

Sähköverkon maakaapelointi



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Kevät, 2023

Jere Nevalainen

Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Tekijä Jere Nevalainen

Työn nimi Sähköverkon maakaapelointi

Ohjaaja Timo Väisänen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Sähkömarkkinalain muutos vuonna 2013 on pakottanut sähköverkkoyhtiötä panostamaan sähkönjakelun luotettavuuteen asettamalla korvausvaatimuksia yhtäjaksoisiin sähkönjakelun keskeytyksiin. Tästä syystä verkkoyhtiöt ovat investoineet sähköverkkoon ja tehneet säävarmaaverkkoa ja maakaapeloinut olemassa olevia ilmajohtoverkkoja maan alle suojaan sään vaikutuksilta.

Opinnäytetyön tarkoitus oli luoda lyhyt paketti tietoa sähkönjakeluverkon maakaapelointiin liittyvistä työvaiheista suunnittelusta dokumentointiin, kuitenkin keskittyen itse maakaapelointiin. Työssä tarkasteltiin maakaapelin asentamista maakaapelikaivantoon ja maakaapelin asentamista auramalla, jotka ovat yleisimpiä tapoja asentaa maakaapelia. Tarkasteluun otettiin myös kaapelin erilaisia suojausmenetelmiä ja niiden asentamisia. Työssä ei otettu kantaa kaapelien merkintöihin, jatkamiseen tai kytkentöjä kojeistoihin yms.

Valmiista opinnäytetyöstä tuli lyhyt tietopaketti, jossa käydään pääpiirteittäin läpi sähköverkon maakaapeloinnin eri vaiheita, keskittyen maanrakennustyöhön. Työstä käy ilmi maakaapelointiin liittyviä lakeja ja standardeja, suunnittelun vaiheita, mitä vaadittavia tarkastuksia ja testauksia kaapeleille täytyy tehdä, kaapelien dokumentointiin liittyviä asioita, sähköverkon rakennustyömaan työturvallisuus vaatimuksia, kaapelien asennustapoja sekä suojaustapoja.

Avainsanat Maakaapelointi, sähköverkko, maakaapeli

Sivut 26 sivua ja liitteitä 1 sivu

The change in the Electricity Market Act in 2013 has forced electric network companies in Finland to invest in the reliability of electricity distribution by setting compensation requirements for continuous interruptions in electricity distribution. For this reason, the network companies have invested in the electricity network and made a weatherproof network and have moved the existing overhead power lines underground to protect them from the effects of the weather.

The purpose of the thesis was to create a brief information package concerning the work phases related to ground cabling of the electricity distribution network. This thesis introduces the various stages, from planning to documentation, while its main focus is on ground cabling itself. This thesis examines at installing an underground cable in an underground cable trench, and installing an underground cable by plowing, which are the most common ways to install an underground cable. Various cable protection methods and their installations were also taken into consideration. This thesis makes no assessments on cable markings, extensions, or connections to switchgear, etc.

The finished thesis became a brief information package, which outlines the different phases of underground cabling of the electrical network, focusing on earthworks. The work demonstrates the laws and standards related to underground cabling, planning stages, what required checks and tests must be done on the cables, issues related to the documentation of the cabling, occupational safety requirements at the electrical network construction site, cable installation methods and protection methods.

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Maakaapelointi sähköjakelun kehittämisessä | 1 |
| 2.1 | Suomen sähköverkot | 2 |
| 3 | Maakaapeloinnin suunnittelu | 3 |
| 3.1 | Trimble NIS..... | 3 |
| 3.2 | Luvat ja sopimukset | 4 |
| 3.2.1 | Maakaapelin sijoittaminen kunnan katu- tai muille yleisille alueille... | 4 |
| 3.2.2 | Maakaapelin sijoittaminen tiealueelle..... | 5 |
| 3.2.3 | Maakaapelin sijoittaminen rautatiealueelle | 5 |
| 3.2.4 | Maakaapelin sijoittaminen vesialueelle..... | 6 |
| 3.3 | 0,4 kV Maakaapelin valinta ja sähköinen suojaus | 6 |
| 3.3.1 | Kaapelit..... | 6 |
| 3.3.2 | Kuormitettavuus..... | 7 |
| 3.3.3 | Ylivirtasuojaus ja oikosulkusuojaus | 9 |
| 3.4 | 20 kV maakaapelin valinta ja sähköinen suojaus..... | 9 |
| 4 | Maakaapelien tarkastukset, testaukset ja dokumentointi | 10 |
| 4.1 | Tarkastukset | 10 |
| 4.2 | Testaukset ja mittaukset | 11 |
| 4.3 | Dokumentointi | 12 |
| 5 | Maakaapelointi..... | 12 |
| 5.1 | Työturvallisuus | 13 |
| 5.1.1 | Henkilönsuojaimet | 14 |
| 5.1.2 | Nostotyöt | 14 |
| 5.2 | Maakaapelien asennussyvyys ja suojaaminen..... | 15 |
| 5.2.1 | Kaapelikaivanto | 16 |
| 5.2.2 | Suojaaminen betonilla | 17 |
| 5.2.3 | Suojaaminen putkilla ja kouruilla | 17 |
| 5.2.4 | Kaapelinousut..... | 18 |
| 5.3 | Kaapelien käsittely | 19 |
| 5.3.1 | Kaapelikelat | 19 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.4 | Asennus maahan..... | 20 |
| 5.4.1 | Asentaminen kaapelikaivantoon..... | 20 |
| 5.4.2 | Asentaminen auraamalla | 21 |
| 5.4.3 | Asentaminen veteen | 22 |
| 5.5 | Kaapelien komponentit ja jatkosmontut | 22 |
| 6 | Yhteenveto | 23 |
| | Lähteet..... | 24 |

Liitteet

| | |
|---------|--|
| Liite 1 | Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähköturvallisuutta koskevat standardit |
|---------|--|

1 Johdanto

Maakaapelointia tehdään jakeluverkkoyhtiöiden toimesta paljon ja maakaapelointiin liittyvää tietoa löytyy internetistä rajallisesti ja tieto on hajallaan. Ammattikirjallisuudesta tietoa löytyy kohtuullisen paljon, mutta kynnyks hakea kirja lainaan tai kaupasta voi olla suuri ja sillä lähdin tekemään opinnäytetyönä tiivistä ja yksinkertaista tietopakettia sähkökaapelien maakaapeloinnista. Opinnäytetyö on suunnattu maanrakentajille, jotka työskentelevät jakeluverkkojen maakaapelointitöissä ja kaikille, joita kiinnostaa kyseinen aihe. Työ pitää sisällään 0,4 kV ja 20 kV jännitetaso maakaapeliosuuden eikä työ ota kantaa kaapelien kytkentöjä kojeistoihin yms.

Työssä käydään läpi jakeluverkon maakaapelointiin liittyviä ohjeistuksia, lakeja, maakaapeloinnin suunnittelua, mittauksia, tarkastuksia, dokumentointia, sähkö- ja työturvallisuutta, asennuksia ja verkonhaltijan vastuuta ja velvollisuuksia. Eri verkonhaltijoiden töissä on käytössä erilaisia ohjeistuksia ja vaatimuksia, joten opinnäytetyö ei itsessään ole valmis ohje maanrakentajalle, vaan verkonhaltijan ohjeet ja vaatimukset on otettava huomioon tehtäessä heidän töitään. Tämän takia työssä ei oteta myöskään kantaa kaapelien merkintöihin, jotka eroavat eri verkkoyhtiöiden välillä huomattavasti.

2 Maakaapelointi sähköjakelun kehittämisessä

Verkkoyhtiöillä on luonnollinen monopoliasema Suomessa ja näin ollen verkkoyhtiöillä ei ole kilpailun takia tarvetta kehittää verkkoaan tai pitää kustannuksiaan kurissa. Sen takia on luotu sähkömarkkinalaki, jolla ohjataan sähköverkkoyhtiöiden toimintaa. Sähkömarkkinalain tarkoitus on turvata loppukäyttäjien hyvä sähkön toimitusvarmuus, kilpailukykyinen sähkön hinta ja kohtuulliset palveluperiaatteet. Kuitenkin tulee varmistaa, että sähkömarkkinat voivat toimia tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 1)

Sähkömarkkinalaki asettaa jakeluverkon toiminnalle laatuvaatimuksia. Myrskyn tai lumikuorman aiheuttama jakeluverkon vioittuminen ei saa aiheuttaa asemakaava-alueelle yli kuusi tuntia kestävä sähkönjakelun keskeytystä. Asemakaava-alueen ulkopuolella kyseinen sähkönjakelun keskeytys ei saa olla pidempi kuin 36 tuntia. Jakeluverkonhaltija voi poiketa näistä ajoista asemakaava-alueen ulkopuolella, jos käyttöpaikka sijaitsee saarella, jonne ei

ole kiinteää kulkuyhteyttä tai säännöllisesti liikennöitävää maantielauttaa. Sähkönjakelun keskeytys voi olla myös pidempi asemakaava-alueen ulkopuolella etäisessä kohteessa, jos sähkönkulutus kohteessa on ollut enintään 2500 kilowattituntia kolmen edellisen kalenterivuoden aikana. (Sähkömarkkinalaki 588 / 2013 § 51)

Loppukäyttäjällä on oikeus vakiokorvaukseen ilman erillistä vaatimusta sähkönjakelun tai sähköntoimituksen yhtäjaksoisen keskeytymisen perusteella, jos jakeluverkonhaltija tai vähittäismyyjä, joka toimittaa sähkö loppukäyttäjille ei pysty näyttämään sähkönjakelun keskeytyksen olevan hänen vaikutusmahdollisuuksiensa ulkopuolella. Korvaus on enintään 200 prosenttia vuotuisesta siirtopalvelumaksusta tai 2000 euroa. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 100)

Suomessa sähkötöiden tekeminen on luvanvaraista työtä. Määräyksien noudattamista valvoo Suomessa sähköturvallisuusviranomaisen eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisee vuosittain listan, joita standardeja on noudatettava sähkönjakeluverkon asennuksissa, jotta jakeluverkko on turvallinen käyttää. (Sähköturvallisuuslaki 1135 / 2016) Turvallisuus- ja kemikaaliviraston lista on liitteissä (Liite 1 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähköturvallisuutta koskevat standardit).

2.1 Suomen sähköverkot

Suomen sähköverkko koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, alueverkoista ja jakeluverkoista. Kantaverkon avulla siirretään sähköä voimalaitoksista koko maan kattavasti 400 kV, 220 kV ja 110 kV jännitetasoilla. Kantaverkkoa hallinnoi Suomalainen yritys Fingrid Oyj. Alueverkot ovat sähköverkkoyhtiöiden omistuksessa olevia 110 kV jännitetason voimajohtoja. Jakeluverkot liittyvät kantaverkkoon sähköasemien välityksellä, joissa kantaverkon suurjännite muutetaan keskijännitetasolle. Jakeluverkot siirtävät sähköä alueellisesti, toimivat 0,4 kV – 110 kV jännitetasoilla ja ovat sähköverkkoyhtiöiden omistuksessa. (Stuk, 2021)

Suomen kolme suurinta jakeluverkkoyhtiötä ovat Caruna Oy, Elenia Verkko Oyj ja Helen Sähköverkko Oy. (Stuk, 2021) Näistä Caruna Oy on suurin noin 720 000 asiakkaalla ja maakaapelointiaste on 60 prosenttia. (Caruna Oy, 2022) Toiseksi suurin jakeluverkkoyhtiö on

Elenia Verkko Oyj 435 000 asiakkaalla ja säävarman verkon osuus on 60 prosenttia. (Elenia Verkko Oyj, 2022) Kolmantena on Helen Sähköverkko Oy 400 000 asiakkaalla ja maakaapelin osuus sähköverkosta on 97 prosenttia. (Helen Sähköverkko Oy, 2020)

3 Maakaapeloinnin suunnittelu

Sähköverkon suunnittelu on moninaista työtä. Siihen kuuluu verkon sähköinen suunnittelu, asiakaskontaktit, lupa-asioiden hoitaminen, asennustarvikkeiden tilaaminen, maastosuunnittelu ja suunnittelupaketin teko, jonka avulla työ saadaan tehtyä.

Kaapelireitin valinnassa on otettava monia asioita huomioon suunnitteluvaiheessa, jotta reitti on mahdollinen toteuttaa. Huomioitavia asioita ovat muun muassa olemassa olevat kaapelit, maanalaiset rakenteet ja maaperä. Maaperän kaivettavuuteen on kiinnitettävä huomiota, mahdollisiin liikennejärjestelyihin kaivuun aikana sekä kaapelin asennusmenetelmät on otettava huomioon. (Monni, 2018, s. 109)

3.1 Trimble NIS

Sähköverkon suunnittelu toteutetaan Trimble NIS työkalun avulla. Se on verkkotietojärjestelmä sähköyhtiöiden liiketoimintaan. Se koostuu modulaarisista toimialasovelluksista, joita ovat verkostolaskenta, verkon suunnittelu ja rakentaminen, omaisuudenhallinta, verkkoinvestointien hallinta ja kunnossapito. (Trimble, 2021)

Verkostolaskenta-sovelluksella verkostosuunnittelija voi tarkistaa sähköverkon teknisen mitoituksen nykyisessä ja suunnitellussa sähköverkossa, varmistaakseen sähköverkon komponenttien toteuttavan sähkönjakelun vaatimukset. Verkon suunnittelu ja rakentaminen -sovellus tukee kaikkia verkon suunnittelun tasoja. Sovelluksen avulla saadaan selville jo suunnitteluvaiheessa tarvittavia materiaaleja, toimenpiteitä ja näiden kustannuksia vakiorakennepaketteja ja hinnastoja käyttäen. Suunnitelmatiedot integroituvat saumattomasti olemassa olevaan verkkomalliin, tämä helpottaa ja nopeuttaa verkon käyttämistä operatiivisesti, kun vastarakennettu verkon osa otetaan käyttöön. (Trimble, 2021)

OmaisuuDENhallinta-sovelluksen avulla on mahdollista analysoida monipuolisesti sähköverkkoa. Sen avulla voidaan analysoida omaisuuden ominaisuustietoja, kuten tilaa, kuntoa, määrää, sijaintia, ikää, alueellisia kulutuksia ja kehitystrendiä. (Trimble, 2021)

Verkkoinvestointien hallinta -sovelluksen avulla saadaan yhteen paikkaan verkkoinvestointien hallinnassa tarvittavat tiedot, kuten budjetit sekä ennakoitujen ja toteutuneiden kustannukset. Investointien vaikutus verkon jälleenhankinta- ja nykykäyttöarvoon voidaan analysoida verkkoinvestointien hallinta -sovelluksella. (Trimble, 2021)

Kunnossapito-sovellus mahdollistaa korjaus-, tarkastus- ja kunnossapitotöiden suunnittelun ja aikataulutuksen perustuen budjettiin ja resursseihin. Se myös mahdollistaa kunnossapitotietojen tarkastelun ja syötön maastossa mobiililaitteilla ja hyödyntämisen käyttötoiminnassa. (Trimble, 2021)

3.2 Luvat ja sopimukset

Maakaapelien sijoittamiseen täytyy aina saada lupa ja asiasta on tehtävä sopimus asianomaisen viranomaisen tai maanomistajan kanssa. Yleisimpiä maakaapelin sijoituspaikkoja ovat kunnan katu- ja yleiset alueet, tiealueet, rautatiealueet, vesistöt ja yksityiset maanomistajat. Sopimukset ovat kannattavaa tehdä kirjallisina välttääkseen myöhemmin tulevat ongelmat, jos tulee erimielisyyttä asioista mitä on sovittu.

Jos maanomistaja ei anna lupaa sijoittaa maakaapelia tai sähköverkon vähäisiä laitteita omistamalleen tai hallinnoimalleen maalle, eikä ole mahdollista toteuttaa kohtuullisin kustannuksin toista reittiä. Maankäyttö- ja rakennuslaki 161 § mahdollistaa kaapelin ja muun vähäisen laitteen asentamisen maahan ilman varsinaista maanomistajan lupaa. Tällöin sijoittamisesta vastaa kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Sijoittamisesta ei saa aiheutua tarpeetonta haittaa kiinteistölle. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 § 161)

3.2.1 Maakaapelin sijoittaminen kunnan katu- tai muille yleisille alueille

Maakaapelin sijoittaminen pysyvästi kunnan katu- tai muille yleisille alueille vaatii kunnan kanssa tehtävän sijoittamissopimuksen. Pienimuotoisissa sähkö- tai telejohtojen sijoitus- tai

liitostöissä voidaan sijoittamissopimus tehdä katulupahakemuksen yhteydessä. Katulupa haetaan kunnan valmiilla lomakkeella. (Monni, 2018, s. 109)

Monilla kunnilla on jo käytössä sähköinen lupapiste palvelu, jolla on mahdollista tehdä sähköisesti maakaapelin sijoittamista varten tarvittavat sijoittamislupahakemukset. Myös kuntakohtaisia eroavaisuuksia on alku- ja loppukatselmoineista, osalle kelpaa kuvat kohteesta ennen ja jälkeen kaivuiden ja joidenkin kuntien kanssa on pidettävä aloituskatselmus paikan päällä ennen töiden alkua ja loppukatselmus työn valmistuttua.

3.2.2 Maakaapelin sijoittaminen tiealueelle

Liikennevirasto ohjaa ja valvoo sähköjohtojen rakentamista liikenneväylien läheisyyteen. Tienpitoviranomaiselta on haettava sijoituslupa maantien tiealueelle sijoitettavalle maakaapelille. Liikenneviraston ohje ” Sähkö- ja telejohdot ja maantiet 23.10.2018 ” ohjaa johtojen rakentamista maanteiden osalta. (Monni, 2018, s. 109)

Liikenneviraston ohje asettaa tiukempia määräyksiä kaapelien suojuuksille, kuin standardit. Kaapeloidessa maantien tiealueelle on suotavaa lukea liikenneviraston ohjeistus kaapeloinnin eroavaisuuksista ja vaatimuksista, jotta kaapelit tulevat asennettua määräysten mukaisesti.

3.2.3 Maakaapelin sijoittaminen rautatiealueelle

Jos maakaapelia ollaan sijoittamassa rautatiealueelle, täytyy hakea risteämälupa rautatieviranomaiselta. Ennen luvan hakemista on selvitettävä riittävästi, miten on mahdollista sijoittaa maakaapeli rautatiealueelle. (Monni, 2018, s. 110)

Maakaapelointia suunniteltaessa rautatiealueelle on oltava suunnittelijalla ratatyöturvallisuuskoulutus käytynä ja voimassa olevana. Myös maanrakentajilla ja asentajilla, jotka työskentelevät Väyläviraston luvalla rautatiealueella on oltava ratatyökoulutus käytynä ja voimassa olevana. (Väylävirasto, 2022)

3.2.4 Maakaapelin sijoittaminen vesialueelle

Ympäristöviranomaiselta on aina haettava lupa vesi-, viemäri-, voima- tai muun johdon rakentamiseen yleisen kulku- tai uittoväylän alitse. Lupa tarvitaan, jos kaapeli tai johto on väyläalueella, eikä varsinaisesti kulkisi väylän poikki. Vesialueen omistajalta esimerkiksi rannanomistajalta tai osakaskunnalta tarvitaan lupa kaapelien sijoittamista varten. (Monni, 2018, s. 110)

Vesialueelle sijoitettavan kaapelin lupa-asioita hoitaa joko Ely - keskus tai aluehallintovirasto. Se kumpi hoitaa lupa-asioita riippuu rakennushankkeen suuruudesta ja vaikutuksesta ympäristöön.

3.3 0,4 kV Maakaapelin valinta ja sähköinen suojaus

Kaapelin valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten jännite, kuormitus, kaapelin pituus, käyttöpaikka, budjetti ja kohteen muut mahdolliset erityisvaatimukset. Sähköinen suojaus täytyy miettiä kaapelivalinnan jälkeen, sillä kaapelikoko vaikuttaa suojauksiin.

Kaapelien valintaa ja sähköisten suojausten vaatimuksia helpottaa suunnittelutyökalu Trimble Nissin käyttö suunnittelussa. Verkko voidaan suunnitella suunnittelutyökalulla valmiiksi ja tehdä verkkolaskenta, joka näyttää jokaiselle kaapelille ja komponentille lasketut arvot esimerkiksi jännitteistä, oikosulkusuojauksen toimintanopeudesta ja sähköisen suojausten selektiivisyydestä. Jos tietyt arvot eivät täyty, voidaan suunnitteluohjelmalla valita esimerkiksi koko suunniteltu kaapelireitti ja vaihtaa kaapelin lajia pykälää paksumpaan kaapeliin ja koittaa laskentaa uudelleen. Näiden suunnittelua helpottavien työkalujen avulla saadaan valittua kaapelit ja suojaukset, jotka täyttävät sähkönjakeluverkon vaatimukset.

3.3.1 Kaapelit

Maahan asennettavan kaapelin täytyy olla mekaanisesti riittävän vahvoja vaipallisia kaapelityyppejä. Yleensä nämä kaapelit ovat standardin HD 603 mukaisia ja mitoitusjännitteeltään 0,6/1 kV voimakaapeleita. Kaapelit voivat olla varustettu metallisella kosketussuojalla tai olla ilman maadoitettavaa kosketussuojaa. Kaapelien täytyy soveltua Suomalaisiin olosuhteisiin. Yleisiä metallisella kosketussuojalla varustettuja kaapeleita ovat

esimerkiksi MCMK, AMCMK, AXCMK tyyppiset kaapelit. Yleinen ilman metallista kosketussuojaa varustettu kaapeli on esimerkiksi AXMK. (SFS 6000-8-814:2017, s. 5)

Suomessa on käytössä oma kaapelien tyyppimerkintä, jonka avulla kaapelit voidaan tunnistaa. Merkintä löytyy kaapelista, usein tasaisin välein ja on kirjain- ja numeroyhdistelmä. Lajimerkinnät ovat syntyneet erilaisissa alan kehitysvaiheissa vuosikymmenien aikana, joten ne eivät ole täysin yksiselitteisiä. Lajimerkintöjä tulkittaessa kirjaimet kuvastavat kaapelin rakenneosia sisältä ulospäin alkaen johdinosasta ja numerot kaapelin poikkipinta-alaa ja johtimien määrää. Kupari on jätetty merkinnöistä pois, sillä johtimet olivat aina ennen kuparia. (Monni, 2018, s. 90)

Taulukossa 1 on yleisimpiä kaapelin lajimerkintöjä. Esimerkkinä taulukosta katsottaessa yleinen maakaapeli AXMK, johtimesta ulospäin olisi alumiininen johdin, PEX-eristeiset johtimet, muovieristeinen vaippa ja maakaapeli. Toinen esimerkki MCMK, kuparinen johdin, muovieristeiset johtimet, konsentrinen nollajohdin, muovieristeinen vaippa ja maakaapeli.

Taulukko 1. Maakaapelien tyyppimerkinnät (Monni, 2018, s. 90)

| Kaapelimerkintä | Tarkoitus |
|------------------------|--|
| A | Alumiini, alussa johdin muutoin kosketussuoja |
| C | Konsentrinen nollajohdin |
| H | Puolijohtava tai johtava kerros eristyksen molemmiin puolin |
| J | Juutti tai polypropeeni |
| K | Kaapeli |
| L | Lyijyvaippa |
| M | Muovieristys tai muovivaippa |
| P | Pyörölanka-armeeraus |
| W | Vesitiivis johdin |
| X | PEX-eristys |

3.3.2 Kuormitettavuus

Kaapelin käyttölämpötila ei saa nousta liian suureksi, sillä se nopeuttaa kaapelin eristyksen vanhenemista, joka voi aiheuttaa kaapelin tuhoutumisen. Kaapelin liian suuri kuormitus aiheuttaa kaapelin lämpenemistä, joten on tärkeää määrittää kaapelille sopiva kuormitus. (Monni, 2018, s. 94) Kaapelin eristysaineen lämpötila johtimessa ei saa ylittää raja-arvoa,

joka on PVC, HFFR ja PE eristeillä 70 °C ja PEX ja EPR eristeillä 90 °C (SFS 600-5-52:2022, s. 14).

Standardin SFS 6000 mukaan voidaan jakeluverkon kuormitettavuutta määrittäessä käyttää maan lämpötilana +15 °C, ilman +25 °C ja maan lämpöresistiivisyyden perusarvona 1,0 Km/W. Näiden avulla on saatu laskettua sallitut jatkuvat kuormitusvirrat PVC- eristeisille kuparijohtimille sekä PEX-eristeisille alumiinijohtimille, joissa on kolme kuormitettua johdinta. Taulukossa 2 lasketut sallitut arvot suorassa maa-asennuksessa ja putkeen asennettaessa. (SFS 6000-8-814:2017, s. 5)

Taulukko 2. Alumiini ja kuparikaapelien kuormitettavuus maa- tai putkiasennuksissa (SFS 6000-8-801:2017, s. 16)

| Johdin materiaali | Johtimen poikkipinta mm ² | Asennustapa 1 Ampeeria | Asennustapa 2 Ampeeria |
|-------------------|---|---------------------------|---------------------------|
| Kupari | 1,5 | 22 | 26 |
| | 2,5 | 29 | 35 |
| | 6 | 47 | 57 |
| | 10 | 61 | 77 |
| | 16 | 79 | 100 |
| | 25 | 101 | 130 |
| | 35 | 120 | 160 |
| | 50 | 142 | 190 |
| | 70 | 175 | 240 |
| | 95 | 207 | 285 |
| | 120 | 236 | 325 |
| Alumiini | 16 | 61 | 78 |
| | 25 | 79 | 100 |
| | 35 | 94 | 125 |
| | 50 | 112 | 150 |
| | 70 | 137 | 185 |
| | 95 | 162 | 220 |
| | 120 | 184 | 255 |
| | 150 | 207 | 280 |
| | 185 | 233 | 330 |
| | 240 | 267 | 375 |
| | 300 | 303 | 430 |

Asennustapa 1: Asennus putkessa tai umpinaisessa johtokanavassa

Asennustapa 2: Asennus suoraan maassa ilman mekaanista suojaa tai mekaanisella suojalla kuten suojakouru

3.3.3 Ylivirtasuojaus ja oikosulkusuojaus

Ylivirtasuojaus jakautuu kahteen osaan, ylikuormitussuojaukseen ja oikosulkusuojaukseen. Ylikuormitussuojauksen tehtävä on estää liian suuri kuormitus johdon syöttämään ryhmään. Oikosulkusuojauksen tehtävä on katkaista vikatapauksissa syntyvät oikosulkuvirrat. Oikosulkusuojan on toimittava nopeasti, sillä täytyy olla suuri virrankatkaisukyky ja rajoittaa suojattavaan johtoon päästämä energia sellaiseksi, ettei se vaurioita johdon rakennetta vian aikana. Ylivirtasuojauslaite voi olla yhteinen, kuten sulake, johdonsuojakatkaisija tai katkaisija. Suojauslaitteet voivat olla myös erilliset, esimerkiksi jakeluverkossa kiinteistön liittymisjohto on oikosulkusuojattu johdon alkupäästä ja ylikuormitussuojana toimii kiinteistön pääsulakkeet. (Tampereen ammattikorkeakoulu, n.d.)

Pienjännitejakeluverkossa oikosulkusuojaus tapahtuu sulakkeilla, kaapelin lähtöpäässä. Jakeluverkossa uusilla/saneerattavilla liittymisjohdoilla on täytyttävä alle viiden sekunnin oikosulun poiskytkentäaika. Muilla osilla oikosulkusuojina voidaan käyttää verkon haltijan harkinnan mukaan ylivirtasuojia, jolloin oikosulun poiskytkentäaika voi ylittää viisi sekuntia. (SFS 6000-8-801:2017, s. 8)

3.4 20 kV maakaapelin valinta ja sähköinen suojaus

20 kV maakaapelin valinnassa ovat määräävinä tekijöinä kaapelin kuormitettavuus ja oikosulkukestoisuus. Viallisen kaapelin erottaminen sähköverkosta tapahtuu sähköisen suojauksen avulla, estäen vaaratilanteet ja vian laajentumiset. (monni, 2018, s. 101)

Kuten pienjännitekaapeleilla keskijännitekaapelin kuormitettavuuden määräävinä tekijänä on kaapelin käyttölämpötila, joka ei saa nousta ympäristöolosuhteiden kanssa liian suureksi. PEX-eristeisen yli 1 kV maakaapelin lämpötila ei saa nousta yli +90 °C. Näin kuuma kaapeli voi kuitenkin aiheuttaa kaapelin ympäröivän maaperän kuivumisen ja aiheuttaa sitä kautta kaapelin ylikuormittumisen. Tästä syystä maahan asennettavan PEX-eristeisen kaapelin jatkuvan käyttölämpötilan ei suositella olevan yli 60 °C. (Monni, 2018, s. 101)

Keskijänniteverkossa oikosulkusuojauksena käytetään vakioaikaylivirtarelettä, joka toimii virran ylittäessä tietyn raja-arvon ja antaa ohjauskäskyn katkaisijalle, joka erottaa viallisen kaapelin jakeluverkosta. (Monni, 2018, s. 102)

4 Maakaapeliin tarkastukset, testaukset ja dokumentointi

Sähköturvallisuuslaki määrää, että sähkölaite tai laitteistot eivät saa aiheuttaa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Sekä ne eivät saa aiheuttaa kohtuutonta häiriötä sähköisesti tai sähkömagneettisesti eikä ne saa häiriintyä niistä myöskään (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 § 6). Laitteiston katsotaan täyttävän tämän lain vaatimukset noudattamalla standardeja, jotka sähköturvallisuusviranomaisen on luetteloanut. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 § 32)

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia tarkastuspöytäkirja sähkölaitteiston rakentajan toimesta laitteiston haltijan käyttöön. Vähäisiksi katsottavista töistä tarkastuspöytäkirja ei ole pakollinen, mutta tarvittaessa testausten tulokset on annettava laitteiston haltijalle. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 § 43)

Tarkastuspöytäkirjan ei ole oltava tietynlainen, mutta siitä on käytävä ilmi nämä asiat:

- kohteen yksilöintitiedot
- sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötyöiden johtajan nimi ja yhteistiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- sovelletut standardit
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset
- tarkastuksen tekijän allekirjoitus (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2022)

Sähkölaitteiston käyttöönottoajankohtana pidetään sitä ajankohtaa, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä koekäyttöön tai käyttöönottotarkastuksessa tarpeellisia valvottuja käyttötilanteita. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 § 42)

4.1 Tarkastukset

Jakeluverkon osat ja niiden laajennukset täytyy tarkastaa ennen kuin niitä saadaan ottaa käyttöön. Tarkastukset pitävät sisällään aistinvaraisia tarkastuksia ja tarvittavia testauksia ja

mittauksia. Tarkastuksiin kuuluvat aistinvaraiset tarkastukset, joita on mm. kaapelin silmämääräinen tarkastaminen kaapeliojassa, kaapelin varmistaminen kyseiseen käyttötarkoitukseen, taivutussäteet, kaapelin asennussyvyys, mekaaniset suojaukset mm. kourut, putket ja betonoinnit, kosketussuojaus, varoitusnauhat ja kilvet, merkinnät, etäisyysvaatimukset, kaaviot ja muutosten dokumentointi sekä kaivujäljet. (Monni, 2018, s. 153)

4.2 Testaukset ja mittaukset

Kun maakaapelit on saatu asennettua, täytyy asennukset tarkistaa sekä suunnittelun riittävyys varmentaa. Sähkölaitteiden ja laitteistojen on täytettävä sähköturvallisuuslain vaatimukset ennen käyttöönottoa, eikä aistinvaraisesti pystytä tarkastamaan kaikkea, turvaudutaan mittauksiin ja testauksiin. Mittauksissa on käytettävä SFS-EN 61557-standardisarjan asianomaisen osan mukaisesti mittaus- ja tarkastuslaitteita ja menetelmiä. Myös muita mittalaitteita voidaan käyttää, mutta niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso eivät saa olla huonompia. (SFS 6000-6:2022, s. 8)

Pienjänniteasennuksista täytyy mitata kaapelin eristysresistanssi, suojajohtimien jatkuvuus, kiertosuunta, vaiheistus, jännitteet ja oikosulkuvirrat. Maakaapeleista on myös aina mitattava eristysvastus. (SFS 6000-6:2022, s. 8,9)

Keskijänniteasennuksissa on mitattava samat mittaukset kuin pienjänniteasennuksissa. Keskijänniteasennuksissa tilaaja ja toimittaja sopivat keskenään sovellettavista testausstandardeista ja testien vaatimuksista asentamisessa ja käyttöönotossa. Mahdollinen koekäyttö sovitaan myös tilaajan ja toimittajan kesken. (SFS 6001:2018, s. 99)

Keskijännitekaapeleista mitataan myös ulkovaipan eheys metallisen kosketussuojan ja maan väliltä. Tämän mittauksen avulla saadaan selville, onko kaapelin vaippa vioittunut kuljetus-, lasku- tai kaivuutöissä. Ennen mittauksia kaapelin on oltava noin viikko peitettynä, jotta peittomaa on ehtinyt tiivistyä tarpeeksi. Testausjännite on 5 kV ja siinä on hyvä ottaa huomioon sähkötyöturvallisuus. (Sonepar, 2022)

4.3 Dokumentointi

Nykyään sähköverkosta dokumentoidaan Trimble NIS työkalun avulla lähes kaikki mahdolliset tiedot. NIS:iin dokumentoidaan maakaapeloinnin osalta mm. kaapelin tyyppi, laji, poikki pinta-ala, pituus, valmistaja, asennuspäivämäärä, mittaustiedot, urakoitsija, mahdolliset suojaukset (kourut, putket tai betonoinnit ja niiden tarkemmat tiedot), kaapelin osuudelle maankäyttösopimus ja kunnossapitotietoja.

Maakaapelin sijainti saadaan maastosta tarkkana GPS:n avulla ja tarkka GPS tieto voidaan siirtää NIS:iin. Taajamissa kaapelin sijainti on oltava ± 10 cm tarkkuudella sivuttaissuunnassa ja syvyystieto on oltava saman verran. Taajaman ulkopuolella kaapelin reitin tarkkuudeksi riittää ± 50 cm ja syvyystiedon on oltava edelleen ± 10 cm tarkkuudella.

5 Maakaapelointi

Maakaapelointi on muutakin kuin kaivinkoneella kaivamista ja kaapelin levittämistä kaivantoon. Työt alkavat usein muualta kuin itse kohteesta, kun tavaroita ja työkoneita kuljetetaan työkohteeseen. Suunnitelmien on oltava hyviä ja selkeitä, jotta turhia odotuksia ja työn pysäytyksiä ei tule. Kaapelien asentamisessa on otettava monia asioita huomioon kuten kaapelia kaivaessa on otettava huomioon mahdolliset jatkosmontut, mihin kohtaan ne maastossa on järkevää sijoittaa tai miten saadaan kaivettua ahdas paikka ja levitettyä kaapelikin vielä kaivantoon. Myös kaapelien tarkastukset, testaukset, pöytäkirjat sekä dokumentointi vie oman aikansa.

Maakaapelointityöt ovat moninaisia töitä ja työt voivat olla monenlaisessa ympäristössä. Työt voivat olla yhteisellä rakennustyömaalla, jossa on useita eri toimijoita, kaupungin keskustassa tai vaikka keskellä metsää. Usein töihin myös kuuluu erilaisia työkoneita, joiden toiminta voi olla täysin tuntematonta. Siksi on tärkeää panostaa työturvallisuuteen ja tietoisuuteen erilaisista riskeistä eri ympäristöissä.

Kuvassa 1 on usein käytettyjä suojausmenetelmiä, joita käydään lävitse tässä osiossa. Vasemmalla SRE-putkiasennus (SN64) sillan reunaa pitkin, keskellä betonoinnilla toteutettu kaapelinsuojaus kallion takia ja oikealla AXMK 95 kaapelin suojaaminen SN16 luokan suojakouruilla.

Kuva 1. kaapelien suojauksia eri menetelmillä



5.1 Työturvallisuus

Työturvallisuutta säätelee työturvallisuuslaki, jonka tarkoituksena on turvata työntekijöiden työkyky sekä ylläpitää työkykyä parantamalla työympäristöä ja työolosuhteita.

Työtapaturmien ja ammattitautien torjuminen ja ennaltaehkäisy kuuluu työturvallisuuslain tarkoituksiin. (Työturvallisuuslaki 738/2002 § 1)

Ennen maanrakennustöiden alkamista on hyvä selvittää mahdollisten maanalaisten kaapeleiden ja rakenteiden sijainti. Hyviä ilmaisia palveluita ovat Johtotietopankki ja Kaivulupa, joiden nettisivuilta saa tehtyä ilmaiseksi hakemuksen kaivualueen johtoselvityksen. Palvelusta saa mahdolliset karttaliitteet ja maastoon kaapelinäytöt.

Jos kaivuutöissä ilmestyy yllättäen maakaapeleita, on otettava heti yhteyttä alueen sähköverkkoyhtiöön ja pyydetävä lisäohjeita. Jännitteisiä kaapeleita ei saa kaivaa esiin. Kaapeleita esiin kaivaessa on kaapelia lähestyttävä lapiokaivuuna, ei kaivinkoneella. Kaapeleita ei saa myöskään siirrellä omatoimisesti. (Elenia, 2022)

Jos kaivuutöissä osutaan maakaapeliin, on kaivinkoneen sisällä turvassa, toistaiseksi jos se ei syty palamaan. Jos kaivinkone alkaa savuamaan tai syttyä palamaan, on hypättävä pois kyydistä tasajalkaa koskematta samanaikaisesti kaivinkonetta ja maata ja hypittävä tasajalkaa tai yhdellä jalalla 20 metrin päähän turva-alueelle. Jos kaivinkone säilyy käyttökuntoisena, on siirrettävä kauha pois kaivannosta ja ajettava kaivinkone 20 metrin

päähän vahinkopaikasta turva-alueelle, jonka jälkeen voi poistua normaalisti kaivinkoneesta. Tämän jälkeen on soitettava alueen verkkoyhtiölle ja ilmoitettava vahingosta. Vahinkopaikasta on pidettävä kaikki turvaetäisyydellä, kunnes turvallisuus on varmistettu. (Elenia, 2021)

5.1.1 Henkilönsuojaimet

Sähkönjakeluverkon rakentamista koskevat samat turvallisuusohjeet ja -määräykset kuin rakennustyömaata. Näin ollen sähkönjakeluverkon rakentamistyömaalla on oltava

- suojakypärä leukahihnalla
- silmänsuojaimet
- turvajalkineet naulaanastumis- ja varvassuojalla
- vähintään luokan 2 varoitusvaatetus
- muut työkohtaiset vaadittavat henkilösuojaimet (Elenia, 2021)

Lisäksi rakennustyömaalla on oltava kuvallinen henkilökortti veronumerolla, voimassa oleva työturvallisuuskortti sekä verkonhaltijasta riippuen heidän yhteistyökorttinsa, erikseen vaadittavat pätevyystodistukset ja työkohtaiset kortit (tulityökortti, jännitetyökortti yms.). (Elenia, 2021)

5.1.2 Nostotyöt

Maakaapelitöissä nostotyöt ovat pääsääntöisesti kaapelikelojen siirtelyitä tai kaapelin levittämistä kaapelikelalta, joko kaivinkoneella tai nosturilla. Jokainen nostotyö on syytä olla harkittu ja suunniteltu sekä nostovälineet täytyy olla tarkoituksenmukaiset. Kaapelia levitettäessä kaapelikelalta käsin, on oltava paikassa, josta kaapelikela ei pääse pyörimään päälle, jos nostolaitteet pettävät ja kaapelikela tippuu alas. Ikinä ei saa mennä nostettavan kappaleen alle.

Nostolaitteet ja nostoapuvälineet on oltava tarkoituksenmukaisia, hyväksytyjä ja tarkastettuja. Nostolaitteita käyttäessä on noudatettava nostolaitteen käyttöohjeita ja noudatettava suurimpia sallittuja nostokuormia. Nostoapuvälineitä käyttäessä on noudatettava välineiden suurimpia sallittuja nostokuormia ja otettava huomioon kuinka

erilaiset kulmat vaikuttavat enimmäiskuormitettavuuteen. Nostoapuvälineitä on hyvä säilyttää huolellisesti, jotta ne eivät vahingoitu. (Rakennusteollisuus, n.d.)

5.2 Maakaapelien asennussyvyys ja suojaaminen

Maakaapelit on asennettava riittävän syväälle tai suojattava mekaanisesti muulla tavalla. Kaapelin asennussyvyyteen vaikuttaa kaapelin tyyppi sekä paikalliset olosuhteet, kuten maan laatu ja sen routiminen, maan käyttötarkoitus, mahdollinen liikenteen määrä ja sen luonne. (SFS 6000-8-814:2017, s. 6)

Maakaapeli, jossa on metallinen kosketussuoja, kuten kaapelityypit MCMK ja AMCMK, voidaan asennuksen tekijän ja haltijan harkinnan mukaan kaapeli asentaa 0,30 m syvyyteen. Jos kaapeli asennetaan tätä pinnempaan, on se suojattava mekaanisesti, kuten suojaputkella tai betonoimalla. Syy miksi näin voidaan menetellä, johtuu kaapelin rakenteesta. Kaapelin metallinen kosketussuoja aiheuttaa vierasesineen tunkeutuessa johtimen ja suojajohtimen välille vian ja aiheuttaa suojalaitteen toiminnan ja katkaisee jännitteen, joten sähköiskun vaara jää pieneksi. (SFS 6000-8-814:2017, s. 6,7)

Kaapelin, jossa ei ole metallista kosketussuojaa, kuten AXMK tyyppinen kaapeli, on upotettava vähintään 0,7 m syvyyteen tai suojattava mekaanisesti riittävän hyvin. Ilman metallista kosketussuojaa kaapeliin tunkeutuva vierasesine voi osua vaihejohtimeen ja vierasesine voi tulla jännitteiseksi ja aiheuttaa vakavan sähköiskun vaaran. (SFS 6000-8-814:2017, s. 6)

Sähkökaapelien varoitusnauha, suojakourut ja putket on oltava keltaisen värisiä.

Telekaapeleiden suojakourut ja putket on oltava punaisia. (SFS 6000-8-814:2017, s. 7) Näin voidaan välttyä erehdyksiltä ja tiedetään heti minkä kanssa ollaan tekemisissä, jos kaivaessa tulee vastaan. Taulukossa 3 on vaaditut suojaukset kaapelille ilman metallista kosketussuojaa. Esimerkiksi AXMK tyyppinen kaapeli asennettuna 0,4 m syvyyteen piha-alueella vaatii SN16 luokan suojakourun tai putken.

Taulukko 3. Maakaapelin suojaus eri asennussyvyyksillä, ilman metallista kosketussuojaa (SFS 6000-8-814:2017, s. 7)

| Kaapelin tai suoja-putken asennussyvyys h (Kaapelin asennusalustan syvyys) | Standardin SFS-EN 61386-24* mukaisen iskunkestävyyden ja puristuskestävyyden mukaan | Standardin SFS 7505 mukaisen putken ja suojakourun luokka |
|--|---|---|
| $h \geq 0,7 \text{ m}$ | varoituss nauha | varoituss nauha |
| $0,5 \text{ m} < h < 0,7 \text{ m}$ | L 450 | kevyt käyttö SN4 |
| $0,3 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ piha ja puistoalueilla | N 750 | raskas käyttö SN16 |
| $0,3 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ muilla alueilla | N 450 | keskiraskas käyttö SN8 |

5.2.1 Kaapelikaivanto

Kaapelikaivannon on oltava vähintään 0,7 m syvä. Pelloilla ja ojanpohjalla kaapelikaivannon syvyys oltava vähintään yhden metrin, jotta kaapeli ei vaurioidu peltotöiden aikana tai tule pintaan ojan perkauksen yhteydessä. Jos kaapelikaivantoon täytyy tehdä pohjatäyttö, on kaivanto kaivettava syvemmäksi, jotta kaapeli jää riittävän syvälle. Kaapelikaivannon leveys määräytyy asennettavien kaapelien tai putkien vaatimusten mukaan.

Kaapelikaivannon rakenne pohjasta pintaan päin on suodatinkangas, pohjatäyttö, kaapelit, suoja-äyttö, varoitusverkko tai -nauha, lopputäyttö ja päällyste. Suodatinkangas asennetaan tarvittaessa, jos maaperä on louherakenteinen tai ei kantava. Suodatinkankaan luokka on N2. Pohjatäyttö tehdään erikseen, jos alustassa on teräviä kiviä, joita ei saada poistettua. Pohjatäytössä käytetään hiekkaa tai hienojakoista maata, jonka raekoko on enintään 8 mm. Pohjatäytössä on huomioitava, että se täyttää kaivantoa, joten kaivantoa on kaivettava syvemmäksi, jottei kaapelit jää liian pintaan. Kaapelit asennetaan kaapelikaivantoon suorana, erotusvälit huomioiden. Kaapeliasennusten jälkeen kaapelit ja suojaukset tarkastetaan, että ovat standardien ja suunnitelmien mukaisia. Suoja-äytössä kaapelit peitellään hiekalla tai hienojakoisella maa-aineksella, jonka raekoko on enintään 8 mm. Suoja-äyttö on vähintään 0,2 m kaapelin päältä mitattuna. Varoituss nauha asennetaan suoja-äytön jälkeen. Varoituss nauhan asennus tulee vähintään 0,2 m mitattuna kaapelin yläpinnasta tai maanpinnasta. Varoituss nauhan on oltava keltainen ja varoittaa sähkökaapelista sekä salamasympoli varoittamassa sähkön vaaroista. Lopputäytössä

kaapelikaivanto peitellään alkuperäisen maanpinnan tasolle, käyttäen yleensä kaivuumaata. Kaivanto tiivistetään kerroksittain, kun kaapelit on peitelty vähintään suojatäytöllä. Päällyste kerros on pintakerros, joka jää jälkeen kaivutöiden päätyttyä. Pintakerros on tehtävä alkuperäiseen kuntoon töiden päätyttyä. Esimerkiksi nurmikon kylvö tai asfalttien paikkaus. (SFS 6000-8-814:2017, s. 6)

5.2.2 Suojaaminen betonilla

Joskus kaapelireitille tulee vastaan kalliota ja kaapelin peittosyvyys jää matalaksi. Kallion louhinta on yksi vaihtoehto, mutta tulee kalliiksi varsinkin, jos kyseessä on yksi PJ-kaapeli. Tällöin voidaan turvautua kaapelin suojaamiseen betonilla. Betonilla suojaten on mahdollista viedä kaapeli paljaan kallion läpi kohteeseen.

Suunniteltu kaapelireitti, joka betonoidaan, on suunniteltava huolella, jotta betonoinnin alle tai vierelle ei synny vesilammikoita, jotka pääsevät jäätymään. Tämä voi lyhentää suojauksen käyttöikää huomattavasti. Kallio on siistittävä irtoaineksesta ja tasattava murskeella ennen kaapelin asennusta. (Hämäläinen & Teriö, 2011)

Jos kaapeli suojataan betonilla, on kaapeli ensin kourutettava SN16 luokan kaapelinsuojakourulla tai putkella, kaapelin pinta ei saa osua betoniin. Kourujen asentamisen jälkeen betonia voidaan kaataa kourujen päälle. Betonisen suojauksen on oltava vähintään 300 mm leveä ja 50 mm korkea kourun yläreunasta. Liikennöitävillä alueilla betonia on oltava vähintään 100 mm kaapelinsuojakourun yläpinnasta ja betoni on vahvistettava pitkittäisraudoituksella. (Hämäläinen & Teriö, 2011)

5.2.3 Suojaaminen putkilla ja kouruilla

Kaapelit on suojattava, jos niiden upotussyvyys ei ole riittävä. Kaapelin suojaus on saman tasoinen, jos suojauksena toimii saman luokan suojaputki tai suojakouru. Putkella ei saavuteta suojauksen suhteen etuja. Suojaputkia on luokan SN64 omaavia putkia, joilla asennus voidaan tehdä pinta-asennuksena esimerkiksi sileän kallion pintaa pitkin, ankkuroiden kallioon.

Suojakourut asennetaan kaapelin päälle limittäin suojaamaan kaapelia. Suojakourujen päälle on hyvä heittää lapiolla hieman maata päälle asennuksen jälkeen, jotta varmistetaan suojakourun pysyminen paikallaan. Kaapelikaivanto peitellään normaaliin tapaan ja varoitusnauha asennetaan normaalisti.

Jos kaapeli halutaan asentaa putkeen, täytyy putki asentaa ensin kaapelikaivantoon, putken valmistajan ohjeita noudattaen. Useampaa putkea asennettaessa rinnakkain on hyvä ottaa huomioon putkien välinen etäisyys toisistaan, joka on oltava vähintään 50 mm. Maa-aines menee putkien väliin ja tukee putkien rakennetta (Meltex, n.d.). Myös putken korkeus on hyvä ottaa huomioon ja syventää kaivantoa niin, että putken yläosa ei jää liian matalalle. Jos kaapeliputkia tulee useita ja kaapelikaivannosta tulee leveä, on suositeltavaa asentaa useampia sähkökaapelin varoitusnauhoja, esimerkiksi 60 cm päähän toisistaan (SFS 6000-8-814:2017, s. 7). Kaapelikaivanto peitellään normaaliin tapaan. Kun kaapelikaivanto on peitelty, voidaan kaapeli vetää putkeen. Lyhyet matkat menevät työntämällä kaapelia putkeen, mutta pidemmissä putkivedoissa on hyvä käyttää apuvälineitä. Putkikäärmeen tai vetojousen avulla saadaan työnnettyä vetoa kestävä kaapelinvetonaru putkien läpi. Narun päähän sidotaan kaapelinvetosukka, joka kytketään kaapelin päähän kiinni. Käteväksi todettu tapa maastossa saada naru putkeen, on solmia muovipussi narunpäähän ja työntää muovipussi, johon naru on sidottu putkeen. Tämän jälkeen puhaltaa tehokkaalla lehtipuhaltimella putken sisään ja syöttää samalla naruun löysiä. Nyt voidaan vetää putkikäärme pois putkesta ja alkaa vetämään kaapelia vetonarun avulla, joko koneellisesti tai käsin. Kaapelin puoleisen putkenpää on hyvä pyöristää, jottei se vahingoita kaapelia vetäessä putkeen.

5.2.4 Kaapelinousut

Maakaapelin noustessa maasta esimerkiksi pylvääseen tai talon seinälle, on kaapeli suojattava muototeräksellä 1,5 m korkeuteen ja liikenneväylien varrella 2,0 m korkeuteen asti. Maan alle suojauksen on ulotuttava 0,2 m syvyyteen asti. Suojaukseksi kelpaa myös vähintään SFS-EN 61386-1 mukaisella lujuusluokan 4 asennusputkella, raskaan käytön suojaputkella tai samanarvoisella tavalla. (SFS 6000-8-814:2017, s. 7)

Lähes aina kaapelit suojataan teräksisellä kaapelinsuojakourulla 2 metrin korkeuteen, tuotaessa pylväälle tai talon seinälle. Kaapelinsuojakourussa on yläpäässä kevennysura, jolla kourua saadaan avattua hieman, jotta kaapeli ei osu terävään reunaan. Alapäässä on useampi kevennysura, joiden avulla kourun alapäätä saadaan taivutettua, ettei kaapeli osu terävään reunaan. Joskus käytetään alumiinista putkea, jos se on asennuksen kannalta helpompaa tai asennus vaatii kaapelin suojauksen joka suunnasta.

5.3 Kaapelien käsittely

Sähköturvallisuuslaissa sähkötyöksi määritellään sähkölaitteen korjaus- ja huoltotyöt sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotyöt. Näin ollen maakaapelin asennus on sähkötyötä ja sen tekemiseen vaaditaan sähköpätevyys, tai maakaapelin asennustyö on tehtävä kokonaan sähköalan ammattilaisen valvonnassa. Tämä tarkoittaa sitä, että maarakennusurakoitsija saa sähköurakoitsijan valvonnan alaisuudessa ja vastuulla asentaa maakaapeleita. (Monni, 2018, s. 118)

Kaapeleita on käsiteltävä huolellisesti ja käytettävä oikeita työmenetelmiä. Kaapelia käsiteltäessä on otettava huomioon kaapelin valmistajan ilmoittamat käsittelyarvot, kuten käsittelylämpötila, suurimmat taivutussäteet asentaessa ja pysyvä taivutussäde sekä sallitut vetovoimat.

Mahdollinen kaapelivaurio kaapelia käsitellessä voi jäädä huomaamatta ja aiheuttaa kaapelivian käyttöönotossa tai tulevaisuudessa. Maakaapelin vikapaikan korjaaminen on aina työlästä. Ensin vikapaikka on paikallistettava, jonka jälkeen voidaan vikapaikka kaivaa auki ja varoa mahdollisesti muita kaapeleita samassa kaivannossa, sitten voidaan korjata vika ja peittää kaivanto.

5.3.1 Kaapelikelat

Kaapelikelat ovat pääsääntöisesti puuta ja suuren massan kanssa melko vahinkoalttiita. Kaapelikela voi vahingoittua kuljetuksen tai siirtojen aikana ja aiheuttaa kaapeliin vaurioitumisen, mikä huomataan vasta käyttöönotoissa ja aiheuttaa kalliin vahingon. Siksi on

tärkeää käsitellä kaapelikeloja huolellisesti. Kaapelikeloista saadaan palauttaessa pantti, siksi on tärkeää myös huolehtia kaapelikelojen hyvästä säilytyksestä.

Kaapelikelat täytyy säilyttää pystyasennossa. Niitä ei ole tarkoitettu nostettavan lappeeltaan, esimerkiksi viputarraimella. Kaapelikelan oikea nosto tapahtuu kelan läpi menevän akselin ja nostovaijerin levittäjän avulla. Kaapelikelat on tuettava maastossa, estäen niiden liikkeelle lähdön esimerkiksi alamäkeen aiheuttaen vahinkoa. Kaapelikelaa ei saa pudottaa ajoneuvosta. (Prysmian Group, 2015)

5.4 Asennus maahan

Kaapelia voidaan asentaa maahan eri tavoin. Yleisimpiä tapoja on koneellisesti kaivaen tai auraaminen. Näistä auraaminen on nopeampi tapa asentaa kaapelia, mutta se vaatii siihen soveltuvan kaapelin, isomman kaivinkoneen, sopivan maaperän eikä reitillä alla saa olla varottavia rakenteita kuten muita kaapeleita.

5.4.1 Asentaminen kaapelikaivantoon

Kaapelin asentaminen kaapelikaivantoon on yleisin asennustapa. Kaivutyöt suoritetaan useimmiten koneellisesti kaivamalla. Joskus on myös pakko turvautua lapioon, jos kaivinkonetta ei saada mahtumaan esimerkiksi ahtaaseen pihaan, jossa kaivuu tapahtuu.

Kaapelikaivanto kaivetaan vaaditunlaiseksi ja maasta nousevat suuret kivet siirretään sovittuun paikkaan. Pienemmät kivet voidaan haudata takaisin kaapelikaivantoa peitettäessä. Kaapeliojan pohjalta poistetaan terävät kivet ja ojan pohja tasataan pehmeällä maa-aineksella, kuten hiekalla. Kaapeli voidaan asentaa kaapelikaivantoon monella tapaa ja paikasta riippuen kannattaa valita kyseiseen paikkaan helpoin tapa.

Tässä kappaleessa on yleisiä tapoja asentaa kaapeli kaapelikaivantoon. Kaapeli voidaan levittää ennen kaivuun aloittamista tai kaivuun jälkeen kaapelikaivannon läheisyyteen, josta avustava maanrakennustyöntekijä voi siirrellä kaapelin käsin suoraan kaivantoon. Kaapeli voidaan asentaa kaivantoon myös suoraan kelalta, jota kuljetetaan kaivannon reunaa pitkin, tällä asennustavalla on hyvä huomioida työturvallisuus nostotöissä. Kaapeli voidaan myös vetää suoraan kelalta koneellisesti tai käsin kaivantoon, tällä asennustavalla on hyvä

huomioida, ettei kaapeli vaurioidu hinkatessaan kiviä vasten ja onkin suotavaa käyttää kannatinrullia.

Kaapeliojan kaivamisessa on hyvä ottaa huomioon maa-aineksen sekoittuminen. Esimerkiksi pellolla tai mursketien kaivamisessa, on jälkitöiden kannalta hyödyllistä siirtää maa-ainekset kerroksittain eripuolille kaivantoa tai päällimmäinen maakerros kauemmas kaivannosta ja alimmainen maakerros lähemmäs kaivantoa. Kaivantoa peitettäessä aloittaa alimman maakerroksen maa-aineksella ja tekee pinnan päällimmäisellä maa-aineksella. Näin saadaan maakerrokset pysymään suunnilleen samanlaisina kuin olivat olleet ennen kaivuutakin.

5.4.2 Asentaminen auraamalla

Kaapeliaura on työkoneeseen tuleva lisälaitte. Jonka avulla kaapeli saadaan aurattua haluttuun syvyyteen ilman maansiirtämistä. Kaapeliauralla saadaan myös samalla asennuksella varoitusnauha kaapelin päälle. Auraaminen vaatii reitin esiauraamisen siirtäen isommat kivet ja juurakot pois tieltä ja pehmentämään maaperää varsinaista auraamista varten. Esiauraus tapahtuu joko routapiikillä tai tyhjällä kaapeliauralla. Kaapeliauran on oltava tarpeeksi iso aurattavaan kaapeliin verrattuna, jotta välttyään kaapelien kiilautumiselta kaapelikanavassa.

Kaapelin auraaminen alkaa kaivamalla aloitusmonttu, josta auraaminen lähtee liikkeelle, jotta kaapeli saadaan heti vaadittuun syvyyteen. Aurattava kaapelireitti esiaurataan ensin, poistaen suuret kivet tieltä ja pehmentämällä aurasreitti. Tämän jälkeen kaapelit levitetään muutaman metrin päähän esiauratun reitin rinnalle, niin ettei niiden päältä ajeta työkoneella. Kaapelit voivat olla myös erillisessä keläkärnyssä työkoneessa kiinni tai kuljettaa toisella työkoneella auran läheisyydessä, jolloin kaapeleita ei tarvitse levittää vaan kaapelit kulkevat koko ajan mukana. Kaapelit laitetaan aloitusmontussa kaapeliauran kaapelikanavaan ja kaapelin häntä on hyvä joko peittää pieneltä matkalta aloitusmontussa tai sitoa johonkin kiinni, ettei kaapelin pää lähde mukana maan alle auruksen alettua. Kun auraus alkaa on katsottava, ettei kaapelin pää lähde auran mukana kulkemaan maan alle. Auruksen aikana on seurattava aurattavien kaapeleiden kulkua auran kitaan, ettei kaapelit jää jumiin maastossa esimerkiksi kivien tai kantojen taakse ja aiheuta vaurioita kaapeliin kiristyessään tai hinkatessa kiviä vasten. Auruksen aikana on myös tärkeä huomioida

kaapelien asennusten aikaiset taivutussäteet ja sallitut vetovoimat. Aurauksen päättäminen tapahtuu lopetuskuoppaan, jotta kaapelit eivät nouse maasta loivasti ylös. Jälkityöt aurauksen jälkeen onnistuu nopeasti, siirtämällä mahdolliset nousseet kivet tapauskohtaisesti sovittuun paikkaan ja tasaamalla aurausjälki.

5.4.3 Asentaminen veteen

Joissain tapauksissa kaapelin joutuu asentaa veteen esimerkiksi saarikohteissa, jossa saareen rakennetaan sähköverkkoa tai jos helpoin/lyhyin reitti on mennä järven läpi kaapelilla. Tällöin kaapeli suojataan rantaosuudelta 2 metrin syvyyteen asti alaveden korkeudesta, sopivalla tavalla esimerkiksi SN64 luokan suojaputkella. Jos kaapelia ei suojata putkella on se kaivettava yleisten vaatimusten mukaisesti ja suojattava sen mukaan. Rantautumisessa on otettava huomioon rannan muodot ja laatu sekä mahdolliset mekaaniset rasitukset kuten jään ja veden korkeuden vaihtelut ja vesiliikenne. (SFS 6000-8-814:2017, s. 7)

Vesistökaapeli voidaan asentaa lautalta suoraan veteen. Kaapelia lasketaan kelalta suoraan veteen. Tällä tavalla täytyy olla tarkkana, ettei laske liikaa kaapelia veteen verrattuna kuljettuun matkaan, kaapeli voi mennä sykkyrälle veden pohjalle. Vesistökaapeli voidaan myös pienemmissä vesistöissä kelluttaa perille. Tällä tavalla kaapeliin asennetaan tasaisin välimatkoin kelluke, jonka avulla kaapeli pysyy pinnalla koko vesistön ylitysmatkan. Kun kaapeli on perillä, poistetaan kellukkeet ja kaapeli uppoaa vesistön pohjaan.

5.5 Kaapelien komponentit ja jatkosmontut

Maakaapelikelloilla on usein maksimillaan noin 500 metriä kaapelia. Tästä syystä kaapeleihin täytyy tehdä aika-ajoin jatkoja. Pj-kaapelin jatkos onnistuu tavallisessa kaapelikaivannossa, mutta Kj-kaapelin jatkoksen teko tarvitsee enemmän tilaa ja vie enemmän aikaa. Kj-kaapelin jatkoa varten täytyy kaivannon olla sillä kohtaa reilun kokoinen, jotta asentajat saavat tarvittaessa asennusteltan monttuun. Jatsettavan kaapelin täytyy tulla keskeltä kaivantoa jatkosmonttuun. Jatkosmontun koon takia täytyy huomioida kaivuu vaiheessa jo, että mihin kohtaan jatkosmontun tekee.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyöstä onnistui tulemaan yleispätevä tietopaketti maanrakentajille sekä maakaapeloinnista kiinnostuneille henkilöille. Materiaaleina käytetyt tekstit yhdistettynä minun aiempaan työkokemukseeni helpottivat opinnäytetyön tekemistä ja loivat varman pohjan tiedon paikkansapitävyydelle.

Opinnäytetyötä tehdessä tuli haasteena vastaan eri verkkoyhtiöiden erilaiset ohjeistuksensa asennuksista, mittauksista, dokumentoinnista ja suojauksista. Opinnäytetyöstä olisi saanut tarkemman keskittyä vain yhden verkkoyhtiön toimintatapoihin ja ohjeistuksiin.

Työtä tehdessä minulle tarttui paljon uutta tietoa maakaapeloinnista ja varsinkin lakiteksteistä ja standardeista. Saatu tieto on jo koettu hyödylliseksi työelämässä. Opinnäytetyötä olisi voinut jatkaa vielä perehtymällä jokaiseen osa-alueeseen tarkemmin kuten suunnitteluun, dokumentointiin, testauksiin ja tarkastuksiin. Mutta kuten aiemmin kirjoitin, näissä on eroavaisuuksia verkkoyhtiöiden toimintatavoissa, enkä kokenut tärkeäksi tarkentaa aiheita.

Lähteet

Caruna Oy. (2022). *Caruna lyhyesti*. <https://caruna.fi/tietoa-meista/caruna-lyhyesti>

Elenia. (2021). *Elenia-turvaopas*.

<https://www.elenia.fi/files/481ed329f8fd84482299b4f510ede30652a1cade/elenia-turvaopas-2021-a5-v2.pdf>

Elenia. (2022). *Turvallinen työskentely sähköverkon läheisyydessä*.

<https://www.elenia.fi/files/480bfa7cfe30ea90c8cc423b3d0ed272aa908736/elenia-turvallinen-tyo-skentely-2022-a4-v1-paino.pdf>

Elenia Verkko Oyj. (2022). *Elenian verkkoalue - Elenia*. <https://www.elenia.fi/elenia/elenia-yrityksena/verkkoalue>

FINLEX. (2021). *Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999*.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Maank%C3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20rakennuslaki#Pidm45053756925968>

FINLEX. (2022). *Sähkömarkkinalaki 588/2013*.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

FINLEX. (2022). *Sähköturvallisuuslaki 1135/2016*.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135#L6>

FINLEX. (2022). *Työturvallisuuslaki 738/2002*.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Helen Sähköverkko Oy. (2020). *Tietoa yrityksestä Helen*.

<https://www.helensahkoverkko.fi/helen-sahkoverkko-oy/helen-sahkoverkko-oy>

Hämäläinen, J.;& Teriö, O. (15.2.2011). *Keskijännitekaapelin asennus kallion ylityksiin*.

<https://docplayer.fi/8396767-Keskijannitekaapelin-asennus-kallion-ylityksiin.html>

Meltex. (n.d.). *Meltex kaapelinsuojaus*. <https://www.meltex.fi/fi/lataa/21739>

Monni, M. (2018). *Sähköverkkoasennukset*. Adato Energia Oy.

Prysmian Group. (5.2015). *Kuljeta ja siirrä kaapelikelat oikein*.

https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Kelankasittelyopas_sivut_3105_15.pdf.

Rakennusteollisuus. (n.d.). *Nostotyön turvallisuus - Työturvallisuuspakki*.

<https://tyoturvallisuuspakki.fi/nostot/>

SFS 6000-5-52:2022. (2022). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät*. SFS Online.

SFS 6000-6:2022. (2022). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset*. SFS Online.

SFS 6000-8-801:2017. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-801: Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot*. SFS Online.

SFS 6000-8-814:2017. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-814: Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen*. SFS Online.

Sonepar. (2022). *Ulkovaipan eheysmittaus*. <https://ideat.sonepar.fi/ulkovaipan-eheysmittaus/>

Stuk. (20.1.2021). *Sähkönsiirto ja -jakelu - Stuk*. <https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/sahkonsiirto-ja-jakelu>

Tampereen ammattikorkeakoulu. (n.d.). *Keskukset: Suojalaitteet*.

<https://moodle.amk.fi/mod/book/view.php?id=864&chapterid=155>

Trimble. (2021). *Trimble NIS sähköverkoille*. <https://upa.trimble.com/fi-fi/tuotteet/trimble-nis-sahkoverkoille>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. (23.1.2019). Luettelo S10-2019. *SÄHKÖLAITTEISTOJEN TURVALLISUUTTA JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUTTA KOSKEVAT STANDARDIT*. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES).

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. (2022). *Sähköasennusten käyttöönottovaiheen*

tarkastukset. <https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoonottovaiheen-tarkastukset>

Väylävirasto. (31. 8 2022). *Radanpidon koulutukset - Väylävirasto.*

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/koulutukset/radanpidon-koulutukset>

Liite 1: Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähköturvallisuutta koskevat standardit (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2019)

| SÄHKÖLAITTEISTOJEN TURVALLISUUTTA JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUTTA KOSKEVAT STANDARDIT | |
|---|--|
| Sähkölaitteistot | |
| SFS 6000 (2017) | Pienjännitesähköasennukset (Standardisarja, joka sisältää 39 kpl erillisiä standardeja) |
| SFS 6001 (2018) | Suurjännitesähköasennukset |
| SFS-EN 60079-14 (2015) + AC (2016) | Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen |
| SFS-käsikirja 604-2 (2017) Luku 3 | Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto, Luku 3: Räjähdetilat |
| SFS-EN 50107-1 (2003) | Valomainokset ja valopurkausputkien asennukset yli 1 kV mutta alle 10 kV tyhjäkäyntijännitteellä. Osa 1: Yleiset vaatimukset |
| SFS-EN 50191 (2011) | Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö |
| SFS-EN IEC 62485-2 (2018) | Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikalliset (Vastaa tekniseltä sisällöltään standardia SFS-EN 50272-2 (2001)) |
| SFS-EN 50119 (2010) +A1 (2013) | Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines |
| SFS-EN 50122-1 (2011) + A1 (2011) + A2 (2016) + A3 (2016) + A4 (2017) | Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and bonding. Part 1: Protective provisions against electric shock |
| SFS-EN 50122-2 (2011) | Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and the return circuit. Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems |
| SFS-EN 50124-1 (2017) | Railway applications. Insulation coordination. Part 1: Basic requirements. Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment |
| SFS-EN 50341-1 (2014) + SFS-EN 50341-2-7 (2015) | Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Yhteiset määrittelyt, Osa 2-7 Suomen kansalliset velvoittavat määrittelyt (Standardeja sovelletaan myös enintään 1 kV:n ilmajohtoihin osan 2-7 soveltamisalan mukaisesti) |
| Sähkötyöturvallisuus | |
| SFS 6002 (2015) + A1 (2018) | Sähkötyöturvallisuus (Lisäys A1 2018 ei varsinaisesti muuta standardin asiasisältöä) |