilaajan edustaja voi helpommin tarkastella useiden eri urakoitsijoiden mittautuloksia kohtuullisella vaivalla. Opinnäytetyötä tehdessä on vielä epäselvää, voidaanko mittauspöytäkirjojen täyttö suorit-

taa suoraan työmaalla aiempaa kustannustehokkaammin digitaalisesti suoraan Dalux-järjestelmään, jolloin uusimmat mittaustulokset ja mittauksien seuranta onnistuisi entistä nopeammin ja olisi myös työnjohtajien saatavilla heti täyttämisen jälkeen toimistoympäristössä.

Opinnäytetyön sisältö rajataan sähkölain vaatimiin mittauksiin TN-S järjestelmässä selkeyden vuoksi. TN-S sähköjakelujärjestelmää käytetään Suomessa rakennuksien pienjännite sähköasennuksissa. Myöskään erikoistilojen erikoisvaatimuksia ei oteta tässä opinnäytetyössä syvemmin huomioon, mutta tutustutaan muutamaa yleisimmin sähköurakoinnissa törmättäviin tiloihin kuten ”rakennustyömaat”, ”kylpy- ja suihkutilat” ja ”sauna”, koska näitä on oikeastaan jokaisessa projektissa mukana. Sähköurakoinnissa kuuluu käyttöönottaa ja testata myös asennuksien ja erilaisten sähköjärjestelmien toiminta myös pakollisten mittauksien lisäksi, mutta niiden kaikkien ottaminen huomioon tässä työssä olisi äärimmäisen haastavaa, joten nekin on rajattava tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Opinnäytetyön kirjallisen osuuden lisäksi luodaan koulutusmateriaali käyttöönottotarkastusmittauksista ja järjestetään koulutus STT:n henkilökunnalle. Koulutustilaisuuteen rakennetaan myös pienimuotoinen testiympäristö, jonka avulla voidaan käytännössä näyttää miten mittaukset suoritetaan ja kuinka voidaan havaita tyypillisiä kytkentävirheitä kiinteistöjen sähköasennuksista. Henkilökunnalle luodaan myös ohjeistusmateriaali, joka on asentajilla käytettävissä työmailla helpottamassa oikeaoppista työskentelyä, sekä antamassa neuvoja STT:n käyttämien mittalaitteiden käytössä.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada luotua STT:n sähköasentajille selkeä ja uskottava tietopaketti sähköasennuksien käyttöönottomittauksien suorittamisesta, jotta jokainen asentaja voisi niitä suorittaa parhaalla mahdollisella tehokkuudella ja etenkin oikeassa järjestyksessä ja oikeilla tekniikoilla. Tehokkuuden kehittämisen näkökulmasta olisi äärimmäisen tärkeää kehittää digitaalinen mittauspöytäkirjan täyttöjärjestelmä, jotta pöytäkirjoja ei tarvitsisi täyttää useaan otteeseen käsin paperille. Opinnäytetyö kehittää myös minua, eli opinnäytetyön laatijaa, kehittymään sähkötekniikan asiantuntijapalveluiden tarjoajana.

Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksiin liittyviä opinnäytetöitä on tehty useita, mutta henkilökunnan kouluttamiseen liittyviä en löytänyt kuin yhden samansuuntaisen aiheen kuin tämä opinnäytetyö, jota itse käsittelen. Tämä opinnäytetyö on tehty Jyväskylän ammattikorkeakoulussa toukokuussa 2019.

1.2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyö on kehittämisprojekti, jossa kehitetään olemassa olevia tekniikoita ja tietoja toimivammiksi sekä tehokkaammaksi opinnäytetyöntilaajan eduksi kvalitatiivisin menetelmin eli laadullisesti. Toimin kehittäjänä yrityksen ulkopuolisena toimijana. Tutkimusotteena on määrällinen tutkimus, koska tietoa välitetään teoriasta käytännön toimintaan. Tutkimuksen tavoitteena on löytää ratkaisuja pysyvään muutokseen ja laadullisesti saada aikaan pysyviä muutoksia toimintatavoissa yrityksen sisällä. (Kananen 2012, 42–44).

Työn tilaajan asentajien ja työnjohtajien haastatteluiden avulla saatiin tietoa nykyisestä tilanteesta yrityksen sisältä, jota lähdetään kehittämään. Havainnoissa tultiin lopputulokseen, että on parasta järjestää koko Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy:n henkilökunnalle mahdollisimman kattava koulutustilaisuus, jossa käydään koko mittausprosessi läpi työmaan aloituksesta alkaen aina projektin valmistumiseen saakka.

1.3 Suomen Talotekniikka

Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy on osa Suomen Talotekniikka -konsernia. Konsernilla on toimipisteitä kuudella eri paikkakunnalla Suomessa ja konserni palvelee kaikkia asiakasryhmiä kuten yksityis- ja yritysasiakkaita. Palveluihin kuuluu pääosin talotekniikkaan liittyvät palvelut uudis- ja korjausrakentamisessa, mutta Mikkelissä, jossa sijaitsee konsernin päätoimipiste, toimii myös rakennuspalveluiden tarjontaa, sekä energiatekniikan konsultointia. (Suomen Talotekniikka n.d.). Kuviossa 1 on esitetty Suomen Talotekniikka -konsernin yhteinen logo.



Kuvio 1. Suomen talotekniikka-konsernin logo (Suomen Talotekniikka n.d.)

Jyväskylässä toimii erilliset sähkö- ja LVI-alan yritykset. Jyväskylän LVI toimipisteessä oli asentajia kesällä 2020 noin 50 henkilöä ja työnjohtajia yhdeksän henkilöä. Jyväskylän sähköalan toimipisteellä toimii aluejohtajan lisäksi kaksi projektinhoitajaa sekä noin 20 sähköasentajaa. (Suomen Talotekniikka n.d.)

Suomen Talotekniikka konsernin liikevaihto vuonna 2019 oli noin 50 miljoonaa euroa ja kokonaisen henkilökunta 260 henkeä. Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy:n osalta vuonna 2019 oli puolestaan noin 3 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä noin 20–25 riippuen tarkasteluhetkestä. (Suomen Talotekniikka n.d.). Kuviossa 2 näkyy Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy:n liikevaihdon kehitys viime vuosien ajalta.



Kuvio 2. STT Sähkö Jyväskylä Oy:n liikevaihto edellisvuosilta (Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy n.d.)

2 Sähköala ja -laki

2.1 Sähkölaki

Sähköala on Suomessa säännelty ja luvanvarainen toiminta-ala. Tätä varten on luotu sähköturvallisuuslaki säädösnumero 1135/2016, jossa määritellään sähköturvallisuuden lisäksi myös elektromagneettisen yhteensopivuuden vaatimuksia. Sähköturvallisuuslain mukaan sähkölaitteet ja -laitteistot on valmistettava siten, ettei niistä aiheudu vaaraa kenenkään terveydelle, hengelle eikä omaisuudelle. Ne eivät saa myöskään aiheuttaa sähköisesti tai sähkömagneettisesti kohtuutonta

harmia eikä niiden toiminta saa häiriintyä helposti johtuen sähköisistä- tai sähkömagneettisista häiriöistä. Valtioneuvoston asetuksissa 1434/2016–1437/2016 on annettu lisäsäädöksiä, jotka koskevat sähkötyötä- ja laitteistoja, käyttötöitä, sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta, sekä sähkölaitteiden turvallisuutta. Nämä säädökset perustuvat Euroopan unionin pienjännite – ja EMC-direktiiveihin. Sähköasennuksiin liittyviä direktiivejä ei ole, mutta useissa maissa on samanlaiset peruseriaatteet, joissa on viitattu kansallisiin standardeihin. Sähkötöiden tekemistä on kuitenkin rajoitettu kansallisissa lainsäädännöissä ja tämän takia sähkötöiden tekijän on oltava työhön perehtynyt tai opastettu henkilö. (Sähköturvallisuuslainsäädäntö n.d).

2.2 Standardit

Suomessa standardoinneista vastaa sähkötekniällä alalla SESKO. SESKO on osallisena eurooppalaiseen ja kansainväliseen yhteistyöhön Suomen edustajana, ja luo näiden pohjalta kansallisen SFS-standardin. (Standardointikenttä n.d).

Standardi SFS 6000 on pienjänniteasennusten sarja. Se on koostettu kahteen käsikirjaan. SFS-käsikirja 600-1-1:2017 osat 1-6 sisältää yleisvaatimuksia pienjännite sähköasennuksiin. SFS-käsikirja 600-1-2:2017 osat 7-8 sisältää erikoistilojen erityisvaatimuksia ja täydentäviä vaatimuksia. Standardi SFS 6002 on koostettu SFS käsikirjaan 600-2, joka sisältää viisi lukua, joita ovat sähkötyöturvallisuus, erikoisasennukset, sähkötekniikan perusstandardit, sähköverkon mitoitus ja suojalaitteet, sekä sähköasennuksiin liittyvät laitestandardit. Lisäksi löytyy SFS 6001, jossa käsitellään suurjännitesähköasennuksia ja ilmajohtoja.

2.3 Sähkölaitteistoluokat

Sähkölaitteisto koostuu kohteen sähkölaitteista, sähkökeskuksista, kaapeleista, asennustarvikkeista yms. komponenteista. Sähkölaitteiston haltija vastaa sähkölaitteiston kunnosta ja turvallisuudesta. Sähkölaitteistot on jaettu laitteistoluokkiin määräaikaistarkastus vaatimuksien ja kunnossapito-ohjelmien vaatimuksien perusteella.

Sähkölaitteistoluokkaan 1 kuuluu asuinrakennukset, joissa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa tai sähkölaitteisto ylivirtasuojan nimellisvirta on enemmän kuin 35A, eikä se kuulu sähkölaitteistoluokkiin 2 tai 3.

Sähkölaitteistoluokkaan 2 kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sel- laista sähkölaitteistoa, johon kuuluu enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia tai sellainen sähkölaitteisto, jonka liittymistehojen yhteis- summa on enemmän kuin 1600 kilovolttiampeeria.

Sähkölaitteistoluokkaan 3 puolestaan kuuluu verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muut vastaavat säh- köverkot. (ST-käsikirja 33 2018, 45).

2.4 Varmennustarkastus

Urakoitsijan tekemän käyttöönottotarkastuksen lisäksi luokan 1,2 ja 3 sähkölaitteistoille on teh- tävä varmennustarkastus. Varmennustarkastuksen tilaamisesta huolehtii sähkölaitteistojen raken- taja, mutta jos hän laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt tekemästä tätä vastaa siitä sähkölait- teiston haltija. Varmennustarkastus on suoritettava myös silloin, jos kyseisiin sähkölaitteistoluokkiin tehdään merkittäviä muutos- tai laajennustöitä. Varmennustarkastus on tehtävä 3 kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta, mutta tästäkin on olemassa poik- keuksia. Verkonhaltijan rakennetuille sähköverkoille riittää, kun varmennustarkastus tehdään seu- raavan kalenterivuoden kuluessa. Räjähdysvaarallisissa tiloissa, räjähdysaineiden valmistustiloissa ja sairaaloiden/lääkäriasemien leikkaussaleissa varmennustarkastus täytyy tehdä ennen kuin ti- loissa aloitetaan toiminta. (ST-käsikirja 33 2018, 44).

2.5 Sähkötöiden johtaja

Sähkötöiden tekemistä varten täytyy yrityksellä olla nimetty sähkötöiden johtaja. Tämä todellinen henkilö vastaa sähköasennusten turvallisuudesta. Osansa vastuusta kantaa myös työmaakohtai- sesti käyttöönottotarkastuksen tekijä eli henkilö, joka on suorittanut käyttöönottotarkastusmit- taukset ja allekirjoittaa mittauspöytäkirjan. Sähkötöiden johtajalla täytyy olla vähintään S2 tason turvallisuustutkinto suoritettuna, sekä riittävästi työkokemusta, jotta Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy voi myöntää hänelle pätevyystodistuksen. Tämän pätevyystodistuksen avulla rekiste- röidytään Turvallisuus- ja kemikaaliviraston eli Tukesin toiminnanharjoittajarekisteriin, jonka jäl- keen voidaan aloittaa sähkötöiden tekeminen. Sähkötöiden johtajalla on velvollisuus ylläpitää am- mattitaitoaan ja tuntea viimeisimmät sähköturvallisuus vaatimukset. (Sähkötöiden johtajan tehtävät n.d.).

2.6 Ammattihenkilö

Sähköalan ammattihenkilölle on olemassa sähköturvallisuuslailla määritellyt vaatimustasot. Jotta voidaan tehdä ja valvoa koulutustaan ja osaamistaan vastaavaa sähkö- ja käyttötyötä on kyseisen henkilön täytettävä nämä kriteerit. Vaatimukset on lueteltu sähköturvallisuuslaissa 1135/2016 73 § seuraavasti:

Riittävän ammattitaitoiseksi valvomaan ja itsenäisesti tekemään koulutustaan ja työkokemustaan vastaavan alan sähkö- ja käyttötyötä katsotaan se, joka on mainittuihin töihin opastettu ja joka on:

- 1) suorittanut soveltuvan tekniikan alan korkeakoulututkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähköttöissä;
- 2) suorittanut soveltuvan sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähköttöissä;
- 3) suorittanut soveltuvan ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähköttöissä;
- 4) suorittanut soveltuvan ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut vuoden työkokemuksen sähköttöissä; tai
- 5) hankkinut kuuden vuoden työkokemuksen sähköttöissä ja riittävät alan perustiedot.

Edellä 1 momentissa tarkoitetun työkokemuksen tulee olla kyseisiin sähkö- ja käyttötyöihin perehdyttävää.

Sen, joka antaa 1 momentissa tarkoitetun opastuksen, tulee täyttää 1 ja 2 momentissa mainitut pätevyysvaatimukset.

3 Käyttöönottotarkastus

3.1 Tarkoitus

Sähköasennusten käyttöönottotarkastus mittauksien tarkoituksena on saada varmistettua laadukas lopputulos työkohteessa. Kyseisten tarkastusten suorittajan täytyy olla sähköalan ammattihenkilö. Onnistuneen projektin aikaansaanti edellyttää laadukkaan sähkösuunnitelman, oikein tehdyt sähköasennukset sekä oikein suoritettut käyttöönottotarkastukset. Ihmisten tekemissä sähköasennuksissa on aina mahdollisuus tapahtua inhimillisiä virheitä ja oikein tehdyillä mittauksilla saadaan varmistettua, ettei nämä jäisi loppukäyttäjälle aiheuttamaan toimimattomia järjestelmiä tai pahimmassa tapauksessa jopa tulipalon- tai hengenvaaraa. Mittauksilla havaitaan myös viimeistään tässä vaiheessa projektia suunnitteluvaiheen mahdolliset mitoitusvirheet. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 7).

Kaikille sähkötöille niiden suuruudesta riippumatta täytyy tehdä käyttöönottotarkastus. Tarkastus kuuluu tehdä ennen laitteiston luovuttamista käyttäjälle ja jos asennuksia joudutaan ottamaan käyttöön osittain jo työmaan rakennusvaiheen aikana, täytyy käyttöön otettavat ryhmät testata ennen tätä. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 8).

Jos kuitenkin sähköasennuksen laajuus on hyvin pieni kuten yksittäisen komponentin/laitteen lisäys tai vaihto uuteen voidaan harkinnan mukaan käyttää vain aistinvaraista työntarkastusta sekä lisäksi suojajohtimen jatkuvuuden varmistamista mittaamalla. Maadoituksen jatkuvuuden varmistaminen laitteen runkoon asti on erityisen tärkeää puolikiinteästi kytkettävien laitteiden kanssa. Jos kyseessä on erityisen huonokuntoisen sähköasennuksen muutostyö ja työn aikana on riskinä rasittaa vanhoja kaapelointeja aiheuttaen niiden rakenteen heikkenemistä, on syytä suorittaa myös pienessä asennuksessa eristysresistanssimittaus, jotta varmistutaan asennuksen kunnossa pysymisestä. Kaukana muuntamoista sijaitsevat kohteet sekä pitkien johdotuksien päässä olevat lisäykset on syytä tarkastaa myös oikosulkuvirtojen riittävyden osalta, jotta poiskytkentä vikatilanteessa tapahtuu varmasti riittävän nopeasti. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 9–10).

3.2 Hyödyt

Käyttöönottotarkastuksilla saavutetaan useita hyötyjä kaikkien osapuolien kannalta. Saadaan taede laadukkaasta sähköurakoinnista ja vältetään inhimilliset virheet sähkölaitteistossa. Urakoitsija saa todettua kirjallisesti laitteiston täyttävän vaatimukset kaikilta osa-alueilta, jotta muun muassa suojalaitteet toimivat vaatimuksien mukaisesti. Tilaaja saa puolestaan kirjallisen todisteen siitä, että työt on tehty oikein ja tarkastettu vaatimuksien mukaisesti ja laitteistoa on turvallista käyttää. On myös sähköurakoitsijan etu, että hänellä on esittää konkreettiset mittaustulokset, jos sähkölaitteistoon on tehty esimerkiksi sähkölaitteiston luovutuksen jälkeen käyttäjän omia muutoksia mitkä eivät välttämättä ole oikein toteutettuja ja aiheuttavat vaaran.

4 Suojaukseen käytettävät menetelmät

4.1 Suojaus sähköiskulta

Sähköisku aiheuttaa aina vaaran ihmisten ja eläinten terveydelle ja hengelle niin tältä täytyy suojautua. Sähköasennuksilta vaaditaan perussuojaus, jolla estetään normaalikäytön aikana tapahtuvien sähköiskujen saanti. Tämän lisäksi vaaditaan myös vikasuojaus, jonka avulla varmistetaan, ettei yhden vian aikana syntyisi vaaratilannetta ja joissain tilanteissa vaaditaan myös erillistä lisäsuojauksia. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 78).

4.1.1 Perussuojaus

Perussuojausmenetelmillä estetään normaalitilanteessa ihmisiä koskettamasta jännitteisiä osia. Perussuojausmenetelmät voidaan jaotella suojaukseen tahattomalta kosketukselta ja suojaukseen kaikelta koskettamiselta. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 79).

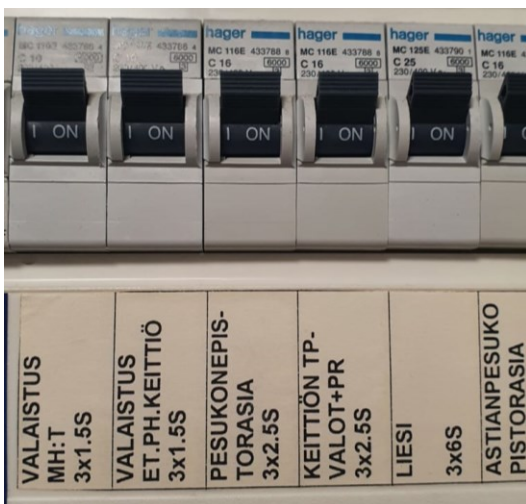
Suojausta tahattomalta koskettamiselta voidaan käyttää vain joissain tapauksissa, johtuen sen luonteesta. Siinä jännitteiset osat suojataan joko estein tai sijoitetaan kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Esteiden avulla tehtävää suojauksia käytetään Suomessa hyvin harvoin. Tätä voidaan käyttää esimerkiksi prosessiteollisuudessa, jossa voi olla äärimmäisen haastavaa toteuttaa suojauksia muilla keinoilla tai sähkölaboratorioissa, joissa on vain sähköalan ammattihenkilöitä tutkimassa paljaita sähkölaitteita. Myöskään sijoittamista kosketusetäisyyden ulkopuolelle käytetään hyvin harvoin suojausmenetelmänä, sen haastavuuden vuoksi ja sitä käytetäänkin lähinnä ilmajohtojen asennuksissa. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 82–83).

Suojaus kaikelta koskettamiselta on puolestaan tehokkaampi tapa ja sitä voidaan käyttää kaikissa olosuhteissa. Siinä jännitteiset osat on koteloitu vähintään luokan IP20 mukaisesti tai käytetään kokonaisvaltaista eristystä. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 79).

4.1.2 Vikasuojaus

Vikasuojauksella tarkoitetaan keinoja, joilla estetään ihmisiä tai eläimiä koskettamasta jännitteisiä osia yhden vian aikana. Suojausmenetelmään vaikuttaa onko sähköasennuksessa käytettävissä

suojajohdinta vai ei. TN-järjestelmissä hyödynnetään syötön automaattista poiskytkentää ja suoja-laitteena toimii joko ylivirtasuojalaite tai vikavirtasuojakytkin, mikäli suojajohdin on käytettävissä. Mikäli suojajohdinta ei käytetä vikasuojaukseen, on vaihtoehtoina käyttää kaksoiseristystä, käyttö-paikan eristystä, maasta erotettua paikallista maata tai sähköistä erotusta. (D1-2017 Käsikirja ra-kennusten sähköasennuksista 2017, 84). Vikasuojauksena käytettävän syötön automaattisen poiskytkennän testauksiin tullaan vielä palaamaan myöhemmin tässä opinnäytetyössä jännitteis-ten mittausten -osiossa. Kuviossa 3 on esitetty johdonsuojakatkaisija-tyyppisiä suojalaitteita, joita käytetään vikasuojaukseen.



Kuvio 3. Johdonsuojakatkaisijoita

4.1.3 Lisäsuojaus

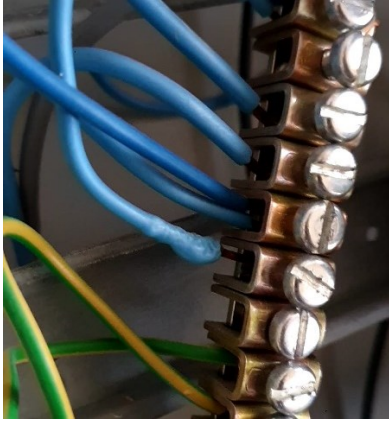
On havaittu, että pelkkä perussuojaus ei riitä aina suojaamaan käyttäjää sähköiskun vaaroilta, koska sähköasennuksien eristeet voivat kulua, heikentyä tai rikkoontua ajan kuluessa. Lisäsuojana käytetään tyypillisesti vikavirtasuojakytkintä, joka katkaisee nimellisvirtansa mukaisesti virtapiiriin, jos sähkövirtaa vuotaa virtapiiristä pois hallitsematonta reittiä pitkin. Nykyään vikavirtasuojakytkimiä käytetään lisäsuojana useimmissa sähköasennuksissa. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 113). Kuviossa 4 on esitetty kaksi vikavirtasuojakytkin-tyyppistä suojalaitetta, joita voidaan hyödyntää vika- ja lisäsuojaukseen.



Kuvio 4. Kaksi vikavirtasuojakytkintä

4.2 Suojaus lämmöltä

Suojauksella lämmön vaikutuksilta tarkoitetaan lähinnä sitä, ettei sähkölaite saa kuumentua niin paljoa, että se voi aiheuttaa käyttäjälleen palovammoja tai ympäristölleen tulipaloriskiä. On kuitenkin poikkeuksia, joilla on omat erityisvaatimukset kuten sähkökiukaat ja -hellat. Tyypillisesti sähköpalot aiheutuvat valokaarivioista. Näitä aiheuttaa yleensä eristyksien heikkeneminen ja löysytyneet liitokset kuten kuviossa 5 on havaittavissa. Tällaisia vikoja ei normaalit johdonsuojakatkaisijat tai vikavirtasuojakytkimet pysty havaitsemaan, mutta näiltä voidaan suojautua valokaarivikasuojalla eli AFDD:llä (arc fault detection device). Kuviossa 6 on ABB:n yhdistelmäsuojalaite, jossa yhdistyy johdonsuojakatkaisija, vikavirta- ja valokaarisuojakytkin. Nykyisellään standardi SFS 6000 vain suosittelee ryhmissä, joilla syötetään tiloja, joissa nukkuu ihmisiä, säilytetään räjähdysherkkiä materiaaleja tai säilytetään korvaamattoman arvokkaita esineitä. Valokaarivikasuojat sijoitetaan ryhmäjohton alkupäähän, kuten johdonsuojakatkaisijatkin. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 123–124).



Kuvio 5. Löystynyt liitos erään ryhmäkeskuksen PEN-kiskossa



Kuvio 6. ABB:n yhdistelmäsuojalaite (Valokaarivikasuojat 2021).

Sähkökaapeleille on myös olemassa omat luokittelut rakennustuoteasetuksen mukaisesti. Kaapeleiden täytyy tietyissä asennuspaikoissa täyttää minimivaatimustaso niiden palokäyttäytymiselle. Lisävaatimukset koskevat savunmuodostamista, happamien savukaasujen muodostumista, sekä palavien pisaroiden ja partikkeleiden syntymistä. Fca-luokan kaapelit ovat palokäyttäytymiseltään tuntemattomia, eikä niitä saa kuljettaa yli 5metrin matkaa rakennuksien sisällä ilman omaa osastointia. Eca-luokan kaapelit ovat sellaisia, jotka eivät edistä palon etenemistä ja ne ovat yleisimmin käytössä olevia kaapelityyppejä nykyään. Dca-luokan kaapelit ovat parempia turvallisuutta ajatellen ja niitä suositellaan käytettäväksi asennusolosuhteissa, jotka sijaitsevat maan alla tai paikoissa,

joissa on paljon ihmisiä, kuten koulut, kauppakeskukset ja toimistotilat. Cca-luokan kaapeleita käytetään puolestaan kriittisissä paikoissa kuten lääkintätiloissa ja poistumisreiteillä. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 127).

4.3 Ylivirtasuojaus

Ylivirtasuojauksella tarkoitetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksia. Molemmat näistä aiheuttavat sähkökaapeleissa lämpenemistä ja liian pitkään jatkuessaan eristeiden ja ympäristön vahingoittamista ja jopa tulipalon vaaraa. Usein ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus on toteutettu yhteisellä suojalaitteella kuten esimerkiksi sulakkeella. Kuviossa 7 on esitetty tulppasulakkeita, joita voidaan käyttää molempiin tarkoituksiin. Nämä voivat olla myös erillisiä laitteita kuten aM-tyyppinen kahvasulake, jolla suojataan virtapiiriä vain oikosululta tai moottorinsuojakatkaisija, joka suojaa sähkömoottoria ainoastaan ylikuormitukselta. Ylikuormituslaitetta mitoittaessa on otettava huomioon suojalaitteen ominaisuudet kuten katkaisuaika ja nimellisvirta. Oikosulkusuojauksessa on puolestaan varmistettava, että suojalaitteen katkaisukyky on riittävä suurimmalla mahdollisella oikosulkuvirralla ja oikosulkusuojaus toimii riittävän nopeasti ennen kuin virtapiiri kerkeää vahingoittumaan. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 136–142).



Kuvio 7. Tulppasulakkeita

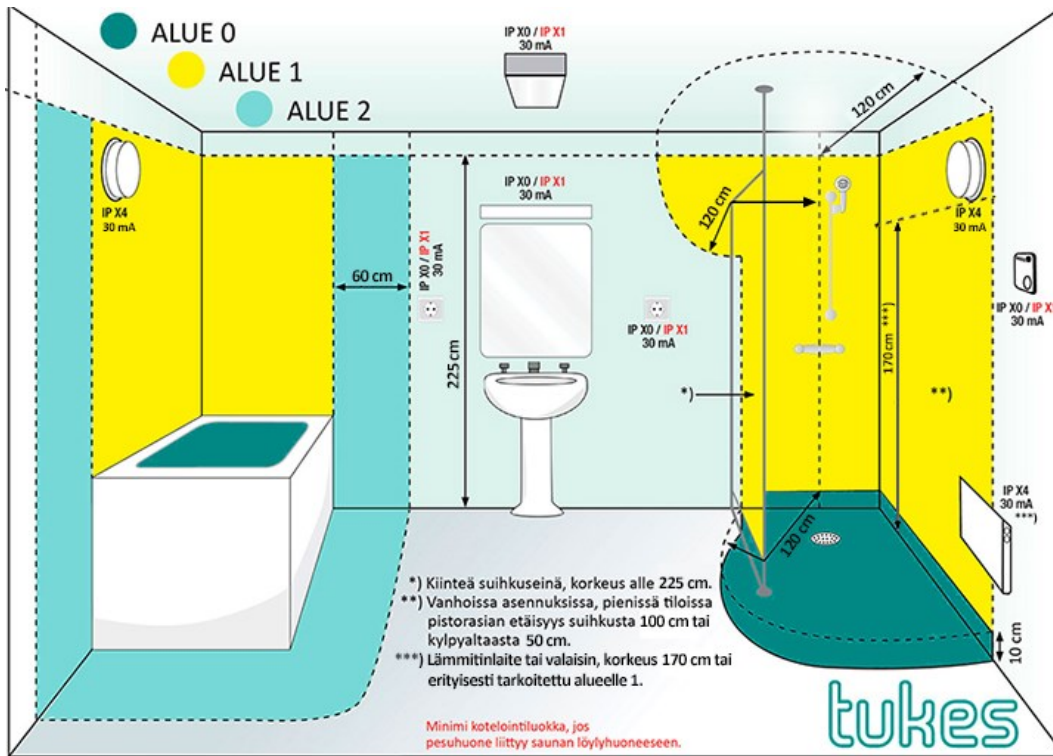
5 Yleisimpien erityistilojen vaatimuksia

Standardissa SFS 6000 osissa 7–8 käsitellään erityistilojen erityisvaatimuksia sähköasennuksille.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan ne yleisimmin sähköurakointiprojekteissa vastaantulevat erityistilat, joihin opinnäytetyön tilaaja törmää lähes kaikissa projekteissaan.

5.1 Kylpy- ja suihkutilat

Kylpy- ja suihkutiloilla tarkoitetaan tiloja, joissa on kiinteä kylpyamme tai suihku, jolla voi pestä kokovartalon ja näitä ympäröiviä tiloja. Myös ulkona oleviin kylpyammeisiin, paljuihin ja niiden lähi-alueisiin sovelletaan tätä kohtaa standardista. Näiden tilojen sisäpuoliset alueet jakaantuvat 0-, 1- ja 2-luokan alueisiin kuten kuviossa 8 käy ilmi. Näille etäisyyksille on määritetty tarkat raja-arvot, sekä minimivaatimukset sähkölaitteiden kotelointien IP-luokituksille. Näiden tilojen johtavat osat täytyy yhdistää potentiaalintasaukseen, joka yleensä on toteutettu koko kiinteistön pääpotentiaalintasausjärjestelmässä. Mikäli kiinteistössä ei ole tehty pääpotentiaalintasausta pitää kyseisessä tilassa suojata vesi- ja viemäriputket, IV-kanavat, lämmitysjärjestelmät, sekä mahdolliset kaasujärjestelmät lisäpotentiaalintasauksella. Näissä tiloissa kaikki piirit täytyy suojata enintään 30mA vikavirtasuojakytkimellä lukuun ottamatta järjestelmiä, joissa käytetään PELV- tai SELV-järjestelmää tai sähköistä erottamista, jolla syötetään vain yhtä kulutuskojetta. Ulkotiloissa täytyy myös kaikki ryhmät suojata enintään 30mA vikavirtasuojakytkimellä, joilta voidaan syöttää sähköä 0-, 1- ja 2-luokan alueille. Myös rakennusvaiheessa tehtäviin kaapelointeihin täytyy kiinnittää huomiota, jotta ei synny vaaraa kylpyhuonekalusteita kiinnittäessä. Pistorasioita ei saa asentaa 0-, 1- ja 2-luokan alueille muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 368–370).

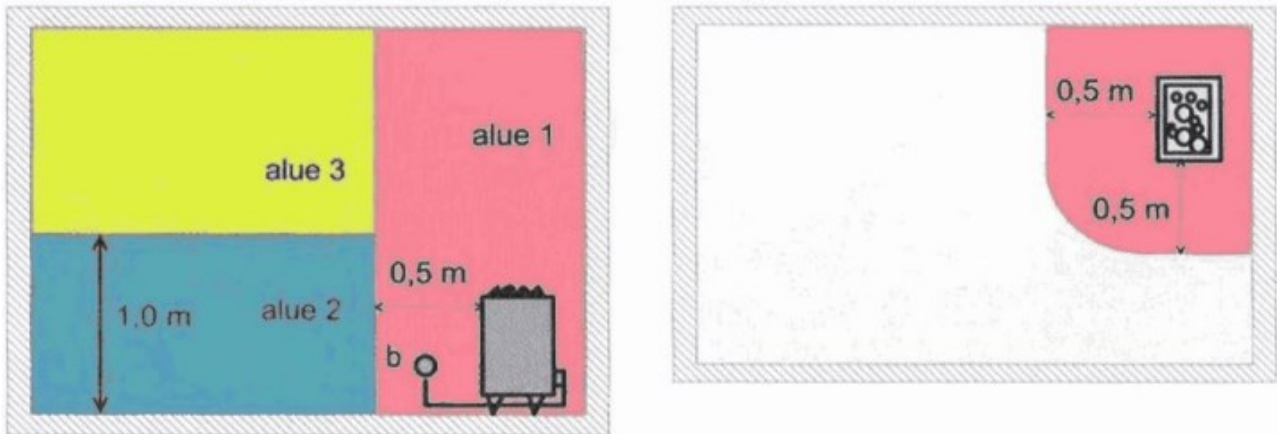


Kuvio 8. Kylpyhuoneen ja suihkutilojen aluemääritykset (Kylpy- ja suihkutilojen sähköasennukset, n.d.)

5.2 Saunat

Saunan sisätilat on jaettu alueisiin 1, 2 ja 3 kuten kuviosta 9 käy ilmi. Alueelle 1 saa asentaa vain kiukaan ja siihen kuuluvia laitteita, eikä kiukaasta tarvitse suojata vikavirtasuojakytkimellä. Jos kiukaan kytkentärasia sijaitsee alueella 1 on sen oltava alle 0,5 metrin korkeudessa ja liitosjohtona on käytettävä tyyppin H07RN-F mukaista kumikaapelia tai vastaavaa. Kiukaan päällä-ololle on asetettu tiettyjä vaatimuksia, koska puiset rakenteet eivät kestä 24 tuntia vuorokaudessa päällä olevaa kiukaasta. Kaikki muut saunaan tulevat pienjännitesähkölaitteet tulee suojata enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimellä. Saunaan ei saa asentaa pistorasioita, eikä kytkinlaitteita, lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta kuten mahdollisesti lämminvesivaraajassa kiinteästi olevaa termostaattia ja yllilämpenemissuojaa tai painevesiautomaatissa olevaa painekeytkintä. Kiukaan päälle-kytkentää ei suositella etäohjauksella turvallisuussyistä ja näissä on syytä noudattaa kiuasvalmistajien ohjeituksia tarkasti, kuten muissakin asennusvaatimuksissa. Alueelle 2 voidaan puolestaan asentaa tiettyjä sähkölaitteita tietyin ehdoin kuten kotelointi luokituksen on oltava vähintään IP24, eikä kaapeleissa ole metallisia vaippoja. Eli käytännössä alueelle 2 voidaan asentaa lämminvesivaraajan, vesipumpun, lämmityslaitteen tai valaistukseen liittyvän laitteen. Alueelle 3 voidaan asentaa vain

sellaisia sähkölaitteita, jotka kestävät yli 125 °C lämpötiloja ja esimerkiksi valaisimille menevät syöttöjohdot on täten oltava tyyppiä SSJ, jonka johtimet kestävät 180 °C lämpötilan. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 372–374).



Kuvio 9. Saunan aluejako (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 372).

5.3 Rakennustyömaat

Rakennustyömaita koskevat erityisvaatimukset koskevat sekä purku- ja rakennustyömaita, mutta eivät näiden työmaiden erilaisia hallinto- ja sosiaalitiloja. Rakennustyömailla täytyy kaikki enintään 32 A pistorasiat ja kädessä pidettävät laitteet suojata enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimillä. Jos kyseessä on esimerkiksi hitsauskone, jonka vuotovirrat ovat tätä suuremmat normaalissa käytössä voidaan tällaisella laitteella käyttää pistorasiaa, joka suojataan enintään 300 mA vikavirtasuojakytkimellä ja pistorasia on merkittävä selvästi, ettei sitä käytetä väärin käyttölaitteisiin. Jos vähintään 32 A pistorasiaa käytetään muiden työmaakeskusten syöttämiseen, voidaan se suojata enintään 500 mA vikavirtasuojakytkimellä, jotta vältetään aiheettomilta poiskytkennöiltä ja myös tämä pistorasia on merkittävä siten, ettei siinä käytetä yksittäisiä laitteita. Syöttöjärjestelmissä käytettävien taipuisien kaapeleiden on oltava tyyppiltään H07RN-F tai vastaavia rakenteeltaan. Kaapeleita ei suositella asennettaviksi teiden tai jalkakäytävien poikki rikkoutumisvaaran takia tai ne on ainakin suojattava mekaanisesti. (D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 376–377).

6 Käyttöönottotarkastusmittaukset

6.1 Mittausjärjestys

Mittausjärjestys on olennainen tekijä mahdollisten vikojen havaitsemiseen. Aistinvarainen työn tarkastelu tapahtuu käytännössä koko asennustöiden ajan työmaan alkamisesta lähtien ja jatkuu koko projektin ajan ja toisaalta se on myös viimeinen tarkastelu, jota työmaalla tehdään. Osa mittauksista täytyy suorittaa myös kesken työmaata, kuten esimerkiksi lattialämmityskaapeleiden mittaukset ennen ja jälkeen betonivalun, eikä lattialämmityskaapeli tule yleensä mitatuksi normaalissa eristysvastusmittauksessa termostaatin takia. Myös esimerkiksi asfaltin alle jäävät maa-kaapeloinnit olisivat suotavaa mitata ”ylimääräisesti” ennen asfaltin asennusta, jotta mahdollisesti vioittuneet kaapelit olisivat kustannustehokkaampia korjata. Standardin SFS 600-1-1 kohdan 6.4 mukaisesti suoritettavat mittaukset täyttävät sähkölaissa vaaditut turvallisuusvaatimukset valtioneuvoston asetuksen (1437/2016) mukaisesti. Edellä mainitun standardin kohdassa on myös määritetty oikea mittausjärjestys, jonka mukaan työ täytyy suorittaa. Mittaukset täytyy suorittaa järjestyksessä, jonka mukaisesti ne on tässä opinnäytetyössä lueteltu.

6.2 Aistinvaraiset tarkastukset

Aistinvaraisissa tarkastuksissa kaikki työmaan sähköasentajat tekevät työmaan alusta alkaen havaintoja näkö-, kuulo-, tunto- ja hajuaisteillaan mittauksen nimen mukaisesti ja luonnollisesti puutteet täytyy kertoa työmaan kirkkimiehelle ja/tai työnjohtajalle. Viimeistään ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa mittauksia suorittavan henkilön täytyy tutkia asennukset ja varmistua että ennen jännitteen kytkentää sähkölaitteistoon viat ja puutteet on korjattu. Jos työkohteessa on erikoistiloja, joista on kerrottu standardissa SFS 6000 osat 7–8, täytyy ne ottaa huomioon myös tässä tarkastuksen vaiheessa. Standardissa SFS 600-1-1 kohdassa 6.4.2.3 on listattu tarkistettavat asiat, mikäli ne liittyvät työkohteen luonteeseen:

- Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät (SFS 6000-4-41)
- Palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet (SFS 6000-4-42 ja SFS 6000- 5-52 luku 527)
- Johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta (osa SFS 6000-4-43 ja SFS 6000-5-52 luku 523)
- Suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus (SFS 6000-5-53)
- Sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, jos näitä on vaadittu (SFS 6000-5-53)
- Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus (SFS 6000-5-53 luku 537)

- Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan (SFS 6000-4-42 kohta 422, SFS 6000-5-51 kohta 512.2 ja SFS 6000-5-52 kohta 522, SFS 6000-8-804)
 - Nolla- ja suojajohtimien tunnuksiset (SFS 6000-5-51 kohta 541.3)
 - Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo (SFS 6000- 5-51 kohta 514.5)
 - Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus (SFS 6000-5-51 luku 514)
 - Johtimien ja kaapeleiden päätteiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
 - Maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
 - Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000- 5-51 luvut 513 ja 514 sekä SFS 6000-7-729)
 - Sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimet (SFS 6000-4-44 luku 444)
 - Jännitteelle alttiiden osien kytkentä maadoitusjärjestelmään (SFS 6000-4- 41 kohta 411)
 - Johtojärjestelmien valinta ja asentaminen (SFS 6000-5-52 luvut 521 ja 522)
 - Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpituudessa kantaosaan (SFS 6000-4-46 ja SFS 6000-5-53)
- (ST-käsikirja 33. 2018, 11–14).

6.3 Jännitteettömät mittaukset

6.3.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimien jatkuvuuskien mittaaminen on ensimmäinen konkreettinen mittaus käyttöönotto-tarkastusmittauksissa. On tärkeää varmistaa, että maadoitus vaikuttaa kaikkialle, minne sen kuuluu, jotta voidaan havaita muun muassa eristysresistanssimittauksen mahdolliset vikatilanteet. Suojajohtimiksi luetaan mukaan suoja-, maadoitus-, PEN- ja potentiaalintausjohtimet. Suojajohtimen jatkuvuus täytyy tarkistaa jokaisesta pisteestä laitekohtaisesti, jotta voidaan varmasti havaita puutteet. Suojajohtimen jatkuvuus on tärkein edellytys turvalliselle sähköasennukselle. TN-S järjestelmässä on tärkeää irrottaa ennen mittaamisen aloittamista N- ja PE-kiskojen yhdistys, jotta voidaan havaita virhetilanteet kuten nolla- ja suojamaadoitusjohtimien kytkentä ristiin. Suojajohtimen jatkuvuus mitataan tyyppillisesti 0,2 A suuruisella tasasähkövirralla. Mittausjohtimien ominaisvastus tulisi nollata mittalaitteessa tai vähentää mittaustuloksesta, jotta saadaan todellinen tulos. Tulokset ovat 0–2 Ω suuruusluokassa. (Sähköasennukset osa 3 2017, 169–171).

Eriyksen pitkissä kaapeloinneissa on syytä käyttää hyväksi kaapelin vaihejohtimia mittauksen suorittamiseen, kun mittausjohtoa ei pystytä käyttämään. Tällöin täytyy ottaa huomioon mahdolliset erot maadoitusjohtimen ja äärijohtimen paksuudessa ja materiaalissa, jotta voidaan laskea todellinen suojajohtimen resistanssi. Tällaista varmistettua referenssipistettä voidaan käyttää sitten kiintopisteenä, kun jatketaan suojajohtimen jatkuvuusmittauksia normaaliin tapaan mittajohtimen avulla. (Sähköasennukset osa 3 2017, 171).

6.3.2 Eristysvastusmittaukset

Kun suojajohtimien jatkuvuus on tarkistettu jokaiselle laitteelle ja mahdolliset puutteet korjattu, aletaan mittaamaan eristysvastusmittauksia. Eristysvastusmittaus vaatii huolellisia alkuvalmisteluja kohteen mukaan. Pelkkää nousujohtoa mitattaessa voidaan mitata myös jokainen äärijohdin erikseen toisiaan vasten kaapelin eheyden varmistamiseksi. Kun mitataan koko keskusaluetta kerrollaan, joka on suositeltavaa, täytyy kaikki sulakkeet asentaa paikoilleen, kytkinlaitteet kuten vika-virtasuojakytkimet, johdonsuojakatkaisijat ja erilaiset kytkimet ja katkaisijat kytkeä ”päälle”-asentoon. Kaikki jännitteiset johtimet yhdistetään toisiinsa (L1-L2-L3-N) ja näitä mitataan suojajohdinta (PE TAI PEN) vasten ja jo edellisessä mittauksessa irrotettu syöttävän kaapelin N-johdin annetaan edelleen olla irti kytkettynä. Aluksi olisi suositeltavaa varmistaa mittalaitteen ja mittajohtimien toiminta suorittamalla ensimmäinen mittaus oikosulkemalla mittajohtimet. Mittauskohteen sisäl- täessä herkästi vaurioituvia laitteita suositellaan tekemään ensimmäinen mittauskokeilu 250V tes- tijännitteellä, jotta sähkölaitteet eivät vioittuisi, mikäli kohteessa on kytkentävirhe. Jos tämän mittauksen tulos on hyvä niin tämän jälkeen mittausjännite nostetaan standardin SFS 6000 vaati- malle 500 V tasolle. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 31–32).

Hyvin usein sähkökeskuksissa on erilaisia kontaktori- ja relelähtöjä, joita ensimmäinen mittaus ei kata. Perinteiset kontaktorit voidaan ottaa mukaan mittaukseen myös lukitsemalla kontaktori ve- täneeseen asentoon painamalla työkalulla kontaktorin koskettimet sulkeutuneiksi, kun mittausta suoritetaan. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista ja silloin näiden kytkinlaitteiden takaiset ryh- mät on mitattava yksitellen. On huomioitava, ettei keskuksen oikosulkukytkentä vaikuta kontakto- rin toisiopuolelle ja johtimet täytyy oikosulkea sieltä erikseen. Nämä erikseen mitattujen lähtöjen mittaus tulokset täytyy kirjata ylös, jotta voidaan myöhemmin tarkastella tuloksia. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 32).

Eristysvastusmittauksen minimi tulos enintään 500V sähköjärjestelmissä on 1 MΩ. Tällöin käyte- tään 500 V testijännitettä. Jos sähkölaitteistossa on herkästi vioittuvia laitteita niin tällöin täytyy harkinnan mukaan käyttää 250 V testijännitettä, mutta minimivaatimus hyväksyttävälle tulokselle on edelleen 1 MΩ. Yleensä tulokset ovat kuitenkin huomattavasti minimiarvoa suurempia ja mit- taustulosten ollessa lähellä minimirajaa on syytä tutkia mistä syystä tulos on heikko. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 33–34).

Eristysvastusmittauksen minimivaatimus on SELV- ja PELV-järjestelmissä 0,5 M Ω ja se suoritetaan 250 V jännitteellä. Näiden järjestelmien nimellisjännitteet ovat $U \leq 50 \text{ VAC}$ tai $\leq 120 \text{ VDC}$. Näissä järjestelmissä varmistetaan, ettei suojaerotusmuuntajien ensiö- ja toisiopiirit ole galvaanisesti yhdistettynä toisiinsa, sekä SELV-järjestelmässä varmistetaan erotus myös PE-järjestelmästä. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 35).

Sähköisen erotuksen ryhmissä, joissa käytetään suojaerotusmuuntajaa ja myös toisiopuolen jännite ylittää pienoisjännitteen tason, täytyy eristysvastukset mitata ensiö- ja toisiopiirien väliltä, sekä PE-järjestelmästä. Sähköisen erotuksen järjestelmissä täytyy myös varmistaa, ettei toisiopiirin potentiaalintaus ole yhteydessä ensiöpiirin PE-järjestelmään mittaamalla. Näissä tulkitaan samoja mittauksen minimiarvoja kuin nimellisjännitteeltään korkeintaan 500 V järjestelmissäkin eli eristysvastuksen täytyy olla minimissään 1 M Ω . (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 37).

Sähkölämmitteiset kaapelit ja -elementit täytyy mitata jo työmaan rakennusvaiheen aikana. Kaapelit kytketään yleensä vaiheen ja nollan välille eli 230 VAC jännitteelle. Jo ennen kaapelin asennusta olisi suotavaa varmistaa kaapelin eheys mittaamalla. Lämmityskaapeleista ja -elementeistä mitataan R_{low}-menetelmällä nimellisvastus nolla- ja vaihejohtimen väliltä, sekä eristysvastus 500 V jännitteellä oikosulkemalla vaihe- ja nollajohtimet toisiinsa ja mittaamalla kaapelin omaa suoja johdinta vasten. Mittaustuloksien täytyy vastata lämmityskaapelin nimellisarvoja. Mittaus tulee suorittaa uudestaan, kun lämmityskaapeli on asennettu paikoilleen. Jos kaapeli on sidottu kiinni harjateräsverkkoon, olisi suositeltavaa mitata myös kaapelin suojaohdintimen ja harjateräsverkon väliltä eristysvastus 500 V jännitteellä. Kun arvot on mitattu ja todettu täyttävän vaatimukset eli eristysvastuksen olevan vähintään 1 M Ω voidaan antaa lupa lämmityskaapelin peittämiselle. Mahdollisen lattiavalun jälkeen on syytä varmistaa kaapelin eheys suorittamalla edelliset mittaukset vielä kertaalleen. Mittaustulokset tulee kirjata ylös ennen ja jälkeen, jotta voidaan todeta asennuksen oikeellisuus. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 38).

6.4 Jännitteelliset mittaukset

6.4.1 Syötön automaattisen poiskytkennän mittaus

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi ainoastaan TN-järjestelmän mukainen syötön automaattisen poiskytkennän tarkastelu, koska se on lähes ainoastaan käytössä Suomessa pienjännitesähköasennuksissa. Vikasuojausta tarvitaan silloin, kun vikatilanne aiheuttaa vaarallisen kosketusjännitteen ja se täytyy kytkeä automaattisesti pois vaatimuksien mukaisesti. Toisaalta voidaan rajoittaa vian aiheuttama kosketusjännite turvalliselle tasolle. Uudisrakennuskohteissa voidaan tarkastella vikapiirin toteutumista myös suunnitteludokumenteista, mutta mittauksia on syytä suorittaa kohteen epäedullisimmista mittauspisteistä, jotta voidaan varmistua suojalaitteiden toiminnasta. Mittaukset olisivat suositeltavaa suorittaa kaikille käytössä oleville johdinpoikkipinta-aloille ja -tyypeille, sekä eri sulake/johdonsuojakatkaisijan suuruuksille ja -tyypeille erikseen. Tällöin saadaan varmistettua luotettavasti kaikkien suojalaitteiden toiminta. Vikavirtasuojakytkimillä varustetuissa ryhmissä ei ole pakollista varmistaa oikosulkuvirtojen riittävyttä, kunhan vikavirtasuojakytkimien toiminta varmistetaan seuraavilla sivuilla annettavien vaatimuksien mukaisesti. (ST-käsikirja 33 2018, 31–33).

Nykyaikaisissa käyttöönottotarkastusmittareissa on käytössä automaattinen laskuri pienimmälle 1-vaiheiselle oikosulkuvirralla I_{k1min} . Esimerkkinä käytettävä Megger multifunctiontester 1815-käyttöönottotarkastusmittari lisää mitattavaan kohtaan mittauksen aikana kuormitusta ja mittaa mittauspisteen jännitteenalenemaa, jonka avulla lasketaan vikapiirin impedanssi. Tämän impedanssin avulla mittari laskee automaattisesti kyseisen mittauspisteen oikosulkuvirran. Mittarissa on eri asetukset vikavirtasuojakytkimillä varustetuille ryhmille ja ilman vikavirtasuojakytkintä oleville ryhmille, sekä 2- ja 3-johdinmenetelmällä suoritettaville mittauksille. (Megger MFT-1800-sarja asennustesteri käyttöohje V.3.0. n.d, 24).

Eri käyttötarkoituksien mukaan suojalaitteilta vaaditaan joko 0,4 tai 5 sekunnin poiskytkentäaikoja. Johdonsuojakatkaisijoilla nämä arvot ovat taulukoissa yhtä suuria, mutta tulppa- ja kahvasulakkeilla arvoissa on huomattavat minimivaatimuserot. Myös sähkösuunnitelmissa laskettujen arvojen vaatimukset ovat eri suuruisia kuin käytännön mittauksesta saadut tulokset. Tämä johtuu siitä, että käytännönmittausten olosuhteet ovat edullisemmat oikosulkuvirran kannalta, koska ympäris-

tön lämpötila on tyypillisesti 20–25° celsiusastetta, mutta laskennalliset arvot on laskettu 80° celsiusasteen mukaan. 0,4 sekunnin poiskytkentä aika vaaditaan pistorasiaryhmissä enintään 63 A ryhmiin asti ja kiinteästi asennuttujen sähkölaitteiden kanssa 32 A asti. Muille suuremmille ryhmille ja pääjohdoille riittää 5 sekunnin poiskytkentäaika. (Sähköasennukset osa 3 2017, 181). Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty erilaisten sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden minimitoimintarajavirtoja.

Taulukko 1. Johdonsuojakytkimien minimivaatimukset automaattisen poiskytkennän toteutumiseen (ST-käsikirja 33 2018, 33.)

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukko 2. gG sulakkeiden minimivaatimukset automaattisen poiskytkennän toteutumiseen (ST-käsikirja 33 2018, 33.)

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	85	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	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

6.4.2 Vikavirtasuojakytkimien testaus

Uudiskohteen käyttöönotossa on testattava jokainen vikavirtasuojakytkin. Saneerauskohteissa vikavirtasuojakytkin voi sijaita myös esimerkiksi pistorasiassa itsessään tai lattialämmitystermostaattissa ja tällöin ne on mitattava ja koestettava vaatimusten mukaisesti. Jos saneerauskohteessa käytetään jo olemassa olevaa vikavirtasuojakytkintä, täytyy senkin vaatimusten mukainen toiminta varmistaa mittaamalla. Vikavirtasuojakytkimien nimelliset toimintavirrat ovat 10-, 30-, 100-, 300- ja 500 mA, mutta yleisimmin käytössä ovat 30- ja 300 mA vikavirtasuojakytkimet. Nykyään on sallittua käyttää ainoastaan A-, B- ja F-tyypin vikavirtasuojakytkimiä. Aiemmin myös käytettyjä AC-tyypin vikavirtasuojakytkimiä ei saa enää asentaa uudiskohteisiin. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2018, 49).

Vikavirtasuojakytkimet testataan ensimmäiseksi test-painikkeella, joka löytyy vikavirtasuojakytkimen rungosta. Vikavirtasuojakytkimen kuuluu lauetta TEST-painiketta painettaessa. Eri valmistajien ohjeiden mukaisesti käyttäjän kuuluu testata vikavirtasuojakytkimet test-painikkeella 3-12kk välein. Lisäksi mitataan jokaisen vikavirtasuojakytkimen toiminta-aika nimellisvirralla käyttöönotto-

tarkastusmittarilla. Mittaus voidaan suorittaa keskuksella vikavirtasuojakytkimen liittimistä tai lähdön riviliittimistä. On myös suositeltavaa mitata ns. ramppitesti vikavirtasuojakytkimille, jolla saadaan selvitettyä kyseisen vikavirtasuojakytkimen toimintavirta. Toimintavirran kuuluu olla 0,5–1 x vikavirtasuojakytkimen nimellisvirran suuruinen, oikeanlaisen toiminnan varmistamiseksi. Lisäksi voidaan varmistaa mittaamalla, ettei vikavirtasuojakytkimen toisiopuolen nolla ole yhteydessä suojajohtimeen, kun vikavirtasuojakytkin on lauenneena. (ST-käsikirja 33 2018, 34).

6.4.3 Muut testaukset

Lopuksi mitataan sähkökeskusta syöttävän verkon sähkökentän pyörimissuunta sekä 3-vaiheisten sähkölaitteiden kiertosuunnan oikeellisuus. Myös 1-vaiheisten sähköjärjestelmien kytkinlaitteiden asentaminen vaihejohtimeen varmistetaan vielä tässä vaiheessa. Se on myös osa asennustyön aikana tapahtuvaa aistinvaraista työntarkastusta. Myös erilaiset toimintatestaukset tehdään; varmistetaan erilaisten käyttö-, lukitus- ja ohjainlaitteiden toiminnat, sekä varmistetaan hätäpysäytys painikkeiden vaikutus. (ST-käsikirja 33 2018, 35).

6.4.4 Sähköautojen latauspisteiden testaus

Nykyään lähes jokaiseen uudiskohteeseen rakennetaan vähintään varaukset sähköautojen latauspisteitä varten, joten tässä opinnäytetyössä tutkitaan kuinka ne kuuluvat huomioida käyttöönotto-tarkastusmittauksissa vaatimusten mukaisesti.

Sähköautojen latauspisteet tulkitaan sähkölaitteiksi ja tämän hetken vaatimusten mukaisesti niistä täytyy mitata latauspistettä kiinteästi syöttävän ryhmäjohton tulokset standardin SFS 6000 vaatimusten mukaisesti. Latauspiste kuuluu testata puolestaan yksilöllisesti valmistajan ohjeiden mukaisesti. Sähköautojen latauspisteet täytyy suojata enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimellä. Vikavirtasuojakytkin voi sijaita myös latauspisteessä itsessään. Latauspisteen mallia valitessa täytyy ottaa huomioon asennusolosuhteet, kuten roiskevesitiiveys, pakkaneen ja asennuskorkeus turvallisen käytön takaamiseksi. (Sesko Ry Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021, 3–5).

6.5 Mittausvälineet

Edellytyksenä, että urakoitsija voi tehdä sähkötöitä on se, että häneltä löytyy vaadittavat mittausvälineet. Useimmat mittaukset voidaan suorittaa käyttöönotto-tarkastusmittarilla, mutta näiden

lisäksi vaaditaan jännitekoetin sekä pihtivirtamittari. Kaiken kaikkiaan urakoitsijalla täytyy olla käytävissä seuraavat mittalaitteet:

- Yleismittari
- Eristysvastusmittari
- Pihtivirtamittari
- Sähkökentän pyörimissuunnan mittaukseen soveltuva mittari
- Suojajohtimen jatkuvuus mittari
- Oikosulkuvirtamittari
- Jännitteenkoetin
(D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017, 360).

Käyttöönottotarkastusmittareita koskee standardi EN 61557, joka määrittelee käytettäville mittalaitteille ominaisuudet ja turvallisuustason. Käyttöönottotarkastusmittareille ei ole määritelty standardissa kalibrointiväliä, mutta asialle on voitu asettaa vaatimuksia projektin tilaajan puolelta tai yrityksen laatu järjestelmässä. Opinnäytetyön tilaajan eli Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy:n laatu järjestelmän mukaisesti he kalibroivat käyttöönottotarkastusmittalaitteet 2 vuoden välein. Heillä on käytössä kahta eri mallista käyttöönottotarkastusmittaria, joiden tärkeimmät ominaisuudet käyn läpi.

6.5.1 Metrel Mi3100 SE

Sähköasennustesteri Metrel Mi3100 SE EurotestEASI pitää sisällään seuraavat toiminnot:

- Jatkuvuusmittaus (jatkuva 7mA / 200mA yksittäismittaus)
- Eristysvastusmittaus 50–100–250–500–1000V
- Linjaimpedanssi ja jännitteenalenema
- Silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta, ilman vikavirtasuojakytkimen laukaisemista
- Tehollinen jännitemittaus
- Taajuusmittaus
- Kentän kiertosuunnan mittaus
- Maavastusmittaus
- Vikavirtasuojakytkimien testaus tyypeille A, AC & F
(Metrel MI 3100 SE EurotestEASI 2013, 6).

6.5.2 Beha-Amprobe ProInstall-100

Amprobe Telaris ProInstall-100 asennustesterillä voidaan suorittaa seuraavat mittaukset:

- Jännitteen ja taajuuden mittaus
- Kentän kiertosuunnan mittaus
- Eristysvastusmittaus
- Kontinueettimittaukset
- Vikavirtasuojien laukaisuaika ja -virta tyypeille A, AC & F
- Maadoitusvastuksen mittaus
- Silmulla- ja linjavastuksien mittaus

(Beha-Amprobe Telaris Multifunction Electrical Installation Tester Series 2013, 2).

7 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Käyttöönottotarkastusmittauksien tulokset dokumentoidaan käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan.

Tämän, myös mittauspöytäkirjaksi kutsuttavan, dokumentoinnin minimi sisältö on listattu valtioneuvoston asetuksessa 1434/2016 4§. Näitä ovat:

- Kohteen yksilöintitiedot
- Sähkölaitteiston rakentajan nimi ja yhteystiedot
- Sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- Selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- Sovelletut standardit
- Mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisen selvityksen olemassaolo
- Yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- Tarkastusten ja testauksien tulokset
- Tarkastuksen tekijän allekirjoitus tai muu varmennus luotettavasti

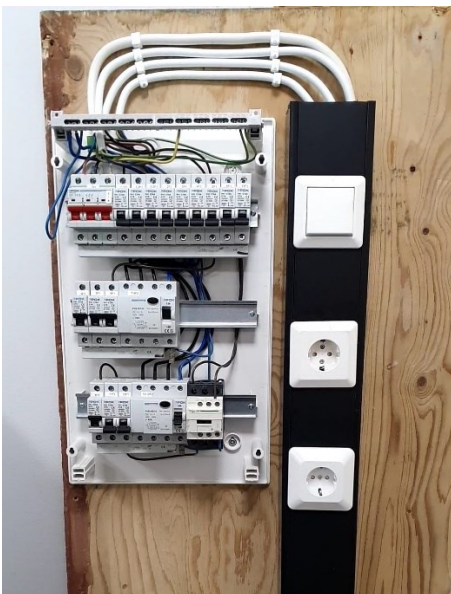
Suomen Talotekniikka -konserni on päättänyt ottaa käyttöönsä ST-kortiston mukaisen pöytäkirjapohjamallin, jonka perusteella luodaan ohjeistus koulutustilaisuuteen.

8 Koulutus

Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy:n henkilökunnalle järjestettävään koulutustilaisuuteen luotiin Microsoftin Power Point -pohjalle lähes 60 diaa sisältävä koulutuksen tukimateriaali. Tässä materiaalissa käydään läpi käsitteitä, joita sähköalalla työskentelevien henkilöiden on hyvä tietää, tiettyjä opinnäytetyön tilaajan toivomia lisähuomioita, joilla edistetään asentajien osaamista ja kehitystä sekä tietenkin varsinaiseen käyttöönottotarkastusmittauksien suorittamiseen teoria- ja tietopohjaa. Myös mittauspöytäkirjapohjan täyttäminen käytiin läpi vaihe vaiheelta koulutuksen aikana.

Koulutustilaisuuteen luotiin myös pienimuotoinen testiympäristö, jolla voitiin havainnoida heidän käytössään olevien mittalaitteiden käyttöä, sekä sitä miltä mitattavien tuloksien kuuluisi käytännössä näyttää. Testiympäristön avulla mallinnettiin myös sitä, kuinka 150 metrin pituinen asennuskaapeli vaikuttaa mittaustuloksiin.

Kuviossa 10 näkyvä testiympäristö koostuu pienestä sähkökeskuksesta, johon asennetaan pääkytkin, N- ja PE-kiskot, vikavirtasuojakytkimiä kaksi kappaletta, johdonsuojakatkaisijoita, kontaktori ja kytkin tämän ohjaukseen sekä kaksi pistorasiaa, joilla voidaan havainnoida eri pituisten ryhmäjohtojen vaikutusta mittaustuloksiin. Testiympäristöä syötetään kolmivaiheisella 16 A voimavirtapistokkeella, mutta testiympäristöä syöttävän ryhmän vikavirtasuojakytkimen aiheeton laukeaminen koulutustilaisuuden aikana haluttiin välttää. Tämä ongelma ratkaistiin siten, että testiympäristön sähkönsyöttöä varten rakennettiin väliaikainen voimavirtapistorasias vikavirrattomasta ryhmästä ja täten mittauksien aikana voitiin saada todettua esimerkiksi suojajohtimen jatkuvuuden toteutuminen muun muassa ilmanvaihtokanavistoon, vaikka syöttävä N-johdin olikin irroitettuna. Tätä viisijohdin asennusta, jolla testausympäristöä syötettiin, oli käsiteltävä erityisellä huolellisuudella. Jännitteettömien mittauksien mallinnuksen ajaksi mallinnuskeskusta syöttävät kolme johdonsuojakatkaisijaa käännettiin OFF-asentoon, jolloin ei päässyt tapahtumaan inhimillisiä vahinkoja koulutustilaisuuden aikana.



Kuvio 10 Koulutustilaisuuteen rakennettu testiympäristö

Edellä mainittujen lisäksi asentajille luotiin ohjeistusmateriaali, kuinka mittauksia työmaalla on järkevää suorittaa ja mitä esivalmisteluja mikäkin mittausvaihe edellyttää, jotta kaikki ei jää ulkoa muistamisen varaan. Tämä mittausohje sisälsi myös selkokieliset ohjeistukset STT:n käytössä olevien käyttöönottotarkastusmittareiden käyttöön. Näiden avulla saadaan asentajille varmuutta mittauksien suorittamiseen ja tämän myötä mittaukset etenevät tulevaisuudessa sujuvammin.

9 Havainnot ja pohdinta

Opinnäytetyön aihe oli minulle entuudestaan jokseenkin tuttu, koska olen aiemmin tehnyt sähköasentajan töitä ja täten myös suorittanut käyttöönottotarkastusmittauksia. Opinnäytetyöni aiheeseen tutustuessani laajemmin ja aiempaa huolellisemmin huomasin paljon uusia näkökulmia mittauksien suorittamiseen. Havaitsin myös, että olin aiemmin tehnyt ylimääräistä ja turhaa työtä mittauksia tehdessä. Erityisesti erilaisten suojausmenetelmien hahmottuminen on selkeentynyt opinnäytetyön myötä. Myös tietyt käsitteet ovat vaihtaneet nimityksiään vuosien varrella, ja tämä on aiheuttanut sekaannuksia.

Käyttöönottotarkastusmittauksien tekeminen on siltikin edelleen aliarvostettu osuus sähköistysprojektia, eikä sitä välttämättä muisteta huomioida tarpeeksi laajasti esimerkiksi urakoiden tarjouksien jättämisen yhteydessä. Myös sähköasentajat kokevat sen tyypillisesti vain työmaan loppuvaihetta koskevaksi nopeaksi tuloksien ylös kirjaukseksi ennen kuin työkalut pakataan ja lähdetään kohti seuraavaa työmaata.

Opinnäytetyön tietoperustaan tutustuminen oli hyvin työläs vaihe. Erityisesti aistinvaraisten mittauksien kaikkiin sisältöihin tutustuminen huolellisesti yllätti laajuudeltaan. Tietolähteinä toimivat hyvin luotettavat tietolähteet, eikä niiden paikkansapitävyyttä tarvinnut juuri epäillä opinnäytetyötä tehdessä. Eri tietolähteitä vertaillen oli usein helppoa tulla siihen lopputulokseen ettei niiden välillä ollut ristiriitoja. Tietoperustaan tutustuminen oli samanaikaisesti erittäin opettavaista ja avasi minun silmiäni siitä, kuinka mittauksiin liittyvää tarkastelua täytyy tehdä koko työmaan ajan, alusta loppuun asti. Myös käsitteiden merkityksen syvempi oppiminen ja ymmärtäminen auttaa varmasti tulevaisuudessa, kun näiden asioiden kanssa on aktiivisesti tekemisissä. Sähkövoimatekniikan opiskelu on antanut erittäin paljon hyötyjä mittauksiin liittyvien epäselvyyksien hahmottamisessa ja selkeyttänyt asioiden ymmärtämistä.

Opinnäytetyön edetessä oli haastavaa luoda koulutusmateriaalia, koska STT:n sähköasentajien tietopohja on hyvin vaihtelevaa riippuen henkilöiden työkokemuksesta. Joku voi olla vasta työelämään tullut ammattikoulusta ja toinen puolestaan on tehnyt 30 vuotta asennustyötä. Tästä syystä pyrin luomaan koulutusmateriaalin siitä lähtökohdasta, että koulutettavilla oli vähintään ammattikoulutasoinen tietoperusta sähkötekniikasta eli koulutustilaisuus ei antaisi maallikoille ymmärrettävää informaatiota juuri lainkaan.

Covid-19 pandemiasta johtuen koulutustilaisuutta siirrettiin myöhempään ajankohtaan alkuperäisestä tavoitteesta. Valitettavasti henkilöstöä oli vielä koulutuksen järjestämisaikajankohdanakin jouduttu lomauttamaan ja koko henkilökunta ei pystynyt osallistumaan koulutukseen. Toisaalta tämän vuoksi koulutustilaisuus oli intensiivisempi vajaan 10 hengen ryhmälle järjestettynä ja jokaista läsnäolijaa voitiin opastaa henkilökohtaisesti mittalaitteiden käyttöön ja käytännön mittauksien suorittamiseen testiympäristössä. Myös kysymyksien esittämiselle on matalampi kynnyksen pienemmässä ryhmässä ja läsnäolijoiden on helpompi osallistua keskusteluihin koulutuksen aikana. Ennen koulutuksen esittämistä arvioin sen kestävän noin 2–2,5 tuntia. Todellisuudessa se kesti keskusteluineen ja mittausharjoituksineen lähes 4,5 tuntia. Koulutuksen lopussa kävimme läpi osallistujien kanssa mitä he oppivat koulutuksen aikana, oliko esityksessä turhia asioita ja jäikö jotain informaatiota mahdollisesti puuttumaan. Palaute oli erittäin positiivista koulutuksesta ja kokeneetkin asentajat olivat sitä mieltä, että he olisivat halunneet saada vastaavan koulutuksen mieluummin jo 10 vuotta aikaisemmin, mutta parempi myöhempäänkin kuin ei milloinkaan. Myös mittausohje otettiin vastaan tyytyväisinä, koska aiemmin mittalaitteiden omien käyttöohjekirjojen selailu on aiheuttanut lähinnä harmaita hiuksia. Mittausohjeen avulla myös työnjohtajien on helpompi opastaa sähköasentajia puhelimen välityksellä mahdollisten ongelmatilanteiden aikana.

Sähköala on yleisesti ottaen niin moniulotteinen ala, että kukaan ei voi tietää kaikkea mitä siihen liittyy tarkasti. Tekniikka myös kehittyy valtavaa vauhtia ja sen perässä pysyminen on suuri haaste. Toki luonnonlakien alaisuudet säilyvät ja ohmin laki pätee melko varmasti myös ensi vuonna. Myös standardit päivittyvät suhteellisen tiheästi mikä luo omat haasteensa määräyksien osaamiselle. Vaatiikin siis jatkuvaa itsensä kehittämistä, että pysyy työelämän vaatimuksien kehityksessä mukana. Tästä syystä myös työnantajien panostus henkilökunnan kehittämiseen esimerkiksi koulutuksen muodossa on ensiarvoisen tärkeää.

Opinnäytetyötä tehdessä Suomen Talotekniikka – konserni ei ollut vielä ehtinyt ottamaan käyttöön Dalux-järjestelmää, emmekä täten pystyneet tutkimaan tämän opinnäytetyön merkeissä voitaisiinko mittauspöytäkirjoja digitalisoida. Tämä edistäisi varmasti paljon tiedon välittymistä työmaalta toimistolle. Paperille täytetyissä mittauspöytäkirjoissa on myös se riski, että ne katoavat syystä tai toisesta ja se saattaa aiheuttaa suuren määrän ylimääräistä työtä, koska mittaustulokset on dokumentoitava alusta alkaen uudestaan.

Olen kiitollinen Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy:lle luottamuksesta, kun sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön heille aiheesta, joka oikeasti kehittää työelämää, sähköurakointia ja itseäni.

Lähteet

Beha-Amprobe Telaris Multifunction Electrical Installation Tester Series, 2013. Käyttöohje. Amprobe.

D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2017. Sähköinfo. 26. painos, Espoo: Sähköinfo Oy

Kananen J., 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä – Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset. 2018. 9. painos. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kylpy- ja suihkutilojen sähköasennukset, n.d. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Internet sivusto. Viitattu 6.4.2021. <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/sahkoasennusten-tekniset-vaatimukset/kylpy-ja-suihkutilojen-sahkoasennukset>

Megger MFT-1800-sarja asennustesteri käyttöohje V.3.0, n.d. Käyttöohjekirja. Perel Oy.

Metrel MI 3100 SE EurotestEASI, 2013. Instruction manual Version 1.1, METREL d.d.

Sesko Ry Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2021. 5. painos. Viitattu 4.3.2021. https://www.sesko.fi/files/1210/SESKO_lataussuositus_2021-02-17.pdf

SFS-Käsikirja 600-1-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1, Yleisvaatimukset SFS 6000 osat 1-6. 1. painos. Helsinki: SFS ry

SFS-Käsikirja 600-1-2. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2, Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset SFS 6000 osat 7-8. 1. painos. Helsinki: SFS ry

ST-käsikirja 33. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. 2018. Sähköinfo. 4. painos, Espoo: Sähköinfo Oy.

Standardointikenttä. N.d. SESKO Ry. Internet sivusto. Viitattu 7.3.2021. https://www.sesko.fi/sesko_ry.

Suomen Talotekniikka, n.d. Internet sivusto. Viitattu 1.3.2021. <https://suomentalotekniikka.fi>.

Suomen Talotekniikka Sähkö Jyväskylä Oy, n.d. Internet sivusto. Viitattu 5.3.2021.

<https://www.finder.fi/S%C3%A4hk%C3%B6ty%C3%B6t/Suomen+Talotekniikka+S%C3%A4hk%C3%B6+Jyv%C3%A4skyl%C3%A4+Oy/Jyv%C3%A4skyl%C3%A4/yhteystiedot/3139383>

Sähköasennukset osa 3. 2017. 4. painos. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähköturvallisuuslainsäädäntö, n.d. Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry. Internet sivusto. Viitattu 6.3.2021. <https://stek.fi/sahkoturvallisuus/sahkoturvallisuuden-vaatimukset/sahkoturvallisuuslainsaadanto/>

Sähkötöiden johtajan tehtävät, n.d. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Internet sivusto. Viitattu 5.3.2021. <https://tukes.fi/sahko/sahkotoiden-johtaja>

Valokaarivikasuojat, 2021. ABB asennustuotteet. Internet sivusto. Viitattu 6.4.2021. http://www.asennustuotteet.fi/catalog/22470/Valokaarivikasuojat_FIN1.html

Liitteet

Liite 1. Mittausohje (salassa pidettävä)

Liite 2. Koulutustilaisuuden Power Point – esitys (salassa pidettävä)