

Pylvästöiden laadun parantaminen maakaapelointihankkeessa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Valkeakoski

kevät 2021

Armin Bahramnoori

Tekijä	Armin Bahramnoori	Vuosi 2021
Työn nimi	Pylvästöiden laadun parantaminen maakaapelointihankkeessa	
Ohjaajat	Tommi Keikko	

TIIVISTELMÄ

Vuonna 2013 säädetty sähkömarkkinalaki käynnisti mittavat investoinnit säävarman sähköverkon rakentamisessa. Ilmajohtoverkkojen korvaaminen maakaapelilla on ollut varmin tapa rakentaa säävarmaa sähköverkkoa. Maakaapeliverkon rakentaminen on kuitenkin huomattavasti kalliimpaa kuin ilmajohtoverkon rakentaminen. Tämä on näkynyt monin paikoin sähkön siirtohintojen huomattavina nousuina. Hallituksen vuoden 2020 lakialoitteessa esitettyjen muutosehdotusten pohjalta on havaittavissa, että säävarman sähköverkon rakentamisessa tullaan näkemään muutoksia. Muutokset tulevat lisäämään ilmajohtorakentamisen määrää maakaapelointihankkeissa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin kohdeyritykselle Eltel Networks Oy:lle, joka on Pohjoismaiden suurin sähkö- ja televerkkoja rakentava yritys. Työn tavoitteena on parantaa maakaapelointiin erikoistuneen yksikön pylvästöiden laatua ja kehittää olemassa olevaa prosessia. Tutkimuksessa paneuduttiin tunnistamaan laatupoikkeamia pylvästöissä käyttäen laadunvalvontajärjestelmästä saatua tietoa. Laatupoikkeamista laadittiin kustannuslaskelmat, jotka osoittivat, että prosessin kehittämiseksi on tarvetta. Yleisimmistä laatupoikkeamista tehtiin syy-seuraus- ja juurisyyanalyysi, jotta pystyttäisiin valitsemaan oikeat toimenpiteet laatupoikkeamien uusiutumisen ehkäisemiseksi. Tutkimuksessa ilmenneiden löydösten perusteella laadittiin yksinkertaistetut pylvästyöohjeet, joita voidaan hyödyntää pylvästöiden prosessin ja laadun kehittämisessä.

Avainsanat ilmajohtoverkko, juurisyyanalyysi, laatupoikkeama, maakaapeliverkko, pylvästyöskentely

Sivut 37 sivua ja liitteitä 5 sivua

ABSTRACT

The Electricity Market Act which was legislated in 2013 has led to large-scale power grid investments. Replacing an overhead grid with a ground cable has been the most reliable way to build a weatherproof power grid. However, building ground cable is considerably more expensive than building overhead grid. As a result transmission costs of electricity have risen notably in many places. On the basis of the amendments proposed in the government's bill from year 2020, it can be seen that changes will occur in the construction of a weatherproof power grid. These changes will increase the construction of an overhead grid in ground cabling projects.

This thesis was made for Eltel Networks Oy which is the largest company building electricity and telecommunications networks in the Nordic countries. The aim of this project was to improve the quality of the overhead pole work of the unit specializing in ground cabling and to develop their existing process. This thesis focuses on identifying quality deviations in overhead pole work using information obtained from Eltel's quality control system. A cost calculation was formulated to examine the quality deviations. These calculations confirmed a need to improve the process. A cause-and-effect analysis as well as a root cause analysis were established in order to select the correct actions to prevent the quality deviations from occurring again. Based on the findings, simplified overhead pole work instructions were developed which can be utilized in developing the process and the quality of work.

Keywords Overhead grid, ground cable, overhead pole work, quality deviation, root cause analysis

Pages 37 pages and appendices 5 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pylvästöiden taustaa kaapelointihankkeissa	3
2.1	Työturvallisuus pylvästöissä	5
2.2	Ulkoiset etäisyysvaatimukset pylväsasennuksissa	8
2.2.1	Ilmalinjan etäisyysvaatimus maasta metsäisillä alueilla	8
2.2.2	Ilmalinjan etäisyysvaatimukset puista	9
2.3	Yleisimmät pylvästyöt kaapelointihankkeessa	12
2.3.1	Pylvään pystyttäminen	12
2.3.2	Pylvään harustaminen	14
2.3.3	Pienjännitekaapelin asentaminen pylvääseen	15
3	Työn tavoite, aineistonkeruu ja tutkimusmenetelmä	17
3.1	Tutkimusongelman ja tietoperustan yhteys	17
3.2	Käytetty aineisto laatupoikkeamien määrittämisessä	18
3.2.1	Oman työn tarkastukset	18
3.2.2	Haastattelut	19
3.3	Juurisyyanalyysi	20
3.4	Yksinkertaistetut ohjeet pylvästöiden laadun parantamiseen	21
4	Laatupoikkeamien analysointi ja ohjeistuksen suunnittelu ja toteutus	23
4.1	Laatupoikkeamien tunnistaminen pylvästöissä	24
4.2	Havaittujen laatupoikkeamien korjauksesta aiheutuvat kustannukset	25
4.2.1	Työvoiman kustannukset	25
4.2.2	Matkakustannukset	27
4.2.3	Työkoneista aiheutuvat kustannukset	27
4.2.4	Merkintävirheiden korjauskustannukset	28
4.2.5	Maanrakennusvirheiden korjauskustannukset	28
4.3	Laatupoikkeamien taustalla olevien juurisyyden selvittäminen	30
4.4	Laatupoikkeamien kontrollointi ja muutosten seuranta	34
4.4.1	Yksinkertaistettujen ohjeiden laatiminen	34
4.4.2	Laadittujen ohjeiden jalkauttaminen	35
4.4.3	Ohjeiden laatuvaikutusten mittaaminen	36
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	36
	Lähteet	38

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1 Pylvästöissä käytettävät suojaimet (Headpower)	7
Kuva 2 Vaimentimella varustettu liitosköysi (Eltel Intra)	7
Kuva 3 Etäisyysvaatimus maasta luonnontilaisilla alueilla (Headpower).....	9
Kuva 4 Ilmalinjan etäisyysvaatimus puista (Headpower).....	10
Kuva 5 Kulmanpuolittaja harusmalli (Monni, 2018, s. 106)	14
Kuva 6 Harusankkurin asennus maahan. (Headpower)	15
Kuva 7 Pylvästöissä havaittujen laatupoikkeamien syyt	31
Kuva 8 Pylvään tuennassa havaittujen virheiden juurisyysanalyysi	32
Kuva 9 Pylvästöissä havaittujen maadoitusvirheiden juurisyysanalyysi.....	33
Kuva 10 Esimerkki laaditusta pylvästyöohjeesta.....	35
Taulukko 1 Ilma- ja maakaapelilinja rakennuskustannusten vertailu (Monni, 2018, s. 155)	4
Taulukko 2 Vähimmäisetäisyydet maasta luonnontilaisilla alueilla (Headpower).....	9
Taulukko 3 Etäisyysvaatimukset puihin, joihin ei voi kiivetä (Headpower)	11
Taulukko 4 Etäisyysvaatimukset puihin, joihin voi kiivetä (Headpower)	11
Taulukko 5 Etäisyysvaatimukset hedelmäpuihin (Headpower)	11
Taulukko 6 kaivuusyvyysvaatimukset eri maalajeilla (Monni, 2018, s. 164).....	13
Taulukko 7 Oman työn tarkastusten tulokset	19
Taulukko 8 Palkkakustannukset ammattiluokittain (Tilastokeskus, 2019; mukaillen Kenttämää, 2018)	26
Taulukko 9 Merkintävirheiden korjauskustannukset (mukaillen Kenttämää, 2018)	28
Taulukko 10 Pylvästöissä havaittujen maanrakennusvirheiden korjauskustannukset (mukaillen Kenttämää, 2018)	29

Liitteet

Liite 1	PJ kaapelinousu
Liite 2	PJ kaapelinousu, tarkekuva 1
Liite 3	PJ kaapelin merkinnät

- Liite 4 Puupylvään perustaminen
- Liite 5 Harusankkurin asentaminen

1 Johdanto

Sähköverkonrakennushankkeet ovat laajoja ja monimutkaisia kokonaisuuksia. Urakoitsijoilta vaaditaan projektinhallintataitoja, alan asiantuntemusta sekä huolellisesti laadittuja prosesseja hankkeiden laadukkaaseen toteuttamiseen. Hyvät ohjeet ja prosessit mahdollistavat kunkin työn tehokkaan suorittamisen tasalaatuisesti. Toimivaksi kehitettyjen prosessien avulla pystytään varautumaan myös työturvallisuusriskeihin ja ehkäisemään työtapaturmia. Yhtenäiset ohjeistukset ja prosessit myötävaikuttavat työn kannattavuuteen, koska työsuoritteet ovat ennalta suunniteltuja ja yllättävien tilanteiden syntyminen on minimoitu. Nämä seikat lisäävät urakoitsijan kilpailukykyä tarjousvaiheessa, kun pystytään arvioimaan työn kustannuksia tarkemmin. Yhtenäiset prosessit mahdollistavat myös työnjohdolle paremmat mahdollisuudet seurata projektien etenemistä ja ongelmatilanteiden ratkaisemista.

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Eltel Networks Oy:lle, jossa työskentelen projektivalvonnan parissa Build liiketoiminnassa. Eltel Networks Oy on infra-alalla toimiva yritys, jonka yksi liiketoiminnoista on jakeluverkkojen rakentaminen. Build -liiketoiminta vastaa Eltelin suurista kaapelointihankkeista, voimansiirto- ja tuulivoimaprojekteista. Eltelin Build -liiketoiminnan kaapelointiyksikössä on havaittu puutteita pylvästöiden ohjeistuksissa, jotka heijastuvat laatueroiksi toteutuksissa kaapelointihankkeissa. Ongelma havaittiin projektipäälliköille suunnatussa henkilöstökyselyssä ja tilaajan suorittamassa laadunvalvonnassa. Laatuerojen juurisyitä on eritelty juurisyysanalyysillä, käyttäen kalanruotomallia sekä 5 kertaa miksi -menetelmällä. Kyseiset analyysimenetelmät on valittu niiden yksinkertaisuuden ja käytännöllisyyden takia, mikä helpottaa niiden tulkintaa. Juurisyysanalyysissä ilmenneitä havaintoja on hyödynnetty tämän työn lopputuotoksen laatimisessa. Tämän työn tarkoituksena on laatia ohjeet pylvästöihin, joilla tavoitellaan parempaa laatua pylvästöissä maakaapelointihankkeissa. Ohjeistuksissa on tarkoitus koota olemassa olevista pylvästöiden ohjeista ja standardeista selkeä kokonaisuus, joka vastaa myös tilaajan vaatimuksia. Ohjeet laaditaan pääasiassa asennustöitä ja suunnittelua varten.

Pylvästöiden laadun parantaminen on sellaisenaan laaja aihealue. Tässä työssä aihe rajataan vain maakaapelointiprojektien kannalta olennaisiin pylvästöihin. Nämä pylvästyöt ovat

maakaapeliverkon ja ilmajohtoverkon rajapinnassa tapahtuvat uudet kytkennät ja vanhojen kytkentöjen muutokset. Työssä käsitellään vain 20kV ja 0,4kV jakeluverkon rakentamista ja kunnossapitoa. Pylvästöillä tarkoitetaan pylvään asennusta maastoon ja tarvittavien komponenttien asennusta pylvääseen.

2 Pylvästöiden taustaa kaapelointihankkeissa

Vuonna 2013 voimaan tullut sähkömarkkinalaki asettaa verkkoyhtiöille tiukat toimitusvaatimukset. Lakiuudistuksen taustalla ovat olleet pien- ja keskijännite jakeluverkkojen laajat vaurioitumiset myrskyjen aikana, joista on aiheutunut pitkät sähkökatkot sähkökäyttäjille. Laajojen sähkökatkojen taustatekijät ovat olleet ilmajohtoverkot, jotka ovat kulkeneet lyhintä reittiä metsien läpi aina kuluttajille asti. Syväälle metsään rakennetut ilmajohtoverkot ovat olleet alttiita sääilmiöille ja niiden korjaus on vienyt paljon aikaa huonojen kulkuyhteyksien takia. Lakiuudistuksella on haluttu puuttua tähän ongelmaan.

Sähkömarkkinalain 51 §:n 1:ssä momentissa kohdassa 2 asetetaan kuuden tunnin raja sähkökatkoille sähköverkon vioittumisen aikana myrskyn tai lumikuorman seurauksena asemakaava-alueella. Asemakaava-alueen ulkopuolella raja on 36 tuntia. Poikkeuksia ovat saarella sijaitsevat käyttöpaikat, joihin ei ole säännöllisesti liikennöivää lauttaa ja lisäksi käyttöpaikat, joiden vuotuinen sähkönkulutus on alle 2500kWh. Edellä mainittujen vaatimusten tulisi täyttyä 100% 31.12.2028 mennessä. Lisäksi verkkoyhtiöille asetettiin välitavoitteeksi kattaa 50% osuus kaikista käyttäjistä 31.12.2019 mennessä ja 75% 31.12.2023 mennessä. Määräys ei koske vapaa-ajan asuntoja. 119§. (Sähkömarkkinalaki 2013/588, 2013)

Lakiuudistuksen johdosta verkkoyhtiöiden tulisi tehdä jakeluverkon kehittämissuunnitelma, jota tulisi päivittää kahden vuoden välein. Kehittämissuunnitelmasta tulisi raportoida Energiavirastolle, joka valvoo verkkoyhtiöiden verkon kehittämissuunnitelmaa. (Energiavirasto, 2020)

Vuonna 2012 Suomen kaikkien verkkoyhtiöiden maakaapelointiaste oli keskijänniteverkon osalta noin 13% ja pienjänniteverkon osalta noin 39% (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020). Kaapelointiaste on kasvanut huomasti lakiuudistuksen jälkeen mittavien investointien ansiosta. Esimerkiksi Carunan puolivuotisraportin mukaan kaapelointiaste on ollut 58% pien- ja keskijänniteverkon osalta kesäkuussa 2020 (Caruna-Konserni, 2020). Maakaapeliverkon rakentaminen on yksi varimmista tavoista rakentaa säävarmaa sähköverkkoa ja samalla kehittää verkon toimintavarmuutta. Se ei kuitenkaan ole kaikkialla kustannustehokkain

vaihtoehto rakentaa jakeluverkkoa. Ilmajohtoverkon rakentaminen on yleensä edullisempaa kuin maakaapeliverkon rakentaminen. (Energiateollisuus ry, n.d.)

Jakeluverkon kustannuksista noin puolet aiheutuvat verkon ylläpitämisestä ja rakentamisesta. Näin ollen erilaisten menetelmien vaikutukset verkon kehittämisessä vaikuttavat toimitusvarmuuden ja sähkön laadun lisäksi hintatasoon. Kustannukset on havainnollistettu taulukossa 1. Taulukossa käytetään ilmajohtorakentamiselle kustannuslukuja 100 helpottamaan kustannuserojen esittämistä. Kustannusluku ei siis ole rakentamisen kustannus euroissa tai muussa valuutassa. (Monni, 2018, s. 155)

Taulukko 1 Ilma- ja maakaapelilinja rakennuskustannusten vertailu (Monni, 2018, s. 155)

Pienjännite	Kustannusluku
Riippukaapeli AMKA	100
Maakaapeli AXMK	150-200
Keskijännite	Kustannusluku
Avojohto Raven-johdin	100
Päällystetty ilmajohto PAS-johto, BLL-T-johto	120-150
Maakaapeli AHXAMK-W 3x70	400

Taulukossa 1 esitettyjen kustannuslukujen vertailussa voidaan huomata, että maakaapeliverkon rakentaminen on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto. Pienjänniteverkossa AMKA riippukaapelin ja AXMK maakaapelin hankintahinnat ovat lähes samat. Maakaapeliverkon muut komponentit ja kaivuutyöt tekevät maakaapeliverkon rakentamisesta kalliimman. (Monni, 2018, s. 155)

Verkkoyhtiöiden tekemät investoinnit ovat osaltaan lisänneet sähköverkkojen toimitusvarmuutta. Mittavilla investoinneilla on ollut luonnollisesti myös vaikutusta sähkön siirtohintoihin. Viimeisen 10 vuoden sisällä monin paikoin siirtohinnat ovat kaksinkertaistuneet. Siirtohintojen nousun yksi keskeisimmistä syistä on ollut sähkömarkkinalain vaatima säävarma sähköverkko. Siirtohintojen nousun hillitsemiseksi on

pyritty tekemään muutoksia sähkömarkkinalakiin. Yhtenä muutoskohteena on sähköverkkoyhtiöiden velvoittaminen kustannustehokkaihin verkkoinvestointeihin. Lakialoitteessa pyritään saamaan joustavuutta sähköverkon säävarmuuteen säännösmuutoksilla, esimerkiksi haja-asutusalueiden asukkaiden päätöksellä voidaan sallia alempi säävarma taso korvausta vastaan. Lisäksi sähkömarkkinalain 19 §:n verkon kehittämisvelvollisuuteen esitetään lisättäväksi uusi säännös, joka velvoittaisi verkonhaltijaa tuottamaan siirto- ja jakelupalvelua mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Eduskunta, 2020)

Uuden sähkömarkkinalain voimaantulolla voi olla vaikutusta verkkoyhtiöiden investointimalliin. Tulevaisuudessa maakaapelointihankkeet voivat muuttua pienemmiksi ja ne saattavat sisältää enemmän pylvästöitä, kuten esimerkiksi metsässä kulkevien ilmajohtojen siirtämistä tien varteen. Odotettavissa on todennäköisesti myös vanhojen ilmajohtoverkkojen saneeraus vaihtamalla pylviä ja pylväissä olevia komponentteja. Haja-asutusalueilla joissa sähkönsiirron kapasiteetille on nostamisen tarve, voidaan toteuttaa esimerkiksi AMKA lisäyksillä olemassa oleviin pylväisiin. Sähköverkon rakentamisen kannalta näköpiirissä on pylvästöiden määrän selkeä kasvu pien- ja keskijänniteverkossa. Selkeät prosessit ja ohjeet ovat tarpeen ilmajohtoverkon suunnitteluun ja rakentamiseen. Ohjeet lisäävät työn laatua ja kannattavuutta. (Rinkinen, 2021)

2.1 Työturvallisuus pylvästöissä

Valtioneuvoston asetusta rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 sovelletaan myös sähköverkon rakentamisessa ja kunnossapidosta. Sähköverkon rakentaminen rinnastetaan mihin tahansa muuhun uudisrakentamiseen, korjausrakentamiseen tai kunnossapitoon. Lisäksi tilaajalla ja urakoitsijalla saattaa olla turvallisuuteen liittyviä lisävaatimuksia, joita tulee noudattaa. (Monni, 2018, s. 156)

Pylvästöiden turvallisuus on tilaajan, suunnittelijan ja toteuttajan vastuulla. Tilaajan on varoitettava huonokuntoisista pylväistä. Suunnittelijan on otettava huonokuntoiset pylvää huomioon suunnitteluvaiheessa. Viime kädessä pylvästöitä suoritettavan henkilön on arvioitava aina tapauskohtaisesti työturvallisuutta pylvästöitä aloittaessaan. Pylvästöitä suunniteltaessa on arvioitava ensisijaisesti onko työ mahdollista suorittaa esimerkiksi

nostokorilla. Jos työ on suoritettava pylvästyönä, on sen toteutus suunniteltava ja tehtävä riskien kartoitus. Eltelillä on käytössä esimerkiksi mieti riskit-lomake, jota on syytä hyödyntää erityisesti pylvästöitä tehdessä. Näin suunnitelma on tehty kirjallisena. Pylvään pystyssä pysyminen on varmistettava eikä epävarmoihin pylväisiin saa kiivetä. (Headpower, n.d.)

Pylvästöissä käytetään vähintään kuvan 1 mukaisia suojaimia. Työvaatteiden tulee olla EN 471 2/2 standardin mukaiset varovärivaatteet ja sähköttöitä tehdessä työvaatteiden tulee olla palosuojattuja EN 531/ 11612 standardin mukaisesti. Kypärän on oltava leukahihnalla varustettu ja sen on täytettävä standardien EN 12492 ja EN 397 vaatimukset. Pylvästöissä käytetään aina valjasmallista putoamissuojainta, joka täyttää EN 361 sekä EN 358 standardin vaatimukset. Valjaissa tulee olla aina kaksi tukiköyttä pylvääseen kiipeämistä varten. Lisäksi valjaissa tulee olla kuvan 2 mukainen vaimentimella varustettu liitosköysi, jolla voidaan köyttäytyä työn suorittamisen ajaksi esimerkiksi orteen tai pylvääseen. Eltelissä käytetään kaikissa pylvästöissä nilkkaa suojaavia turvakenkiä. Mikäli on tarkoitus kiivetä pylvääseen, pylväskengät tulee valita pylvään koon mukaan. Suojalasit ovat pakolliset kaikissa rakennustöissä Eltelillä. (Eltel, n.d.)

Kuva 1 Pylvästöissä käytettävät suojaimeet (Headpower, n.d.)



Kuva 2 Vaimentimella varustettu liitosköysi (Eltel Intra, n.d.)



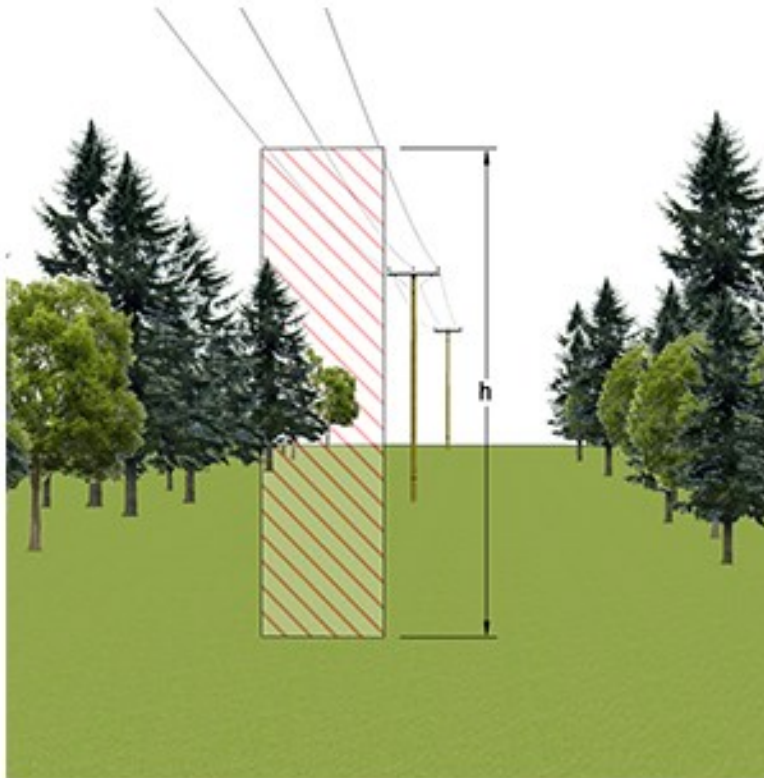
2.2 Ulkoiset etäisyysvaatimukset pylväsasennuksissa

Ulkoisilla etäisyyksillä tarkoitetaan kaikkia etäisyyksiä ilmajohtorakenteiden ulkopuolella. Ilmajohtorakenteilla tarkoitetaan kaikkia komponentteja, jotka ovat osa ilmajohtorakennelmaa. Myös samoissa pylväissä olevat muut virtapiirit ovat osa ilmajohtorakennelmaa. Ulkoisia etäisyyksiä ovat esimerkiksi etäisyydet maanpintaan, tiehen, rakennuksiin, puihin ja laitteisiin sekä kohteet, jotka sijaitsevat edellä mainittujen päällä (SFS-EN 50341-1, ss. 50-52). Ulkoisilla etäisyysvaatimuksilla pyritään välttämään vaaratilanteita ylilyöntitilanteissa yleisölle, sähköjohtojen lähellä työskenteleville ihmisille ja sähköverkkoa kunnossapitäville ihmisille. (SFS-EN 50341-1, s. 180)

2.2.1 Ilmalinjan etäisyysvaatimus maasta metsäisillä alueilla

Seuraavia vähimmäisetäisyyksiä voidaan soveltaa kohteissa, joissa johtokatu on rakennetun infrastruktuurin ulkopuolella. Näitä kohteita ovat esimerkiksi pihat, tiet, rautatiet sekä purjehduskelpoiset vesialueet. Poikkeuksena ovat moottorikelkkareitit, joihin voidaan soveltaa alla olevia vähimmäisetäisyyksiä. Kuvassa 3 on havainnollistettu, mitä ilmajohtojen etäisyysvaatimuksella maasta tarkoitetaan. Tarkat etäisyysvaatimukset metreinä käyvät ilmi taulukosta 2. (Headpower, n.d.)

Kuva 3 Etäisyysvaatimus maasta luonnontilaisilla alueilla (Headpower, n.d.)



Taulukko 2 Vähimmäisetäisyydet maasta luonnontilaisilla alueilla (Headpower, n.d.)

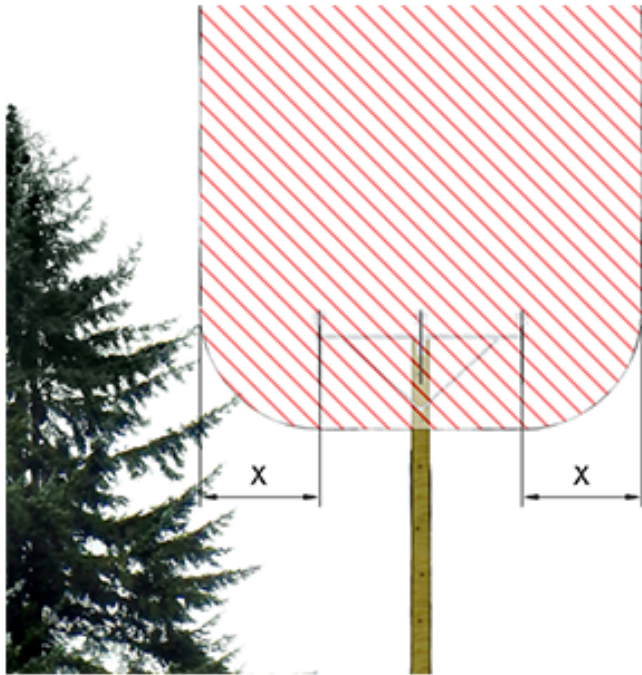
	Vähimmäisetäisyys / -korkeus maasta h
Pienjänniteilmakaapeli, maadoitusjohdin, ukkosjohdin	4,0 m
Pj-avojohto 0,4 kV	5,0 m
Kj-avojohto, PAS-johto tai kj-ilmakaapeli 20 kV	5,6 m
Pj-johto peltoalueilla, joilla voidaan liikkua isoilla työkoneilla	5,5 m

2.2.2 Ilmalinjan etäisyysvaatimukset puista

Ilmalinjojen etäisyysvaatimusten määrittelyssä puut luokitellaan kolmeen luokkaan. Puiden luokittelulla pyritään ennaltaehkäisemään tilanteita, joissa henkilö olisi liian lähellä jänniteisiä osia esimerkiksi kiivettäessä puuhun. Siksi etäisyysvaatimukset tavallisiin puihin joihin voi kiivetä, onkin suurempi kuin etäisyysvaatimukset puihin, joihin ei voi kiivetä.

Kuvassa 4 on esitetty, kuinka jännitteisten osien ja puiden välinen etäisyys tulisi mitoittaa.
(Headpower, n.d.)

Kuva 4 Ilmalinjan etäisyysvaatimus puista (Headpower, n.d.)



Kuvassa 4 esitettyä X etäisyyttä voidaan määrittää puutyypin mukaan. Taulukossa 3 on esitetty etäisyysvaatimukset tapauksessa, jossa puuhun ei ole mahdollista kiivetä.

Etäisyysvaatimukset puihin, joihin voidaan kiivetä on esitetty taulukossa 4 ja etäisyysvaatimukset hedelmäpuihin taulukossa 5. Taulukoiden X luvusta voidaan havaita, että etäisyysvaatimukset kasvavat, mikäli on syytä epäillä jännitteisten osien aiheuttavan ihmiselle vaaraa puuhun kiivettäessä tai sen läheisyydessä työskenneltäessä.

Taulukko 3 Etäisyysvaatimukset puihin, joihin ei voi kiivetä (Headpower, n.d.)

	Vähimmäisetäisyys oksista tai rungosta x
Kj-avojohto	1,22 m
PAS-johto	0,52 m
Kj-ilmakaapeli	0,5 m
Pj-ilmakaapeli, maadoitus- tai ukkosjohdin (hankautuminen runkoon tai oksiin estettävä)	0,5 m (suositus)

Taulukko 4 Etäisyysvaatimukset puihin, joihin voi kiivetä (Headpower, n.d.)

	Vähimmäisetäisyys oksista tai rungosta x
Kj-avojohto	2,1 m
PAS-johto	1,5 m
Kj-ilmakaapeli	0,5 m (suositus 1 m)
Pj-ilmakaapeli	0,5 m (suositus 1 m)

Taulukko 5 Etäisyysvaatimukset hedelmäpuihin (Headpower, n.d.)

	Vähimmäisetäisyys oksista tai rungosta x
Kj-avojohto, PAS, kj-ilmakaapeli	4,22 m
Pj-ilmakaapeli	1,0 m

2.3 Yleisimmät pylvästyöt kaapelointihankkeessa

Kaapelointipainotteisissa hankkeissa pylvästöitä tehdään rajallisesti. Työt koostuvat käyttöön jäävien pylväiden harustamisesta, pylväiden vaihdoista ja kaapeliverkon liittamisestä ilmajohtoverkkoon. Pylväiden vaihdot tehdään pääsääntöisesti niiden iän perusteella. Verkkoyhtiöiden tietojärjestelmään määrätyt asennusvuodet ovat lähtökohtaisesti oikeat ja pylväiden vaihtopyynnöt tehdään niiden perusteella. Suunnittelijan on kuitenkin tarkistettava pylväiden yleiskunto maastossa. Pylvään kunto saattaa olla vielä hyvä, vaikka asennusvuosien mukaan se olisi vaihtokunnossa. Näin voi olla myös tilanteessa, jossa pylväk on huonossa kunnossa vaikka asennusvuosien mukaan se olisi käyttökelpoinen. Kaapeliverkon kytkeminen ilmajohtoverkkoon tehdään pylväsnousuille. (Rinkinen 2021)

2.3.1 Pylvään pystyttäminen

Ilmajohtoverkossa orret, kannatinkoukut ja eristimet kannattelevat johtoja ja johtimia pylväessä. Yleensä työn turvallisuuden ja tehokkuuden kannalta on suotavaa kalustaa pylväk ennen pystytystä. Maassa oleva pylväk voidaan nostaa asennuspukin, puun tai kiven päälle helpottamaan komponenttien asennusta. (Monni, 2018, s. 163)

Pylvään kaarevuus tulisi ottaa huomioon komponenttien asennuksen yhteydessä. Suoralla johtolinjalla pylvään kaarevuus tulisi asettaa johdon suuntaisesti. Kulma- ja päätepylväissä pyritään asentamaan pylväk niin, että johdon vetovoima oikaisee pylvästä mahdollisimman paljon. (Monni, 2018, s. 163)

Kannatuskoukkujen asennusta varten pylväeseen porataan läpireiät kohtisuorassa johdon suuntaan nähden. Reiät porataan pylväspiirustusten mukaisesti noudattaen etäisyysvaatimuksia. Orren kiinnittämistä varten pylväeseen porataan reikä johdon suuntaisesti. Orren rakenteesta riippuen pylvään pintaa tasoitetaan esimerkiksi kirveellä orren kosketuskohdasta. Kalustaminen viimeistellään asentamalla latvasuoja eli pylväshattu. (Monni, 2018, s. 163)

Tarvittavien komponenttien asennuksen jälkeen pylväk voidaan pystyttää. Pylvään upotussyvyys on yksi tärkeimmistä seikoista pylvään pystytyksessä. Vapaasti seisovan

pylvään upotussyvyyden tulisi olla 1/7 osa pylvään pituudesta, mutta vähintään 1,5m.

Pylvään upottamisen jälkeen kuoppa on täytettävä soralla ja kivillä. Betonia voidaan harkita täyttömateriaaliksi, jos se ei aiheuta ympäristöhaittaa esimerkiksi pohjavesille. Heikolla maaperällä voidaan vaatia täyttömateriaaliksi hyvälaatuista täytemaata tai betonia. (SFS-EN 50341-1, s. 260)

Pylväs pystytetään yleensä koneellisesti esimerkiksi kaivinkoneella tai kaivuutraktorilla.

Pylvään pystytyksiin tarkoitetuissa koneissa on yleensä kaivuupuomi ja tartuntapuomi.

Kauhalla varustetulla kaivuupuomilla kaivetaan tarvittava kuoppa ja tartuntakouralla, joka on tartuntapuomin päässä, pidetään pylväs pystyssä täytön ajaksi. Kuopan syvyyden mittaamiseen kannattaa kehittää nopea tapa, jolla varmistetaan kaivannon syvyys esimerkiksi kaivuupuomin varteen kiinnitetty teippi. Taulukossa 6 on esitetty pylvään kaivuussyvyys, jossa on otettu huomioon maalaji ja pylvään pituus. Pylvään kaivantoa ei ole tarvetta laskea aina pylvään oikean pituuden mukaan. Taulukossa 6 esitetyt kaivuussyvyudet ovat tehokas tapa varmistaa riittävän syvät kaivannot pylvään maksimipituuden mukaan huomioiden maan kovuus. (Monni, 2018, ss. 164-165)

Taulukko 6 kaivuussyvyysvaatimukset eri maalajeilla (Monni, 2018, s. 164)

Maalaji	Pylvään pituus enintään	Kaivuussyvyys
Kova maa	15m	2m
Keskikova maa	12m	2m
Keskikova maa	15m	2,5m
Pehmeä maa	14m	2,5m

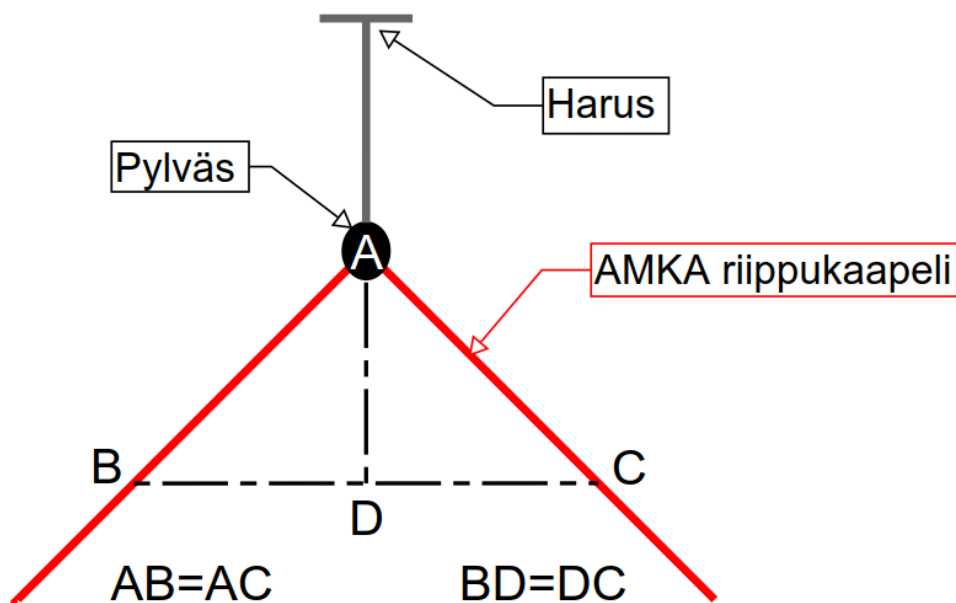
Erittäin kovien maalajien kohdalla syvyysvaatimuksista voidaan poiketa 10%. Erittäin pehmeillä maalajeilla taas vaaditaan vähintään 10% syvemmät kaivannot pylväille.

Suuremmat poikkeamat eivät ole mahdollisia ilman erityistoimenpiteitä. (Monni, 2018, s. 164)

2.3.2 Pylvään harustaminen

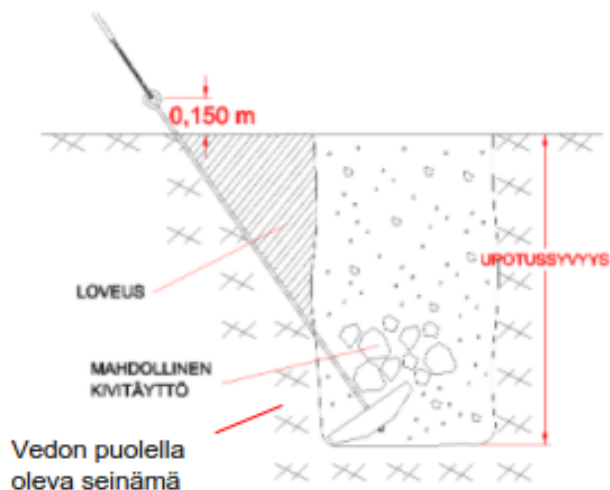
Oikein suoritetulla harustuksella taataan pylväs- ja johtorakenteen turvallisuus ja pitkäikäisyys. Harustuksella kumotaan pylvääseen kiinnitettyjen johtojen aiheuttamaa voimaa. Onkin tärkeää tehdä yksinkertaisimmatkin harustukset huolella. Haruksen suunnan määrittäminen ratkaisee pysyykö pylväs kallistumatta vai ei. Haruksen suuntauksessa otetaan huomioon pylvästä kuormittavat johdinvoimat. Yksinkertaisin kulmapylvään harustaminen tehdään kulman puolittamisella. Kulman puolittaminen tarkoittaa haruksen asentamista niin, että haruksen vetovoima kohdistuu johtimien vetovoimasuuntien kulman keskelle kuten kuvassa 5 on esitetty. (Monni, 2018, s. 168)

Kuva 5 Kulmanpuolittaja harusmalli (Monni, 2018, s. 106)



Harussilmukkaa vetävää voimaa kumotaan harusankkurilla. Yleisin harusankkurimalli on pyöreä betonilaatta, jonka keskellä on reikä. Harustanko pujotetaan betonilaatassa olevan reiän läpi ja laattaa kiinnitetään tankoon mutterilla. Harusankkurin luotettava asentaminen vaatii maaperän ominaisuuksien huomioimista, oikeanlaisen kaivannon tekemisen ja huolellisen kuopan täyttämisen. Kuvassa 6 on esitetty asianmukainen harusankkurin asennustapa. Harussilmukka on oltava 150mm korkeudessa maan pinnasta, jotta harusvaijerin sähköinen eristäminen voidaan toteuttaa oikeaoppisesti. Vedon suunnassa oleva kaivannon seinämä on jätettävä mahdollisimman koskemattomaksi, koska se ehkäisee harusankkurin liikkumista vedon suuntaisesti. Harusankkurin betonilaatan päälle asetetaan kivitäyttö lisäämään sen otetta maaperään. Harustangon oikean asennon saavuttamiseksi vedon suuntaan on tehtävä loveus, jotta harustanko on samassa kulmassa sitä vetävän vaijerin kanssa. Kaivuukuoppa täytetään ja tiivistetään kerroksittain, jotta saavutetaan haluttu lopputulos ja harusankkuri pysyy paikallaan siihen kohdistuneesta vedosta huolimatta. (Monni, 2018, s. 168)

Kuva 6 Harusankkurin asennus maahan. (Headpower, n.d.)



2.3.3 Pienjännitekaapelin asentaminen pylvääseen

Maahan tai veteen asennettavien kaapeleiden nostaminen pylvääseen vaatii mekaanista suojausta. Kaapelia on suositeltava asentaa 0,7m syvyyteen aina pylvään juurelle saakka. Pylvään juurella kaapelia taivutetaan pylvästä vasten kaapelinvalmistajan sallimaa

kaarevuussädetä alittamatta eli $r > r_{min}$. Kaapelin noustessa maasta tai vedestä se on suojattava muototeräksellä tai vähintään lujuusluokan 4 asennusputkella, raskaan käytön suojaputkella tai vastaavalla tavalla vähintään 1,5m korkeudelle. Liikenneväylän varrella kaapelin suojaus on oltava vähintään 2 metriä maan pinnasta. Suojauksen on ulotuttava vähintään 0,2m syvyyteen maan tai veden pinnan alle. (SFS6000-8-814:2017, s. 7)

Pylvään juurelle asennettavan kaapelisuojan on oltava korroosiota kestävä materiaalia. Yleisimmät kaapelisuojaat ovat teräksestä valmistettuja kouruja. Suojakouruja on pinnoitettu kuumasinkittämällä parantamaan niiden korroosiokestävyyttä. Poikki pinnaltaan 16 – 70 mm^2 kaapeleiden suojarautaa voidaan asentaa pylvään pintaan. Poikki pinnaltaan 95 mm^2 isompien kaapeleiden suojarautaa pohjalevyineen asennetaan kohokiinnikkeillä irti pylväästä. Isompien kaapeleiden suojakouru on suuren kokonsa takia asennettava irti pylväästä, jotta suojarauta ei vaikeuttaisi pylvääseen kiipeämistä (Monni, 2018, s. 141). Mahdolliset maadoituskuparit, jotka tulevat kaapelin kanssa samassa ojassa, nostetaan pylvääseen eristetyllä muoviputkella aina 2m korkeuteen saakka (Headpower).

Kaapelin pituus mitoitetetaan niin, että kaapelipääte on vähintään neljän metrin korkeudessa maan pinnasta. Kaapelipääte asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti ja tarvittaessa kaapelin johtimien UV-suojaamattomat PEX-eristeet suojataan UV-kestävillä kutistemuoviputkilla. Uusissa kaapeleissa UV-suojaus on otettu huomioon valmistusvaiheessa. Kaapeli kiinnitetään pylvääseen kohokiinnikkeillä, jotta pylvääseen kiipeäminen ei hankaloituisi. Kohokiinnikkeiden asennusväli on tavanomaisesti 500-800mm välillä kaapelin halkaisijasta riippuen. (Monni, 2018, s. 141)

3 Työn tavoite, aineistonkeruu ja tutkimusmenetelmä

Tämän työn tavoite on parantaa kohdeyrityksen pylvästöiden laatua luomalla yksinkertaistetut ohjeet pylvästöiden suorittamiselle. Työn tuotos eli pylvästöiden ohjeet on räätälöity kohdeyrityksen tarpeisiin yleisimpiin pylvästöihin maakaapelointihankkeissa. Maakaapelointihankkeissa pylvästöitä tehdään ilmajohtoverkon ja maakaapeliverkon rajapinnassa, joten tämä työ on rajattu käsittelemään kyseisiä pylvästöitä. Havaitut laatupoikkeamat ilmenivät henkilöstökyselyssä ja laadunvalvonnassa. Tämän työn avulla haluttiin parantaa laatua analysoimalla laatupoikkeamiin johtaneita juurisyitä. Tässä työssä aineistoa on kerätty kohdeyrityksen laadunvalvontajärjestelmästä sekä haastatteluiden avulla. Tämä tutkimustyö perustuu juurisyysanalyysi -menetelmään. Laatupoikkeamien syitä on havainnollistettu kalanruotomallilla ja varsinaisia juurisyitä on pyritty löytämään 5 kertaa miksi -menetelmällä. Tutkimusongelman ja tietoperustan yhteys, aineistonkeruu- ja tutkimusmenetelmä sekä tutkimuksen tuotoksen tavoite on esitetty seuraavissa alaluvuissa.

3.1 Tutkimusongelman ja tietoperustan yhteys

Standardit, suositukset ja lait asettavat sähköverkon rakentamiselle raamit, joiden puitteissa työt tulisi suorittaa. On ensiarvoisen tärkeää tuntea nämä seikat, jotka vaikuttavat päätösten tekoon. Tässä työssä on käytetty laajasti voimassa olevia standardeja, suosituksia, asetuksia ja lakeja, joista tärkeimmät on esitetty luvussa 2.

Pylvästöiden tekemiseen löytyy ohjeita eri tietolähteiltä. Kaapelointiprojekteissa pylvästöitä tehdään kuitenkin rajallisesti. Pylvästyöt rajoittuvat tiettyihin toimenpiteisiin ilmajohtoverkon ja maakaapeliverkon rajapinnassa ja ilmajohtojen purkamisessa. Tarvittavia ohjeita on olemassa, mutta ne saattavat olla monessa eri paikassa ja niiden soveltaminen jättää käyttäjälle paljon tulkinnanvaraa. Ohjeiden löytäminen ja niiden soveltaminen juuri ennen työn suorittamista saattaa lisätä työturvallisuusriskejä ja heikentää työn laatua. Lisäksi sovelletut ohjeet saattavat poiketa tilaajan ohjeista, jolloin työhön joudutaan tekemään muutoksia ja pahimmassa tapauksessa työ joudutaan suorittamaan kokonaan uudestaan. Yhteneväisten ohjeiden ja prosessien käyttäminen lisää myös työn tasaista laatua riippumatta sitä suorittavista henkilöistä. Näin ollen kuka tahansa voi saattaa loppuun toisen henkilön aloittamaa työtä tilanteen niin vaatiessa. Valmiiden prosessien ja ohjeiden käyttö

tehostaa tuotantoa ja asettaa urakoitsijan hyvään asemaan kilpailutilanteessa muiden alan yritysten välillä.

3.2 Käytetty aineisto laatu poikkeamien määrittämisessä

Tässä työssä käytetty aineistoa on kerätty haastatteleamalla kohdeyrityksen asiantuntijoita ja koostamalla laadunvalvontajärjestelmästä saatua dataa. Aineiston avulla pyrittiin määrittämään pylvästöissä esiintyviä laatu poikkeamia ja niiden taustalla olevia syitä. Laadunvalvontajärjestelmästä saadusta aineistosta käyvät ilme yleisimmät oireet laatu poikkeamissa. Näiden oireiden taustalla olevien syiden tarkempaan selvittämiseen on hyödynnetty asiantuntijoiden haastatteluja, jotka käsitelivät laadunvalvontajärjestelmästä saatua dataa.

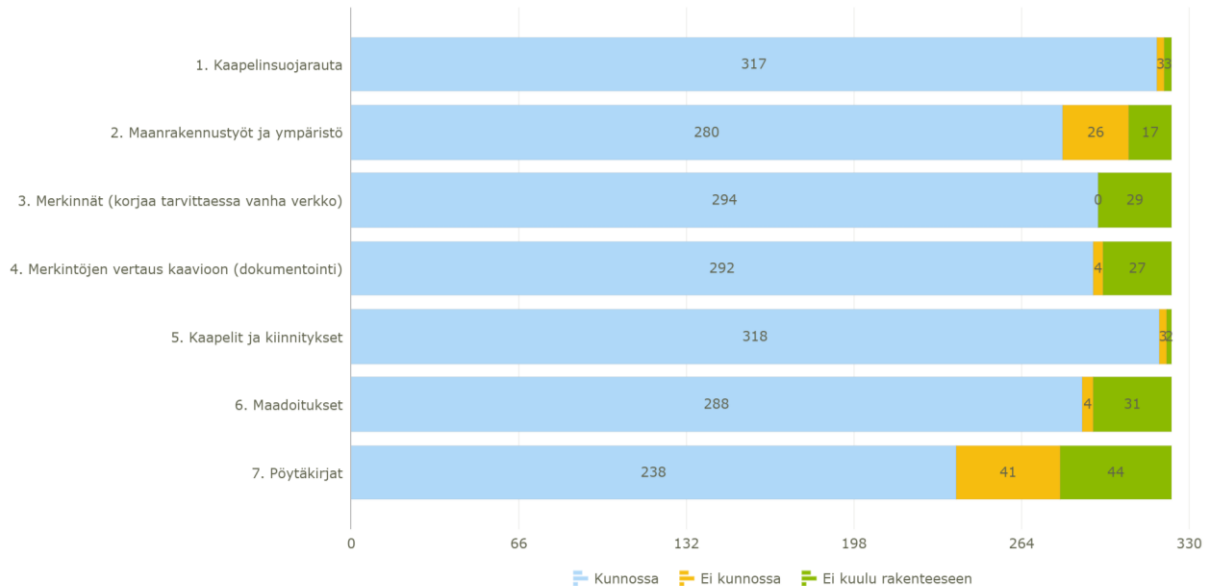
3.2.1 Oman työn tarkastukset

Kohdeyrityksen yhtenä laadunvalvonnan osa-alueena on asennustöitä koskevat oman työn tarkastukset. Oman työn tarkastuksia tehdään sähköisessä TQM-järjestelmässä. TQM on kohdeyrityksen virallinen raportointityökalu. Työtä varten haettiin TQM-järjestelmästä kaapelointihankkeissa pylvästöistä tehdyt oman työn tarkastukset. Järjestelmästä haettiin eri kokoisten projektien oman työn tarkastukset, jotta käsiteltävä tieto olisi mahdollisimman kattava. Tiedon ymmärrettävyyden ja luettavuuden parantamiseksi järjestelmästä haettiin oman työn tarkastusten tulokset sekä tekstimuodossa että graafisessa muodossa. Tarkastusten tulokset käytiin läpi kohdeyrityksen laadusta vastaavan asiantuntijan kanssa. Tarkastelussa käytettiin 33 eri projektista saatua dataa. Oman työn tarkastusten määrä vaihteli projekteittain yhdestä tarkastuksesta useaan kymmeneen.

Oman työn tarkastus -lomake pitää sisällään pylvästyön laatuun ja turvallisuuteen vaikuttavat keskeiset tekijät. Oman työn tarkastusta tekevän henkilön on verrattava lomakkeessa esitettyjä kohtia pylväällä tehtyihin töihin. Lomakkeelle kirjataan, onko suoritettu pylvästyö vaatimusten mukainen ja jokaiseen kohtaan voidaan lisätä kirjallinen huomautus, mikäli puutteita havaitaan. Lomakkeeseen tehtävät vakiomerkinnot ovat kunnossa, ei kunnossa tai ei kuulu rakenteeseen. Lomake sisältää seuraavat seitsemän täytettävää kohtaa: kaapelin suojarauta, maanrakennustyöt ja ympäristö, merkinnot,

merkintöjen vertaus kaavioon, kaapelin kiinnitykset, maadoitus ja pöytäkirjat. Taulukko 7 havainnollistaa oman työn tarkastuksien tuloksia.

Taulukko 7 Oman työn tarkastusten tulokset



Taulukon tuloksia vertailtaessa täytettyihin oman työn tarkastus -lomakkeisiin huomattiin, että taulukossa esitetyt tulokset eivät ole sellaisenaan käyttökelpoisia. Monessa tapauksessa lomaketta täyttävä henkilö on korjannut havaitun puutteen ja merkinnyt lomakkeeseen kyseisen kohdan olevan kunnossa. Tämä seikka vääristää ohjelmasta saatua taulukkoa, sillä kunnossa olevien kohtien määrä on selkeästi suurempi kuin tarkastushetkellä. Näistä korjaavista toimenpiteistä on kuitenkin mainittu lomakkeen huomautuskentässä. Lomaketta täyttävä henkilö on esimerkiksi merkannut maanrakennustöiden ja ympäristön olevan kunnossa, mutta on kommentoinut huomautuskenttään siistineensä aluetta ja lisänneensä maata pylvään juurelle. Tämä asia on huomioitu datan analysoinnissa ja lomakkeita on käyty läpi myös huomautusten osalta.

3.2.2 Haastattelut

Henkilöstökyselyssä ja laadunvalvonnassa esille tulleiden laatupoikkeamien syitä selvitettiin haastattelujen avulla. Haastattelu on tiedonkeruumenetelmä, jonka avulla tutkija kerää tietoa tutkittavasta aiheesta. Haastattelu perustuu vuorovaikutukseen, johon tutkija itse

osallistuu. Eri haastattelumenetelmiä voidaan jaotella sen mukaan, miten tutkia osallistuu vuorovaikutustilanteeseen. (Jyväskylän yliopisto, 2020)

Tässä työssä valittiin haastattelutyyppiksi puolistrukturoitu haastattelu. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastateltaville esitetään samoja kysymyksiä lähes samassa järjestyksessä. Puolistrukturoidussa haastattelussa voidaan joidenkin tulkintojen mukaan vaihdella kysymysten järjestystä. Tämä johtuu siitä, että osittain strukturoitujen haastattelujen toteutuksesta ei ole tarkkaa määritelmää. Puolistrukturoitu haastattelutyyppi on välimuoto täysin strukturoidun lomakehaastattelun ja avoimen teemahaastattelun välillä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006)

Haastatteluun valittiin neljä kohdeyrityksessä työskentelevää eri taustat omaavaa asiantuntijaa, jotka työskentelivät maakaapelointihankkeiden parissa ympäri Suomea. Haastateltavat henkilöt ovat oman osa-alueen kokeneita asiantuntijoita. Henkilöiden toimenkuvat ovat sähkötöiden johtaja, projektipäällikkö, suunnittelupäällikkö ja tiimipäällikkö. Haastattelut toteutettiin tammi- helmikuussa 2021 kasvotusten sekä puhelimitse. Haastattelut olivat tyypiltään puolistrukturoituja. Haastateltaville esitettiin samoja kysymyksiä ja haastateltavat rakensivat itse vastauksensa.

3.3 Juurisyyanalyysi

Tässä työssä on käytetty tutkimusmenetelmänä juurisyyanalyysiä. Juurisyyanalyysi voidaan nähdä prosessina, jossa tarkoituksena on löytää syyt ongelmiin, jotta voidaan löytää oikea ratkaisutapa puuttua näihin syihin (Okes, 2009, s. 147). Terminä juurisyyanalyysi voidaan ymmärtää monia erilaisina lähestymistapoina, työkaluina tai tekniikoina, joiden tarkoituksena on paljastaa ongelmien syyt. Osa lähestymistavoista keskittyy enemmän yleisiin ongelmanratkaisutekniikoihin, kun taas toiset lähestymistavat pyrkivät tunnistamaan todelliset juurisyyt ja analysoimaan niitä. (Andersen & Fagerhaug, 2006, s. 22)

Juurisyyanalyysissä lähdetään liikkeelle tunnistamalla ja määrittelemällä poikkeama. Poikkeaman täsmällinen määrittäminen on tärkeä, koska se auttaa löytämään tarkat syyt poikkeamalle. Lisäksi on syytä pohtia onko poikkeama tarpeeksi tärkeä, että sen tutkimiseen kannattaa käyttää resursseja. Juurisyyanalyysin toisessa vaiheessa käydään läpi prosessi,

jossa poikkeama on tapahtunut. Tämä on erityisen tärkeä tilanteissa, jossa on uskottu ongelman jo ratkenneen, mutta poikkeama esiintyy toistamiseen. Kolmannessa vaiheessa keskitytään määrittämään mahdolliset syyt poikkeamalle analysoimalla mahdollisimman kattavasti mutta tehokkaasti näitä syitä. Seuraavassa vaiheessa kootaan yhteen edellisen vaiheen tiedot poikkeaman syistä. Tilanteesta ja poikkeaman luonteesta riippuen tiedonkeruuvaiheessa tulisi huomioida, miten tietoa kerätään, tiedon mitattavuus sekä mahdollisten syiden yhteisvaikutus poikkeaman syntymiseen. Syiden yhteisvaikutuksella poikkeaman syntymiselle tarkoitetaan tilannetta, jossa poikkeaman syntymisen taustalla on useita eri syitä, jotka yhdessä aiheuttavat poikkeaman, vaikka eivät sitä yksinään olisi aiheuttaneet. Juurisyyanalyysin viimeisessä vaiheessa saatu informaatio analysoidaan ja määritellään todelliset juurisyyt, jotka poikkeaman ovat aiheuttaneet. Juurisyyanalyysin valmistuttua valitaan oikeat menetelmät, joilla voidaan ehkäistä juurisyiden esiintymisen. Toimenpiteiden valinnassa tulisi huomioida, että valitut toimenpiteet ovat mitattavissa. Tämän jälkeen valitut toimenpiteet toteutetaan ja niiden onnistumista seurataan ja mitataan, jotta voidaan varmistua, että poikkeamat saadaan kontrolliin. (Okes, 2009)

Tässä työssä laatupoikkeamien syitä on ensin analysoitu kalanruotomallilla ja tämän jälkeen varsinaisia juurisyitä on pyritty löytämään 5 kertaa miksi -menetelmällä. Kalanruotomalli eli syy-seuraus-analyysi kuvaa nimensä mukaisesti tarkasteltavan aiheen eri tekijöiden riippuvuuksia (Jyväskylän yliopisto, 2015). 5 kertaa miksi -menetelmän tarkoituksena on löytää juurisyyt esittämällä miksi -kysymyksiä niin monta kertaa, kunnes päästään ongelman alkulähteeseen. Menetelmän nimi perustuu siihen, että tavallisesti jo viiden miksi -kysymyksen esittäminen riittää selvittämään juurisyyt. (Inno kylä, n.d.) Edellä mainitut menetelmät valittiin, koska ne yhdessä muodostavat tehokkaan tavan havainnollistaa juurisyitä poikkeamien syntymiseen.

3.4 Yksinkertaistetut ohjeet pylvästöiden laadun parantamiseen

Tavoitteena on tehdä mahdollisimman yksinkertaistetut ohjeet, jotka täyttävät standardit ja tilaajan vaatimukset. Yksinkertaistamalla pyritään välttämään ohjeiden tulkinnanvaraisuutta, mikä vähentää virheiden todennäköisyyttä. Yksinkertaistetuilla ohjeilla pyritään parantamaan pylvästöiden laatua ja turvallisuutta. Työssä esitettävät ohjeet ovat pääosin jo olemassa olevia ohjeita, joita on tarvittavin osin päivitetty vastaamaan ajan tasalla olevia

lakeja ja standardeja. Olemassa olevista ohjeista ja suosituksista on pyritty tekemään kaapelointiprojekteihin sopiva kokoelma.

Ohjeiden hyödyntäminen vaatii, että ohjeet jalkautetaan, niitä noudatetaan ja kehitetään. Ohjeista pyritään tekemään helposti käytettäviä ja löydettäviä, jotta niiden käyttöaste olisi mahdollisimman korkea. Ohjeiden otsikot pyritään muotoilemaan mahdollisimman ytimekkäästi, mikä parantaa käyttäjän kokemusta. Ohjeissa pyritään käyttämään piirustuksia ja tarkentavia piirustuksia. Tarkoituksena on kuvata toimintaohjeet mahdollisimman selkeästi kuvia hyödyntäen ja minimoiden tekstin määrän. Standardien soveltaminen pyritään tekemään niin, että ohjeet täyttävät kaikissa olosuhteissa vaatimukset ilman tulkinnanvaraa. Esimerkiksi tilanteessa, jossa etäisyysvaatimus voisi olla minimissään 300mm, mutta suositus olisi 500mm, ohjeessa käytetään suositusta.

Ohjeiden on tarkoitus palvella pääasiassa suunnittelijoita, asentajia ja aliurakoitsijoita. Ohjeet ovat kuitenkin oiva työkalu myös työnjohdolle suunnitelmien tarkastuksessa ja materiaalien tilauksessa. Ohjeita voidaan käyttää suunnittelussa, suunnitelmien tarkastuksessa ja toteutusvaiheessa. Ohjeissa on huomioitu Carunan vaatimukset pylvästöiden osalta. Näin ollen ohjeet on suunnattu Carunan projekteihin. Ohjeet ovat kuitenkin käytettävissä muidenkin verkkoyhtiöiden projekteissa, mutta niissä tulisi huomioida kunkin verkkoyhtiön omat vaatimukset.

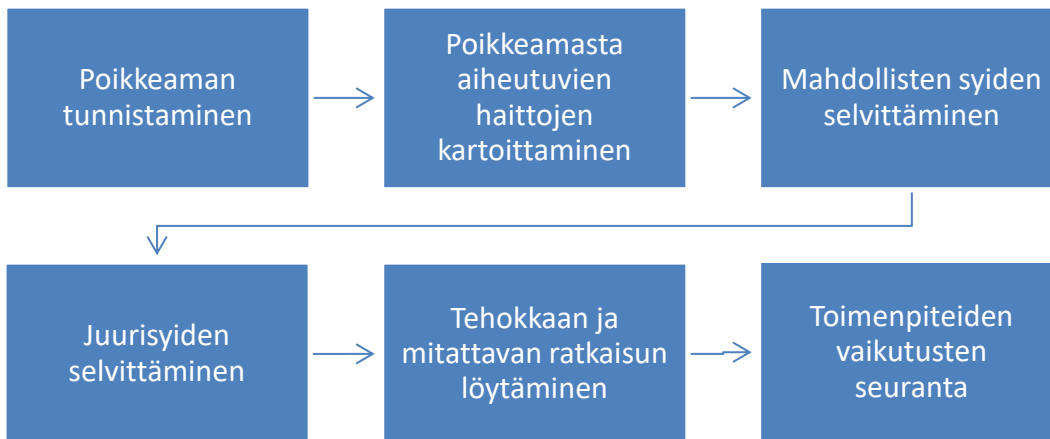
Ohjeiden tekemisessä hyödynnettiin aineistona henkilöstökyselyn tuloksia, haastatteluja, Headpowerin urakoitsijoille tarkoitettua tietokantaa, alaan soveltuvia standardeja ja asetuksia. Lisäksi ohjeiden tekemisessä hyödynnettiin kohdeyrityksen sisäisiä oman työn tarkastuksia pylvästöistä. Oman työn tarkastukset tehdään kohdeyrityksessä sähköiseen järjestelmään, josta saatiin tulostettua tiedosto kaikista tehdyistä tarkastuksista. Aineistojen kohdalla on käytetty lähdekritiikkiä tarkistamalla julkaisualustat ja aineiston aitous. Käytetyt aineistot ovat peräisin luotettavilta tahoilta ja ovat ladattu tai noudettu aina alkuperäisen julkaisijan tietolähteestä. Työssä on myös käytetty suljettuja tietolähteitä, jotka ovat maksumuurin takana. Näin ollen niitä ei ole mahdollista lisätä lähdeluetteloon. Esimerkiksi Headpowerin tietokanta on yleisesti verkostoalalla hyväksytty ja käytetty tietolähde, mutta lähde ei ole julkinen. Aineistossa on myös käytetty myös jo valmiiksi lakeihin ja standardeihin sovellettuja ohjeistuksia. Kyseiset aineistot ovat tunnettujen virastojen ja yritysten

julkaisemia. Ohjeiden tekoon kerättyä aineistoa on verrattu Carunan rakentamisesta vastaavan osaston aineiston kanssa ja siinä on huomioitu Carunan minimivaatimukset.

4 Laatueroikkeamien analysointi ja ohjeistuksen suunnittelu ja toteutus

Tässä työssä on pyritty parantamaan kohdeyrityksen pylvästöiden laatua. Laadun kehittämässä on toimittu kaavan 1 prosessin mukaisesti niin, että on pyritty löytämään juurisyyt, jotka aiheuttavat laatueroikkeamia pylvästöissä sekä ratkaisut niiden kontrolloimiseksi.

Kaava 1 Pylvästöiden laadun parantamisen eri vaiheet



Varsinaisen työn toteutus aloitettiin tunnistamalla ja määrittelemällä yleisimmät laatueroikkeamat. Laatueroikkeamien määrittelyssä käytettiin aineistona haastatteluja ja oman työn tarkastuksia. Seuraavaksi selvitettiin laatueroikkeamista aiheutuvat kustannukset, käyttäen apuna Ville Kenttämän diplomityötä vuodelta 2018. Kustannuslaskelmat ovat tärkeä osa työtä, koska kustannuslaskelmilla saatiin käsitys laatueroikkeamien vakavuudesta ja siitä, kannattaako niitä tutkia tarkemmin. Päätös lisätutkimusten tekemisestä tehtiin laatueroikkeamien ja oman työn tarkastuksissa havaittujen puutteiden analysoinnin pohjalta. Laatueroikkeamien syiden selvitykseen käytettiin kalanruotomallia, joka kuvaa syy-seuraussuhteita graafisesti, mikä helpottaa kaavan ymmärtämistä. Lisäksi tehtiin juurisyyanalyysi 5 kertaa miksi -menetelmällä yleisimpiin havaittuihin laatueroikkeamiin, jotka tulivat esille haastatteluissa ja oman työn tarkastuksissa. Nämä laatueroikkeamat esiintyvät yleisemmin seuraavissa pylvästöissä: pylvään- harustus ja tuenta, merkintävirheet,

kaapelin pylväsnousut ja ilmalinjan päättämiset. Juurisyysanalyysin ja haastattelujen tulosten perusteella näiden laatupoikkeamien juurisyyt olivat lähes aina vähäinen kokemus pylvästöistä ja selkeiden ohjeiden puute. Juurisyyden ja niiden kautta laatupoikkeamien kontrolloimiseksi haluttiin saavuttaa mahdollisimman tehokas ja pitkäaikainen ratkaisu. Ratkaisuksi valittiin mahdollisimman yksinkertaisten ja yksiselitteisten ohjeiden tekeminen pylvästöihin.

4.1 Laatupoikkeamien tunnistaminen pylvästöissä

Laatu voidaan määritellä monella eri tavalla. SFS-EN ISO 9000 standardissa ollaan määritelty laatu siten, että sitä voidaan soveltaa pylvästöissä yleisellä tasolla. Tuotteen tai palvelun laatu voidaan määritellä vertailemalla kohteen ominaisuuksia sille asetettuihin vaatimuksiin. Tuotteen tai palvelun on täytettävä sen käyttötarkoitukseen ja toimivuuteen asetetut vaatimukset. Olennainen osa tuotteen tai palvelun laatua on asiakkaan kokema arvo ja kohteesta saatava hyöty. Lisäksi kohteen tahallinen tai tahaton vaikutus olennaisiin sidosryhmiin vaikuttavat laadun määrittelyssä. (SFS-EN ISO 9000, s. 6)

Pylvästöiden laadun kannalta olennaisimmat seikat ovat maanrakennustyöt, johtimien ja komponenttien kytkennät ja merkkaukset. Edellä mainituille seikoille on asetettu vaatimukset lain, standardien ja tilaajan toimesta. Pylväsrakenteiden tulisi täyttää asetetut vaatimukset, jotta ne olisivat tilaajan ja sähkön kuluttajan käyttötarkoitukseen soveltuvia. Laadunvalvontaa suoritetaan urakoitsijan ja tilaajan toimesta. Mikäli tarkastuksessa ilmenee, että pylväsrakenne tai joku sen osa ei täytä vaatimuksia, se luokitellaan laatupoikkeamaksi. Laatupoikkeamat on korjattava ennen työn vastaanottoa verkon käyttöänsä maksimoimiseksi. (Kenttämä, 2018, s. 21)

Oman työn tarkastusten läpikäynnissä havaittiin, että kaapelointihankkeissa yleisimmät havaitut laatupoikkeamat ovat pylväiden tuenta, harusten asennukset, maadoitukset, kaapelin suojaukset, komponenttien merkinnät, puutteet pöytäkirjoissa ja yleiset maanrakennustyöt pylvään ympärillä. Tässä työssä päätettiin keskittyä ainoastaan mekaanisessa työssä havaittuihin puutteisiin ja pöytäkirjojen tarkempi tarkastelu rajattiin työn ulkopuolelle.

4.2 Havaittujen laatupoikkeamien korjauksesta aiheutuvat kustannukset

Ennen laatupoikkeamien juurisyiden analysoimista on selvítettävä, aiheutuuko laatupoikkeamista riittävän suurta haittaa kohdeyritykselle, jotta niiden ratkaisemiseksi kannattaisi tehdä toimenpiteitä. Tässä tapauksessa asiaa punnittiin taloudelliselta kannalta sekä tarkasteltiin yleisimpien laatupoikkeamien korjauksista aiheutuneita kustannuksia. Yksittäisten korjaustoimenpiteiden kustannuksia verrattiin oman työn tarkastuksissa esiin tulleiden laatupoikkeamien määrään ja havaittiin, että riippuen projektin koosta laatupoikkeamien korjaukset saattavat aiheuttaa suuria taloudellisia vahinkoja. Esitettyjen suorien kustannusvaikutusten lisäksi projektien viivästyisestä aiheutuvat taloudelliset vahingot voivat olla merkittäviä. Näistä syistä laatupoikkeamien ennaltaehkäisy ja niiden syiden kontrolloiminen on tarpeellista.

Laadunvalvonnassa havaitut laatupoikkeamat on korjattava ennen projektin tai työn luovuttamista. Virheiden korjaamisesta syntyy urakoitsijalle ylimääräisiä kustannuksia, jotka vaikuttavat negatiivisesti rakentamisen taloudelliseen kannattavuuteen. Virheiden korjaus aiheuttaa kustannuksia myös verkkoyhtiölle. Kaikkia korjauksia ei voida suorittaa ilman sähkönjakelun keskeytyksiä. Keskeytykset aiheuttavat verkkoyhtiöille kustannuksia. Tässä kappaleessa pyritään havainnollistamaan virheiden korjauksista syntyneitä kustannuksia urakoitsijan näkökulmasta. Urakoitsijalle virheiden korjauksesta aiheutuvat kustannukset koostuvat pääosin työkustannuksista, matkoista, koneiden siirtämisistä ja materiaaleista. Laskelmissa on esitetty työvoimasta, matkoista ja konetyöstä aiheutuneet kustannukset. Materiaalista aiheutuvia kustannuksia ei oteta tässä tapauksessa huomioon, sillä niiden tarve vaihtelee tapauskohtaisesti. (Kenttämaa, 2018, s. 94)

4.2.1 Työvoiman kustannukset

Laatupoikkeamien korjaukseen tarvitaan poikkeuksetta työvoimaa. Työvoiman kustannukset ovatkin merkittävä osa kokonaiskustannuksista. Työvoiman kustannuksien arvioinnissa on käytetty Tilastokeskuksen palkkarakennetilastoja vuodelta 2019. Tilastokeskuksen palkkarakennetilastoista on poimittu ammattiluokittain tuntipalkan keskiarvot. Tuntipalkan lisäksi yritykselle aiheutuvat palkan sivukulut on huomioitu laskelmissa. Sivukulut koostuvat

lakisääteisistä vakuutuksista kuten sairaus- ja työeläkevakuutuksista. Taulukon 8 laskelmassa on käytetty sivukulujen kertoimena lukua 1,6. (Yritystulkki, 2021)

Taulukko 8 Palkkakustannukset ammattiluokittain (Tilastokeskus, 2019; mukailten Kenttämää, 2018)

Työntekijä	Ammattiluokitus	Palkkakustannus €/h
Sähköasentaja	Sähkölaitteiden asentajat ja korjaajat	30,14
Kaivinkoneen kuljettaja	Työkoneiden kuljettajat	31,12
Avustava maanrakentaja	Avustavat kaivos- ja rakennustyöntekijät	26,72
Projektipäällikkö	Asiantuntijat	35,73
KytKentäsuunnittelija	Asiantuntijat	35,73
Dokumentoija	Tekstinkäsittelijät ja tallentajat	33,89

Sähköasentajan, kaivinkoneen kuljettajan ja avustavan maanrakentajan työstä aiheutuvat kustannukset riippuvat pitkälti korjattavan kohteen laajuudesta. Virheiden korjaamiseen tarvitaan myös projektipäällikkö, joka organisoii sidosryhmien väliset toiminnot.

Projektipäällikön pitää käytännössä tutustua korjattavan kohteeseen ja ohjata oikeat henkilöt korjaamaan virhettä. Yksittäisen laatu-poikkeaman korjausjärjestelyt vievät keskimäärin 20 minuuttia projektipäälliköltä. (Kenttämää, 2018, s. 96)

KytKentäsuunnittelijan on tarkastettava korjauskohteen sijainti verkossa ja sen perusteella tehtävä tarvittavat kytKentämuutokset verkkoon. Korjaustyö voi vaatia yhden muuntamon jännitteettömyyttä tai laajempaa käyttökatoa tietyllä verkon osuudella. Lisäksi on varmistettava varasyöttö mahdollisuudet katkon ajaksi. Katkon laajuuteen vaikuttaa

maastossa tehtävän työn luonne. Tässä tapauksessa arvioidaan kytkentäsuunnitelman vievän keskimäärin 70 minuuttia. (Kenttämaa, 2018, s. 97)

Korjaustoimenpiteiden jälkeen tehdyt muutokset dokumentoidaan verkkoyhtiön tietojärjestelmään. Yksittäisten virheiden korjauksiin ja dokumentointiin kuluu keskimäärin 10 minuuttia. (Kenttämaa, 2018, s. 96)

4.2.2 Matkakustannukset

Virheiden korjaus vaatii matkustamista toimipisteestä työpisteeseen. Siirtymiset tehdään tuotantoautoilla, joissa on tarvittavat työkalut sähköverkkoasennuksiin. Kohdeyrityksessä tuotantoautojen kilometrikustannukset ovat 0,65 euroa kilometriä kohden (Häkkinen, 2021). Matkakustannuksiin vaikuttaa myös henkilöstön palkkakustannukset. Tässä tapauksessa oletetaan toimipisteen ja työpisteen välisen matkan olevan 40 km suuntaansa. Mikäli matkan oletetaan olevan vain maantietä, voidaan arvioida matkan kestoksi 1 tuntia ja 15 minuuttia 65km/h keskinopeudella. Näin ollen matkakustannukseksi kertyy esimerkiksi yhdelle sähköasentajalle 89,7 euroa. (Kenttämaa, 2018, ss. 97-98)

4.2.3 Työkoneista aiheutuvat kustannukset

Laatupoikkeamat ovat toisinaan sellaisia, joiden korjaamiseen tarvitaan kaivinkonetta. Kaivinkoneen siirtäminen työpisteeseen on tällöin välttämätöntä. Tässä tapauksessa oletetaan kaivinkoneen olevan 40km matkan päässä. Siirtoon tarvitaan lavetti kuorma-autoa. Siirtokustannuksen oletetaan olevan 80 euroa tunnilta sisältäen kuljettajan palkan. Kaivinkoneen siirtoon oletetaan menevän 2 tuntia suuntaansa, sisältäen kaivinkoneen lastauksen ja purun. Siirtohinna kertyy 320 euroa kokonaisuudessaan. (Kenttämaa, 2018, s. 98)

Kaivinkoneen operointikustannukset koostuvat monista kuluista kuten polttoaineista, huolloista, vakuutuksista, rahoituskuluista ja hallinnointikuluista. Kaivinkoneen laskennallinen operointikustannus on noin 45 €/h. (Kenttämaa, 2018, s. 98)

4.2.4 Merkintävirheiden korjauskustannukset

Merkintävirheet ovat yleisimpiä laatupoikkeamia verkonrakennustöissä. Niitä esiintyy pylväs nousuilla, jakokaapeilla ja muuntamoilla. Merkintöjen oikeellisuus on erittäin tärkeä sähköverkon käytön ja työturvallisuuden kannalta. Merkintöjen korjaus on helppoa, mutta niistä syntyy merkittävä kuluerä. Taulukossa 9 on esitetty merkintävirheistä aiheutuvat korjauskustannukset.

Taulukko 9 Merkintävirheiden korjauskustannukset (mukailen Kenttämää, 2018)

	Merkintävirheen korjaus	Merkintävirheen korjaus katkolla
Projektipäällikön kustannukset	11,9	11,9
Työkustannukset	15,0	30,1
Matkakustannukset	89,7	89,7
Dokumentointikustannukset	5,6	5,6
Kytkeäsuunnittelukustannukset	-	41,7
Yhteensä €	121,5	178,3

Merkintävirheen korjaustyö on yksinkertaista ja suhteellisen nopeaa. Moni kustannus on kuitenkin vakio riippumatta korjattavan kohteen laajuudesta. Merkintävirheen korjaukseen on arvioitu kuluvan noin puoli tuntia yhdeltä asentajalta, jos korjaukseen ei tarvita sähkökatkoa. Mikäli korjaukseen tarvitaan katkoa, asentajan työaika kaksinkertaistuu. (Kenttämää, 2018, s. 97)

4.2.5 Maanrakennusvirheiden korjauskustannukset

Maanrakennus on merkittävä osa sähköverkon rakentamista, erityisesti jos hanke on maakaapelipainotteinen. Riippuen virheen laadusta, maanrakennusvirheiden korjaamiseen tarvitaan tosinaan kaivinkonetta. Pienempiä virheitä voidaan korjata käsin kaivuuna. Taulukossa 10 on esitetty kaksi yleisintä maanrakennusvirhettä, joita havaitaan pylvästöissä.

Taulukko 10 Pylvästöissä havaittujen maanrakennusvirheiden korjauskustannukset (mukaillen Kenttämaa, 2018)

	Kaapelin suojaraudan alapuolen maantäyttö	Haruksen jälkiasennus päätepylväälle (PJ)
Projektipäällikön kustannukset	11,9	11,9
Matkakustannukset	118,8	128
Kaivinkoneen kustannukset	-	365
Työkustannukset	13,4	91,9
Dokumentointikustannukset	-	5,6
Yhteensä €	144,1	602,4

Pylväsnousuilla tapahtuvat maanrakennusvirheet voivat olla pieniä, kuten kaapelin suojaraudan alapuolen riittämätön maantäyttö. Suojaraudan tulee olla vähintään 20 cm syvyydessä maan pinnasta. Mikäli kaapeli on näkyvillä maanrajassa, kaapelin suojaraudan alapuolelle pitää lapioida lisää maata tai tarvittaessa muuttaa suojaraudan korkeutta. Tähän työhön oletetaan menevän 15 minuuttia kahdelta avustavalta maanrakentajalta ja työn yhteishinnaksi kertyy 144,1 euroa. (Kenttämaa, 2018, s. 103)

Pylväiden tuennan suunnittelu on osoittautunut haastavaksi. Maakaapelipainotteisissa projekteissa toimivilla suunnittelijoilla on vähäinen kokemus pylväsrakenteiden suunnittelusta. Harusten väärä sijainti tai niiden puute huomataan usein laadunvalvonnassa (Rinkinen, 2021). Harusankkurin siirtäminen tai sellaisen asentaminen vaatii aina kaivinkonetta. Kaivuutyö ei ole pitkäkestoinen ja siihen on arvioitu kuluvan aikaa noin yksi tunti normaalissa maastossa. Kaivinkoneen siirtämisestä aiheutuvat kulut ovat kuitenkin riippumattomia työn kestosta. Matkakustannukset koostuvat sähköasentajan ja kaivinkoneen kuljettajan palkoista ja auton käyttökustannuksista. Tässä tapauksessa on oletettu, että kaivinkoneen kuljettaja ja sähköasentaja kulkisivat samalla pakettiautolla. Työn suorittamiseen on arvioitu menevän 1,5 tuntia kaivinkoneenkuljettajalta ja sama aika sähköasentajalta. Mikäli kohteeseen kaivetaan kokonaan uusi harus, dokumentoijan pitää

lisätä se verkkoyhtiön tietojärjestelmään. Näiden kaikkien kustannuksien yhteissumma on 602,4 euroa.

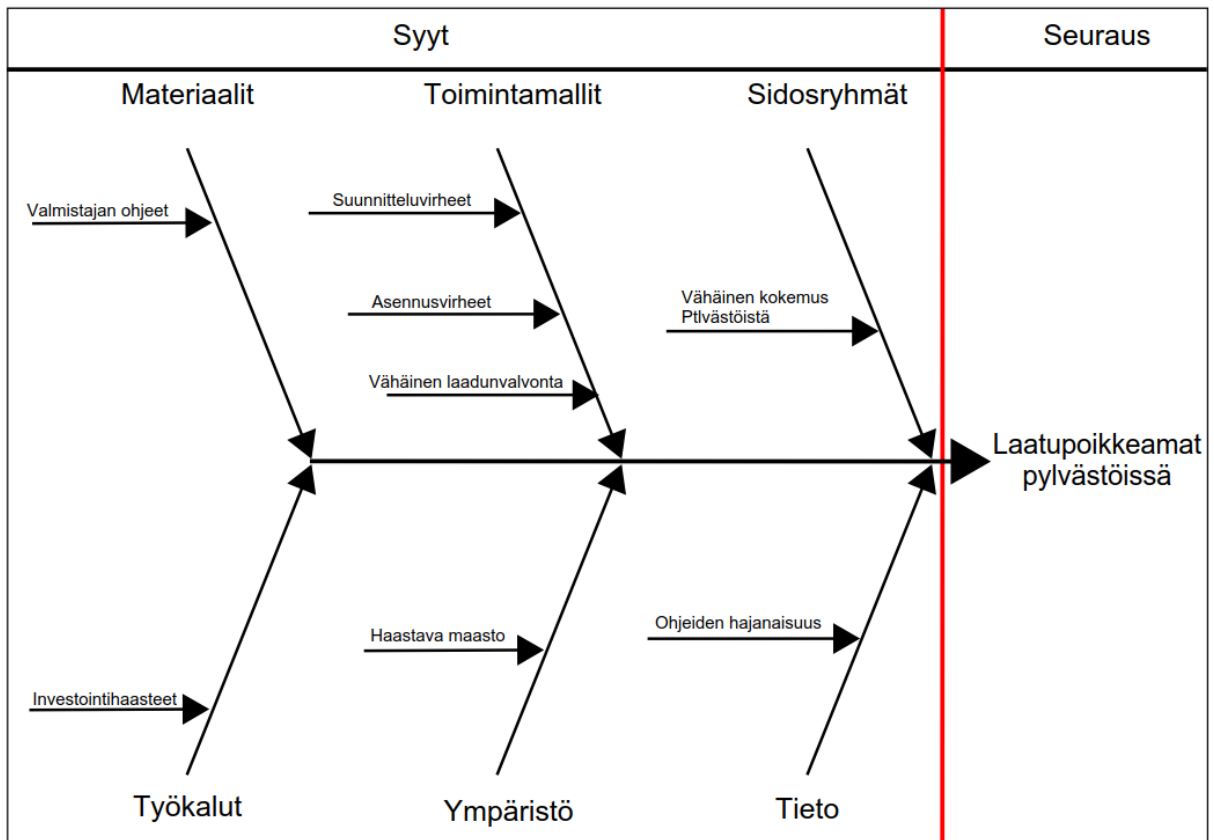
4.3 Laatupoikkeamien taustalla olevien juurisyiden selvittäminen

Laatupoikkeamien taustalla vaikuttavat eriaisteiset syyt, jotka ovat aina yksittäisen tai useamman juurisyyn aiheuttamia. Hoitamalla ainoastaan laatupoikkeamassa havaitut oireet ei saada aikaiseksi pysyvää muutosta prosessissa. Sen sijaan on keskityttävä selvittämään ja kontrolloimaan laatupoikkeaman juurisyitä.

Kappaleessa 4.1 on esitetty yleisimmät laatupoikkeamat, jotka on havaittu laadunvalvonnan yhteydessä. Nämä laatupoikkeamat ovat esiintyneet pylvään tuennassa ja harustuksessa, maadoituksissa, kaapelin suojauksessa, verkoston komponenttien merkinnässä ja maanrakennustöissä pylvään ympärillä.

Kuvassa 7 on pyritty luokittelemaan laatupoikkeamien taustalla olevia syitä kalanruotomallinnuksella. Kalanruotomallinnus havainnollistaa syyseurausketjua ja sitä luetaan vasemmalta oikealle. Kuvassa syyt on jaoteltu kuuteen eri luokkaan, jotka ovat materiaalit, toimintamallit, sidosryhmät, työkalut, ympäristö ja tieto. Laatupoikkeamia aiheuttavien syiden luokittelu auttaa löytämään oikean suunnan juurisyiden selvittämisessä. Luokittelun avulla pystytään hahmottamaan, mitkä syyt ovat sellaisia, joihin vaikuttamalla saadaan aikaa paras mahdollinen tulos. Tämän tiedon avulla voidaan keskittää resurssit löytämään näiden syiden juurisyitä.

Kuva 7 Pylvästöissä havaittujen laatupoikkeamien syyt



Materiaalit-luokassa on tullut esille verkon komponenttien valmistajien ohjeiden riittämättömyys. Ohjeet saattavat olla tulkinnanvaraisia ja joissain tapauksissa varsinaisia ohjeita ei ole saatavilla. Työkalut-luokassa on esitetty syyksi investointihaasteet.

Pylvästöiden vähäinen määrä kaapelointihankkeissa aiheuttaa sen, että investointi kalliisiin koneisiin ja työkaluihin, jotka on tuotettu ainoastaan pylvästöitä varten, ei ole kannattavaa. Ympäristö- luokassa syyksi todettiin haastava maasto. Haastava maasto voi olla esimerkiksi tiivisti asutettu taajama tai kallioinen ja suuria korkeuseroja omaava maasto. Haastava maasto on kuitenkin sellainen asia, johon ei voida merkittävästi vaikuttaa omalla toiminnalla esimerkiksi reittimuutoksilla. Reittimuutokset saattavat aiheuttaa verkkotopologiassa ei-toivottuja muutoksia, jotka saattavat aiheuttaa teknisiä ja taloudellisia haasteita. Lisäksi viranomais määräykset saattavat asettaa reunaehtoja reitinvalinnassa.

Toimintamallit-, sidosryhmät- ja tieto- luokissa esiin tulleet syyt ovat pitkälti toisistaan riippuvaisia ja osin päällekkäisiä. Näihin luokkiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska kyseiset luokat ovat luonteeltaan sellaisia, joihin pystytään vaikuttamaan pitkäjänteisellä

työllä ja ohjauksella. Tässä työssä pyrittiin löytämään näissä kolmessa viimeksi mainituissa luokissa esiin tulleiden syiden juurisyyt ja ratkaisuja niiden kontrolloimiseksi.

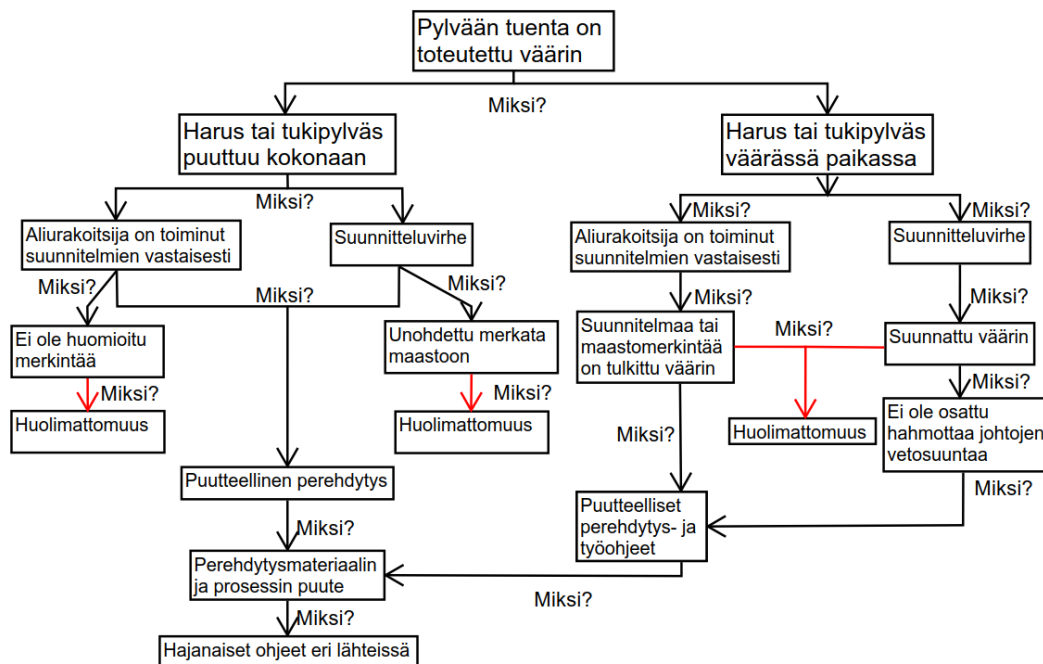
Suunnittelu- ja asennusvirheet sekä huolimattomuus laadunvalvonnassa ovat toimintamallit-luokan pääsyitä laatupoikkeamille pylvästöissä. Suunnitteluvirhe aiheuttaa laatupoikkeaman usein ketjureaktiona, jolloin suunnitteluvirhe johtaa asennusvirheeseen, joka taas saattaa läpäistä laadunvalvonnan seulan. Yksittäinen asennusvirhe taas aiheuttaa laatupoikkeaman ilman ketjureaktiota, mikäli laadunvalvonta ei havaitse virhettä.

Kuvassa 8 on esitetty esimerkki juurisyyanalyysistä, jossa tutkitaan 5 kertaa miksi menetelmällä pylvään tuennan väärän toteutuksen juurisyytä. Juurisyyanalyysissä käsitellään toimintamallit-luokkaan kuuluvia syitä, joita ovat suunnittelu- ja asennusvirheet.

Huolimattomuus on yksi juurisyy laatupoikkeamille, mutta sitä ei käsitellä tässä työssä.

Juurisyyinä huolimattomuus on luonteeltaan inhimillisen käytöksen tulos, joka ei kuulu tämän työn aihepiiriin. Juurisyyanalyysin tulosten perusteella voidaan todeta, että tarve paremmille ohjeistuksille on olemassa.

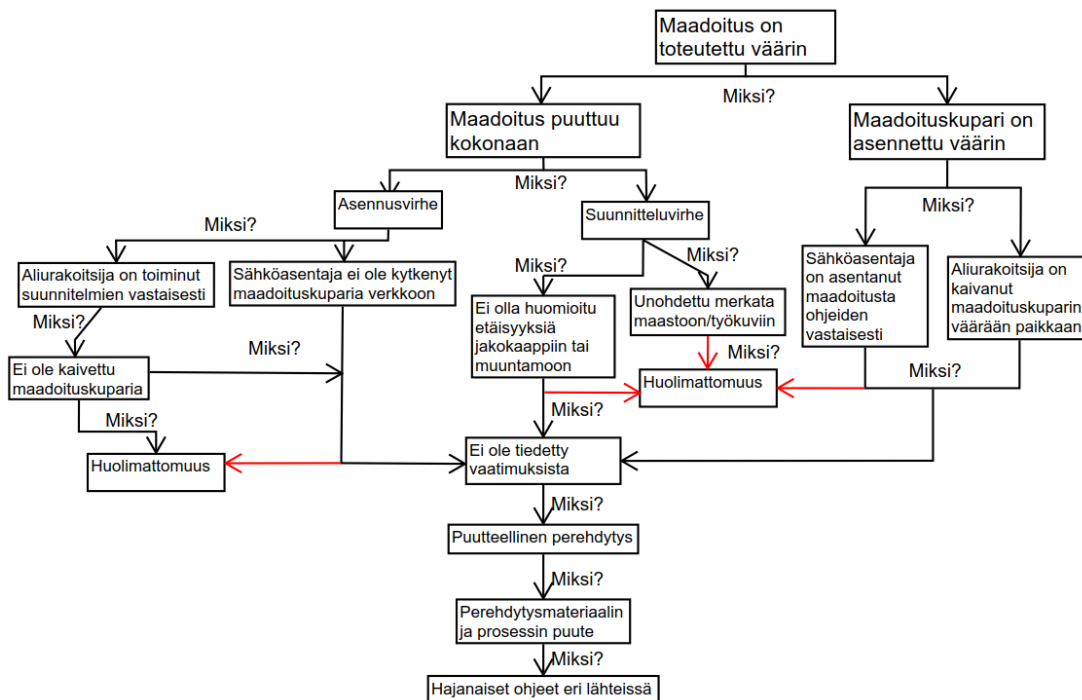
Kuva 8 Pylvään tuennassa havaittujen virheiden juurisyyanalyysi



Pylväsnoeuissa on toisinaan asennettava lisämaadoitus riippuen verkon rakenteesta, maaperästä ja etäisyydestä muuntamosta tai jakokaapista. Tilaajan ohjeet perustuvat

standardeihin ja asettavat reunaehdot maadoituksen toteutukselle. Ohjeissa on kuitenkin suositus lisämaadoituksella, mikäli edellisestä maadoituspisteestä on yli 200 metriä. Yleisesti maadoituksia suunnitellaan verkkoon riittävästi, mutta toisinaan maadoituksia suunnitellaan suositeltua tiheämmin. Tiheämmin suunniteltu maadoitus saattaa olla tarpeen, mikäli maaperä ei ole riittävän johtava esimerkiksi hiekka- tai kallioperäisen maaston vuoksi. Suositusta tiheämmin suunnitellut maadoitukset lisäävät asennusvirheiden riskiä, mikäli asentavan tahon olettamus perustuu tilaajan suositukseen, joka on 200m etäisyys edellisestä maadoituksesta tai asentava tahon asennustapa on ohjeiden vastainen. Siksi on tärkeä, että toimintatavat perustuvat yhtenäisiin ohjeisiin, joita molemmat osapuolet noudattavat. Kuvassa 9 on pyritty löytämään juurisyytä maadoituksen toteutuksessa esiin tulleisiin laatupoikkeamiin.

Kuva 9 Pylvästöissä havaittujen maadoitusvirheiden juurisyyanalyysi



Haastattelujen avulla ja niiden pohjalta tehdyissä syiden ja juurisyyden selvittelyssä on selvinnyt, että sidosryhmillä, jotka koostuvat suunnittelijoista, sähköasentajista, aliurakoitsijoista ja työnjohdosta on vähäinen kokemus ilmajohto- ja pylvästöistä. Vähäinen kokemus juontaa juurensa nykyiseen verkonrakennusmalliin, joka pohjautuu pitkälti maakaapelirakentamiseen. Vähäinen kokemus ei kuitenkaan ole yksinään laatupoikkeamien juurisyy. Vähäisestä ilmajohtorakentamisen kokemuksesta johtuvia laatupoikkeamia ei saada

lyhyellä aikavälillä hallintaan ilman yhtenäisiä prosesseja ja ohjeistuksia, joihin on mahdollista tukeutua ja kartuttaa kokemusta aiheesta. Näin ollen tässä työssä päätettiin keskittyä tieto ja toimintamallit -luokissa esiin tulleiden juurisyiden kontrolloimiseen laatimalla maakaapelointirakentamiseen suunnatut yksinkertaistetut pylvästyöohjeet, joita sidosryhmät voivat käyttää työkaluna omassa työssään.

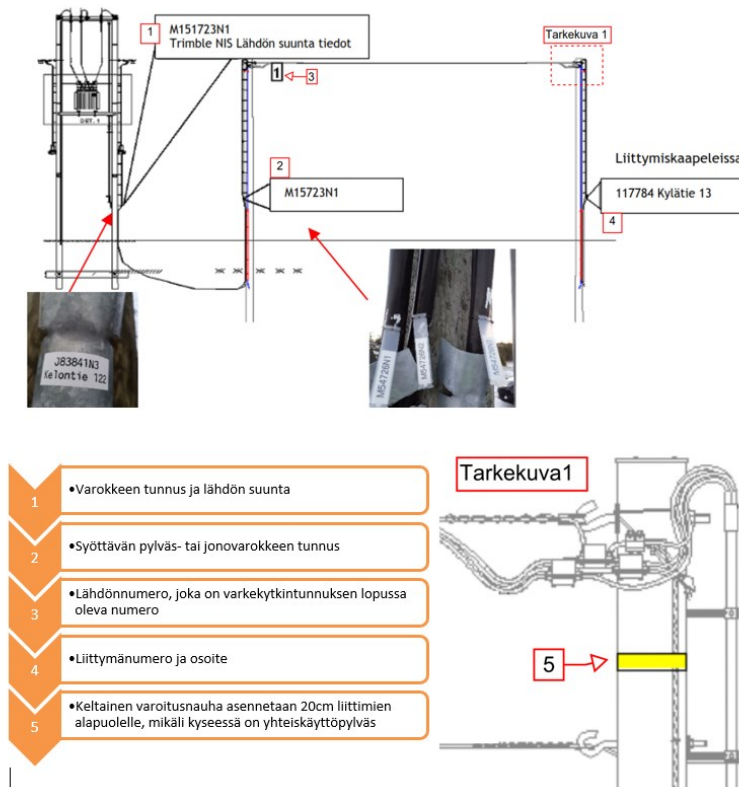
4.4 Laatupoikkeamien kontrollointi ja muutosten seuranta

Tässä työssä todettiin, että yksinkertaistetut pylvästyöohjeet ovat tehokkain tapa pyrkiä parantamaan pylvästöiden laatua kohdeyrityksen projekteissa. Ohjeiden laatuvaikutukset ovat mitattavissa oman työn tarkastusten avulla, joita työnjohto ja tilaajat suorittavat ennen projektien luovutusta. Tulevista oman työn tarkastuksista saatua dataa voidaan verrata aikaisempaan ja analysoida muutoksen suuntaa.

4.4.1 Yksinkertaistettujen ohjeiden laatiminen

Ohjeissa käytettiin mahdollisimman paljon kuvia ja mahdollisimman vähän tekstiä. Kuvissa esiintyvät toimenpiteet numeroitiin tärkeimmistä kohdista ja tekstimalliset ohjeet numeroitiin samassa järjestyksessä niin, että ohjeiden käyttäjä pystyy katsomaan kuvasta toimenpiteen numeron ja lukemaan samaan numeroon liittyvän toimenpiteen kuvauksen. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki ohjeiden rakenteesta, josta käy ilmi myös tarkekuvien käyttö. Tarkekuvia on käytetty niissä kohdissa, joissa on ollut syytä saada kohteesta lähikuva. Ohjeiden tekniset piirustukset on ladattu Headpowerin tietolähteestä ja niitä on muokattu lisäämällä numeroita eri kohtiin. Tässä työssä on esitetty neljä esimerkkiä laadituista ohjeista, jotka löytyvät työn liitteistä. Ohjeita on laadittu seuraavia pylvästöitä varten: PJ kaapelinousu, PJ kaapelin merkinnät, puupylvään perustaminen ja harusankkurin asennus.

Kuva 10 Esimerkki laaditusta pylvästyöohjeesta



4.4.2 Laadittujen ohjeiden jalkauttaminen

Laadittujen ohjeiden tarkoituksena on kehittää pylvästöiden laatua yhtenäistämällä kohdeyrityksen kaapelointiyksikön sidosryhmien toimintamallia. Siksi on tärkeä, että ohjeiden jalkauttaminen tapahtuu johdonmukaisesti kaikille osapuolille. Toimintatapojen ja prosessin yhtenäistämisen edellytyksenä on, että kaikki sidostyhmät saavat samat ohjeet ja perehdytys ohjeisiin tapahtuu samalla tavalla. Edellä mainitun edellytyksen täyttäminen on haastavaa, sillä kohdeyrityksen ammattilaiset ja alihankkijat työskentelevät eri puolilla Suomea eri projekteissa. Lisäksi projektien parissa aloittavien uusien henkilöiden perehdytysten tulisi seurata samaa kaavaa kuin muidenkin henkilöiden.

Maantieteellisten etäisyyksien ja etätyösuosituksen takia parhaaksi mahdolliseksi tavaksi on katsottu, että ohjeet julkaistaan Teams -sovelluksen välityksellä. Tilaisuus olisi webinaari tyyppinen etäkokous, joka nauhoitettaisiin. Webinaari koostuisi nykytilan kartoituksesta, kehittämisen tarpeen esityksestä, ohjeiden ja kehittämisaiheen yhteyksien perustelemisesta ja ohjeiden läpikäymisestä. Nykytilan kartoitus loisi perustan laadunkehittämisen tarpeelle ja

auttaisi sidosryhmiä ymmärtämään, miksi prosessia pitäisi kehittää. Laadunkehittämisen tarpeen ja siihen valitun menetelmän perustelemisen on yksi tärkeimmistä osioista, sillä se edesauttaisi ohjeita saamaan hyvän vastaanoton sekä niiden korkean käyttöasteen.

Ohjeiden tarpeellisuuden perustelemisen jälkeen ohjeet käytäisiin läpi ja pyritäisiin avoimeen keskusteluun niiden sisällöstä. Lopuksi pyydetäisiin tulevia käyttäjiä antamaan kirjallista palautetta ohjeista. Palautteen perusteella voitaisiin kehittää ohjeista entistä käyttäjäystävällisemmät.

4.4.3 Ohjeiden laatuvaikutusten mittaaminen

Ohjeiden vaikutusta laatuun tullaan mittaamaan lyhyen ja pitkän aikavälin arvioinneilla.

Lyhyen aikavälin data perustuu projektipäälliköiden tekemiin oman työn tarkastuksiin valmiista pylvästöistä ja pitkän aikavälin laatuvaikutukset perustuvat tilaajan tekemään laadunvalvontaan, jonka pohjalta tilaaja laskee rakentamisen laatua prosentuaalisesti.

Tulevia laadunmittaustuloksia voidaan verrata aikaisempaan dataan, josta voidaan päätellä valitun menetelmän onnistuneisuutta.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työn aloitushetkellä kohdeyrityksen Build -liiketoiminnan kaapelointiyksikön sisäisen ja tilaajan tekemän laadunvalvonnan perusteella oli havaittu laatupoikkeamia pylvästöissä. Laatupoikkeamien esiintyminen projekteissa aiheutti turvallisuusriskin sekä niiden korjaaminen aiheutti ylimääräisiä kustannuksia. Laadunvalvonnasta käytössä olevien tietojen perusteella pystyttiin toteamaan, että on olemassa tarve kehittää nykyistä prosessia pylvästöiden osalta. Lisäksi työn alussa oli tiedossa, että käytössä olevat pylvästyöohjeet eivät olleet riittävät ottaen huomioon projektien parissa työskentelevien sidosryhmien kokemus ilmajohtorakentamisesta. Tietoperustan koonnissa tarkasteltiin nykyistä prosessia tarkastamalla tietolähteitä, joista prosessi oli rakennettu. Tietolähteiden tarkastelussa huomiota herätti tietolähteissä olevien pylvästyöohjeiden hajanaisuus ja niiden tulkinnanvaraisuus.

Tutkimustyön kannalta oli olennaista, että pylvästöiden laatua on mitattu niin, että saatua dataa pystyttiin analysoimaan sekä massana että yksittäisinä tapahtumina.

Laatupoikkeamien syiden selvittämisessä tehdyt haastattelut auttoivat ymmärtämään syvällisemmin syitä, jotka aiheuttivat laatupoikkeamia. Laatupoikkeamien syiden lisäksi niiden juurisyitä analysoitiin, jotta olisi mahdollista valita mahdollisimman tehokas toimintatapa niiden kontrolloimiseen. Juurisyyanalyysin tulosten pohjalta tultiin siihen tulokseen, että yksinkertaistettujen ohjeiden laatiminen on tehokkain keino laadun kehittämiseen.

Tutkimustyön tuloksia arvioitaessa voidaan todeta, että maakaapelointipainotteisten sähköverkonrakentamisprojektien parissa työskentelevillä sidosryhmillä on vähäinen kokemus ilmajohtorakentamisesta. Vähäinen kokemus ja epäselvät ohjeet lisäävät virheiden esiintymisen riskiä suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Virheet puolestaan näkyvät laatupoikkeamina, jotka lisäävät työturvallisuusriskiä ja kustannuksia, jotka aiheutuvat laatupoikkeamien korjaamisesta. Laatupoikkeamien korjaaminen poistaa vain välillisesti näkyviä oireita, mutta laatupoikkeamat toistuvat usein uudestaan. Laatupoikkeamien taustalla olevien juurisyiden löytämisellä ja niitä kontrolloimalla pystytään parantamaan laatua pitkäkestoisesti. Juurisyiden löytämiseen ja niiden kontrollointiin löytyy paljon menetelmiä. Tässä työssä syiden ja juurisyiden selvittämiseen käytettiin sekä kalanruotomallia että 5 kertaa miksi -menetelmää. Kyseiset menetelmät toimivat tässä työssä toivotulla tavalla ja niiden avulla pystyttiin tekemään tehokkaiksi todettuja ratkaisuja. Tämän työn aikana laadittiin neljä ohjetta yleisimmistä pylvästöistä maakaapelointihankkeissa ja ne löytyvät liitteissä. Laadun kehittämisen kannalta on tärkeä, että laadittuja ohjeita käytetään ja niiden vaikutusta laatuun mitataan tulevaisuudessa.

Lähteet

- Andersen, B. & Fagerhaug, T. N. (2006). *Root Cause Analysis : Simplified Tools and Techniques*. ASQ Quality Press.
- Caruna-Konserni. (2020). *Puolivuotisraportti*. <https://www.caruna.fi/tietoa-meista/taloudelliset-tiedot-ja-raportointi>
- Lakialoite LA 17/2020 vp Lakialoite laeiksi sähkömarkkinalain sekä sähkö- ja maakaasumarkkinoiden valvonnasta annetun lain 10 §:n muuttamisesta.
- Energiateollisuus ry. (n.d.). *Yleistietoa häiriöistä*.
<https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkokatkot>
- Energiavirasto. (2020). *Sähkö- ja maakaasuverkkotoiminnan kehittäminen*.
<https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-kehittaminen>
- Inno kylä. (n.d.). *Viisi kertaa miksi*.
<https://innokyla.fi/fi/tyokalut/viisi-kertaa-miksi>
- Jyväskylän yliopisto. (2015). *Riippuvuussuhteiden analyysit*.
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/aineiston-analysimenetelmat/riippuvuussuhteiden-analyysit>
- Jyväskylän yliopisto. (2020). *Haastattelut*.
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/aineistonhankintamenetelmat/haastattelut>
- Kenttämää, V. (2018). *Sähkönjakeluverkon rakentamisen laatu ja havaittujen virheiden kustannusvaikutukset verkkoyhtiölle ja urakoitsijoille*. [Diplomityö Lappeenrannan teknillinen yliopisto]. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201801302638>
- Monni, M. (2018). *Sähköverkkoasennukset*. Adato Energia Oy.
- Okes, D. (2009). *Root Cause Analysis : The Core of Problem Solving and Corrective Action*. ASQ Quality Press.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2006). *KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto*. <https://www.fsd.tuni.fi/metelmaopetus/>
- SFS 6000-8-814:2017. (2017). *Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-814: Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen*. SFS Online.
- SFS-EN 50341-1. (2014). *Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Yhteiset määrittelyt*. SFS Online.
- SFS-EN ISO 9000. (2015). *Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sähkömarkkinalaki 2013/588.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588#O2L6P50>

Tilastokeskus. (2019). *Palkansaajien kokonaisansiot palkattua tuntia kohden ammattiluokituksen (AML 2010), työntajasektorin ja kokoaikaisuuden mukaan, 2019.*

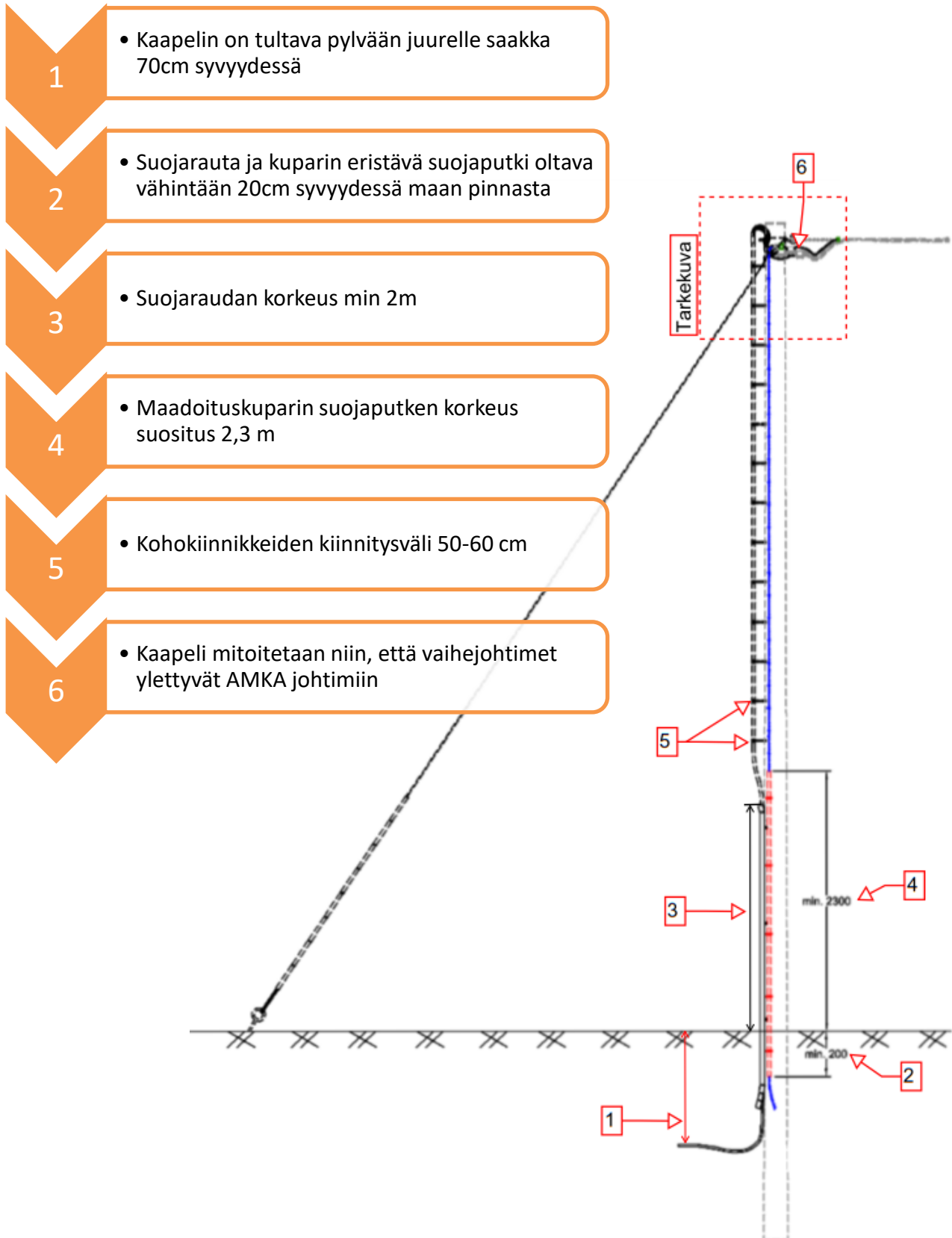
https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_pal_pra/statfin_pra_pxt_12ry.px/

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2020). *Sähkönsiirron hintoja koskeva hallituksen esitysluonnos.*

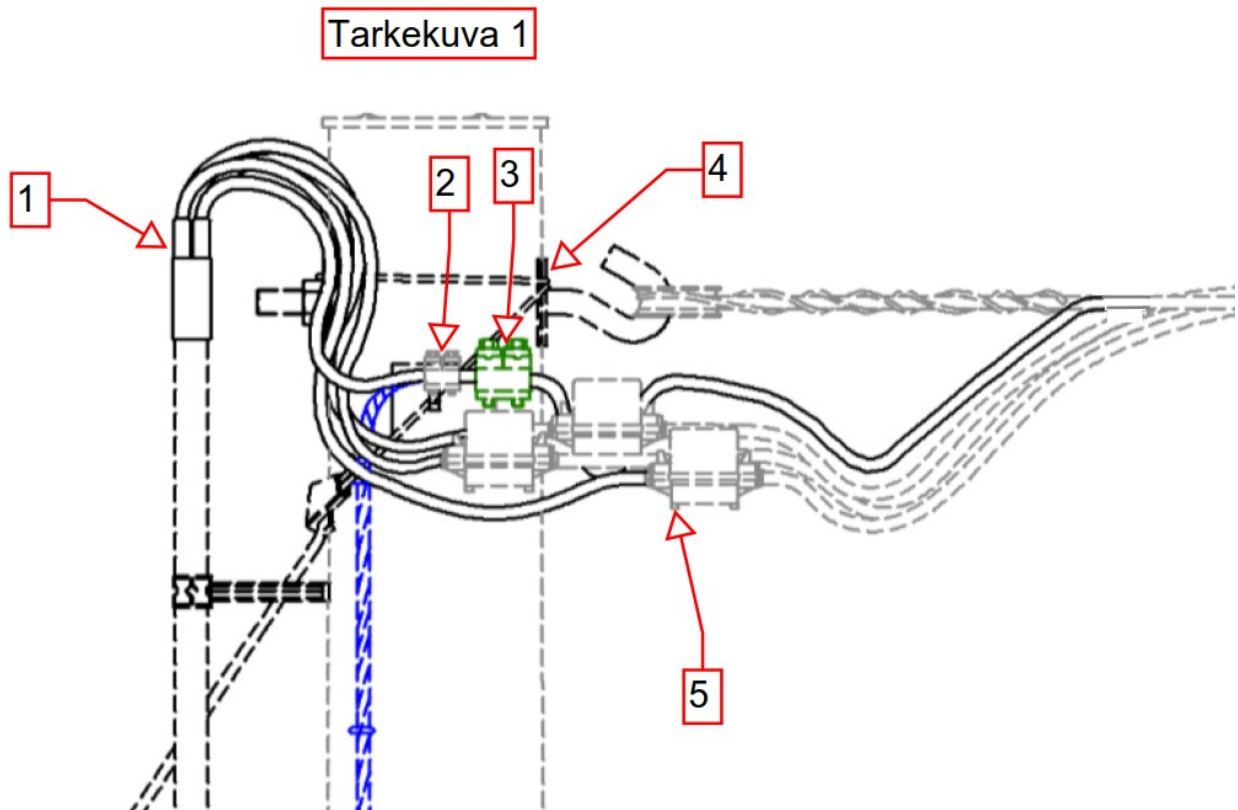
Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://tem.fi/-/esitysluonnos-sahkon-siirtohintojen-nousua-hillitsevista-toimista-lausunnolle>

Yritystulkki. (2021). *Palkan sivukulut.* <https://www.yritystulkki.fi/fi/alue/joe/toimiva-yrittaja/taloushallinto/palkan-sivukulut/>

Liite 1: PJ kaapelinousu



Liite 2: PJ kaapelinousu, tarkekuva 1



1

- Kaapeliin asennetaan haaroitussuoja

2

- Maadoituskupari kytketään PEN johtimeen siirtymäliittimellä

3

- Kaapelin PEN johdin liitetään AMKAN kannatusvaijeriin

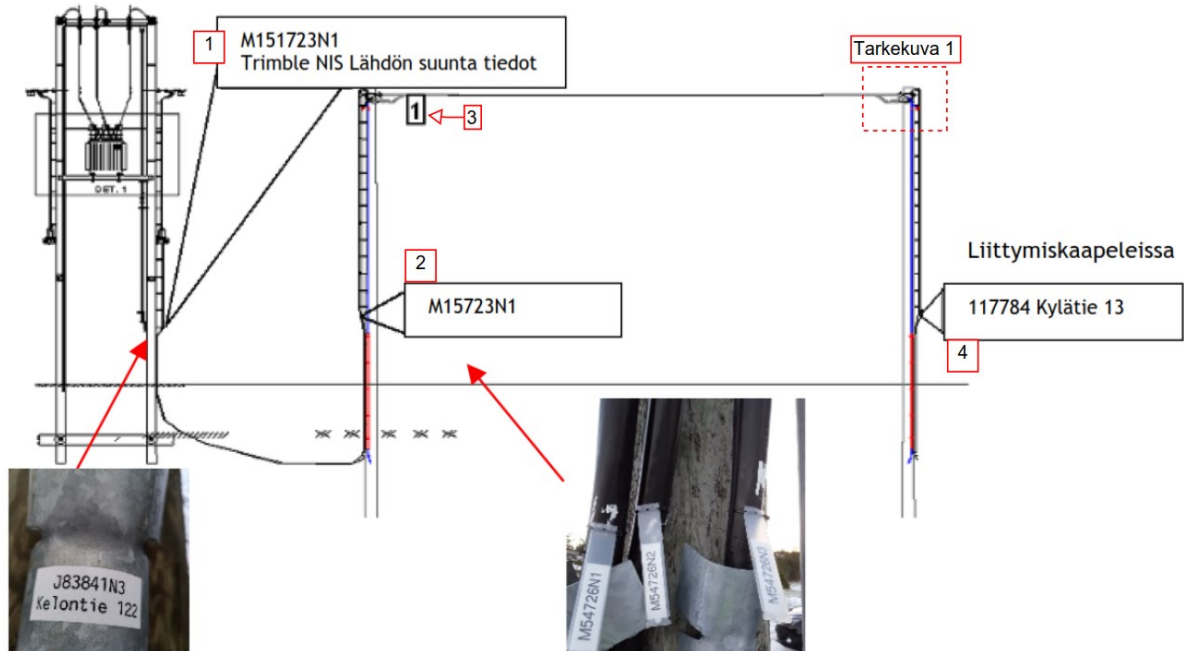
4

- Jos pylväässä on maadoituskupari, harusvaijeri asennetaan niin, että se on kosketuksissa kannatinkoukkuun. Näin harus on myös maadoitettu.

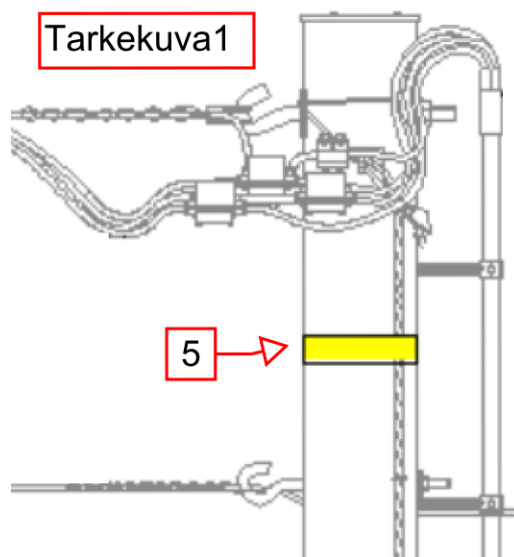
5

- Kaapelin vaihejohtimet kytketään JT liittimillä AMKA:n vaiheliittimiin

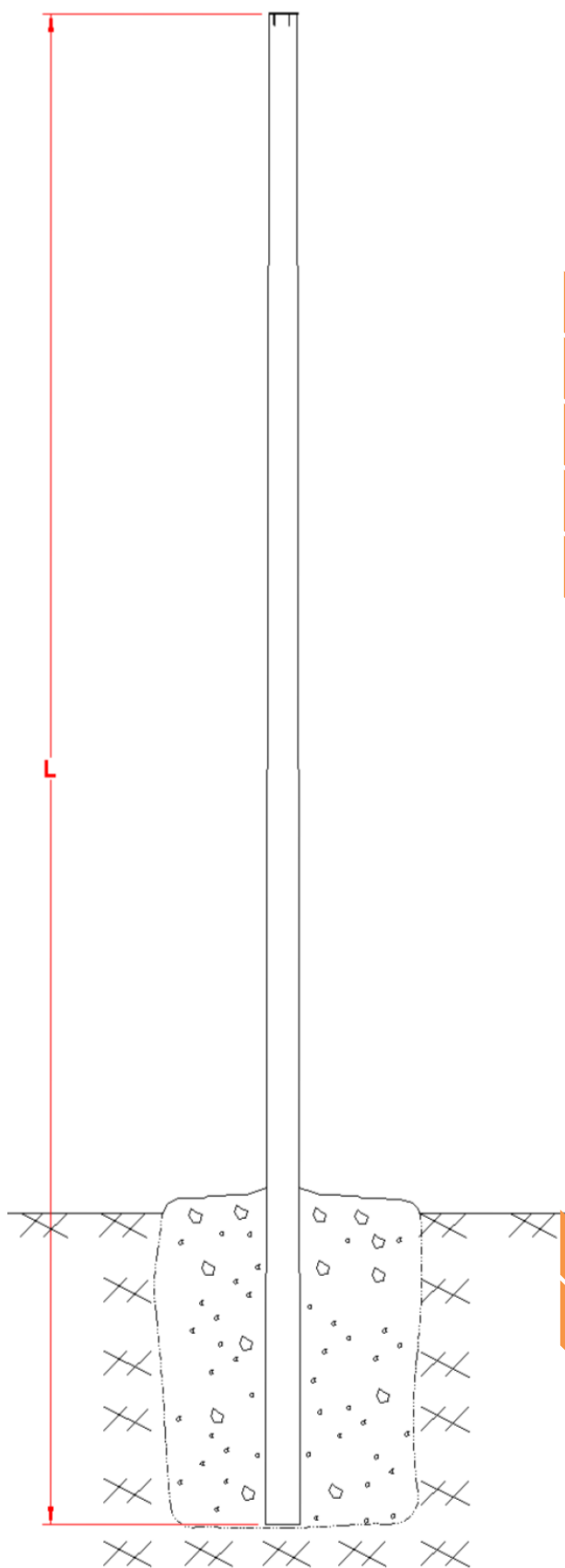
Liite 3: PJ kaapelin merkinnät



- 1 •Varokkeen tunnus ja lähdön suunta
- 2 •Syöttävän pylväs- tai jonovarokkeen tunnus
- 3 •Lähdönnumero, joka on varkeytkintunnuksen lopussa oleva numero
- 4 •Liittymänumero ja osoite
- 5 •Keltainen varoitusnauha asennetaan 20cm liittimien alapuolelle, mikäli kyseessä on yhteiskäyttöpylväs

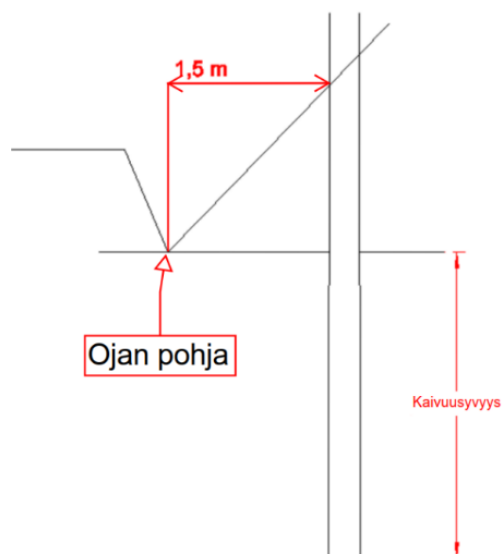


Liite 4: Puupylvään perustaminen



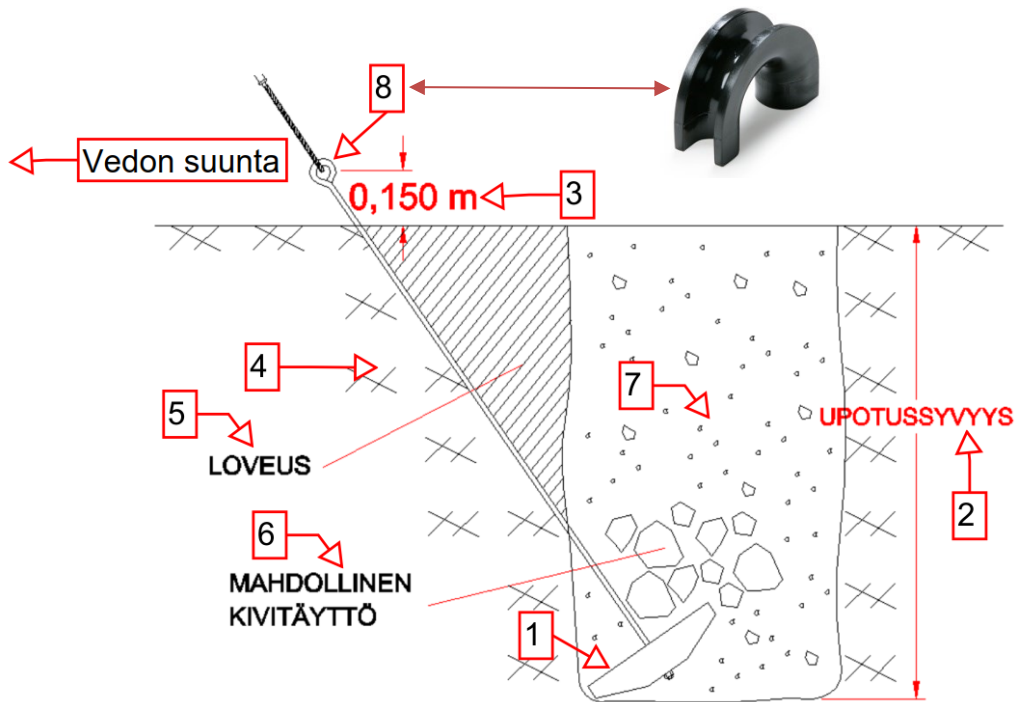
Pylvään pituus (L)	Kaivuusyvyys min.	Pehmeä maalaji
8-12m	2m	3m
13-17m	2,5m	3m

- 1 • Kaivetaan taulukonmukainen pylväskuoppa
- 2 • Pylväs asetetaan kuoppaan ja tuetaan kaivinkoneen apukouralla
- 3 • Kaarevat pylväät asetetaan niin, että johtojen vetovoima suoristaa pylvään
- 4 • Pylvään tyven ympärillä asetetaan kiviä ja esitäytetään kuoppa
- 5 • Täytön yhteydessä maata tiivistetään kerroksittain ja kivet asetetaan pylvään ympärille



- 6 • Ojan vieressä pylväs sijoitetaan vähintään 1,5m etäisyydelle ojan pohjasta
- 7 • Kaivuusyvyys mitoitetaan ojan ojan pohjasta

Liite 5: Harusankkurin asentaminen



- 1 •Betoni-laatta. Koko: HL43 tai HL60
- 2 •Taulukon mukainen. Esimerkiksi HL43 jossa $1 \times 25\text{mm}^2$ harusvaijeri upotussyvyys on 1,5m.
- 3 •Harussilmukan on oltava noin 15cm irti maan pinnasta
- 4 •Vedon puolella oleva seinämä pidettävä mahdollisimman koskemattomana.
- 5 •Loveus tehdään niin, että harustanko ja -vaijeri ovat samassa linjassa.
- 6 •Betoni-laatta suojataan hiekkatäytöllä, jonka jälkeen kuoppaa voi täyttää myös kivillä
- 7 •Maatäyttöä tiivistetään kerroksittain täytön aikana
- 8 •Kun maatäyttö on tiivistetty harustankoa vedetään silmukasta vedonsuuntaisesti, että saadaan "löysät pois".
- Harusvaijerin ja silmukan väliin asennetaan eristyskaussi

Ankkuri	$1 \times 25\text{mm}^2$ harusvaijeri (17,5kN)		$2 \times 25\text{mm}^2$ harusvaijeri (35kN)	
	Kova maa	Pehmeä maa	Kova maa	Pehmeä maa
HL 43	1,5 m	-	2,2m	-
HL 60	1 m	1,6 m	1,4m	-