



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Saranpää

Korkeajännitelinjan harustettujen pylväiden perustustyöt

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ville Saranpää

Työn nimi alaotsikoineen: Korkeajännitelinjan harustettujen pylväiden perustustyöt

Ohjaaja: Tero Turja

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 25

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyö keskittyy voimajohtopylväiden perustuselementtien asennustöihin ja niihin liittyvään työturvallisuuteen. Tavoitteena oli kertoa selkeästi erilaisten perustuselementtien asennuksesta ja niiden käytöstä. Työturvallisuusosuus pyrkii varmistamaan työn turvallisuuden ja työtapaturmien välttämisen. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Maanrakennus Saranpää Ky:n kanssa ja sen tavoitteena on luoda ohjeistus yrityksessä toteutettavia perustustöitä varten.

¹ Asiasanat: Betonielementit, maarakennus, sähköverkot, rakennustyömaat, voimajohtot

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Ville Saranpää

Title of thesis: Foundation work for high voltage power line towers

Supervisor: Tero Turja

Year: 2024

Number of pages: 25

Number of appendices: 0

The thesis focused on the installation of foundation elements for power lines and the related occupational safety. The aim was to clearly explain the installation and usage of various foundation elements. The safety section aimed to ensure the work safety and prevent accidents. The thesis was done in collaboration with Maanrakennus Saranpää Ky, with the goal of creating guidelines for foundation work conducted within the company.

¹ Keywords: precast concrete, earth construction, construction sites, electrical power networks, power lines

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja kuvioluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 SUOMEN SÄHKÖVERKKO	9
3 PERUSTUSTYÖT	12
3.1 Perustusten tehtävä ja pylvästyypit	12
3.2 Perustuspilarit.....	13
3.2.1 Maanvarainen perustus	13
3.2.2 Maassanvaihto ja suojalankutus	13
3.2.3 Paaluperustus	14
3.3 Haruspilarit	14
3.4 Kallioperustus.....	15
3.4.1 Teräskalliopilari	15
3.4.2 Kallioharusankkuri.....	16
3.5 Peltopylväs.....	16
3.6 Tarkastukset ja mittaukset.....	18
4 TYÖTURVALLISUUS	19
4.1 Työskentely johtoalueella	19
4.2 Kaivuu	20
4.3 Louhinta	20
4.4 Nostot.....	21
4.4.1 Nosto-ohjeet.....	21
4.4.2 Nostoapuvälineet	21
5 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	23
5.1 Yhteenveto	23

5.2 Pohdinta	23
LÄHTEET	24

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Pilariperustuselementit (Rudus, i.a.).....	13
Kuva 2. Pilariharuselementit (Rudus, i.a.).....	15
Kuva 3. Peltopylväs (Fingrid (i.a.-d)).....	16
Kuva 4. Peltopylvään perustukset (Rudus, i.a.).....	17
Kuva 5. Perustuksen jalustaelementti (Rudus, i.a.).....	18
Kuvio 1. Fingrid Oyj:n sähkösiirtoverkko (Fingrid, 2022).....	10
Kuvio 2. Sähköntuotanto energialähteittäin 2022 (Energiateollisuus i.a.).....	11
Kuvio 3. Pylvään osat (Fingrid, i.a.).....	12
Kuvio 4. Sallitut vähimmäisetäisyydet voimajohdon virtajohtimiin (Fingrid, i.a.-e).....	19
Kuvio 5. Voimajohtopylväiden pylväsala (Fingrid, i.a.-f).....	20

Käytetyt termit ja lyhenteet

Kantaverkko	Runkoverkko, johon on liitetty suuret voimalaitokset ja tehtaot sekä jakeluverkot.
Voimajohto	Sähkövoimajärjestelmän osa, joka siirtää sähköä kantaverkossa.
Haruspilari	Rakenteellinen elementti, joka tukee voimajohtopylvästä maaperässä.
Kilovoltti	Kilovoltti (kV) on sähköjärjestelmän mittayksikkö, jota käytetään mittaamaan sähkön jännitettä.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään voimajohtopylväiden perustuselementtien asennustöitä ja niihin liittyvää työturvallisuutta. Tavoitteena on kertoa selkeästi työssä käytettävien erilaisten perustuselementtien asennuksesta ja millaisessa tilanteessa kutakin elementtiä käytetään. Työturvallisuutta käsittelevän luvun tarkoituksena on auttaa tekemään työ turvallisesti ja työtapaturmilta välttyen. Työssä ei oteta kantaa elementtien tai pylväiden suunnitteluun vaan siinä keskitytään pelkästään työmaalla tehtävään työhön. Työturvallisuus luvussa kerrotaan, mitä turvallisuuteen liittyviä asioita tulee ottaa huomioon voimajohtojen läheisyydessä sekä yleisesti maanrakennustöitä, louhintaa ja nostoja tehdessä.

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Maanrakennus Saranpää Ky:n kanssa, joka pääasiallisesti toteuttaa työssä käsiteltäviä perustustöitä. Yhteistyön tavoitteena on luoda ohje, jota voidaan käyttää yrityksessä esimerkiksi uudelle työntekijälle osana perehdytystä. Perustustöitä käsittelevässä luvussa lähdemateriaalina on käytetty pääasiassa kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:n aihetta käsitteleviä dokumentteja ja verkkosivuja sekä -julkaisuja.

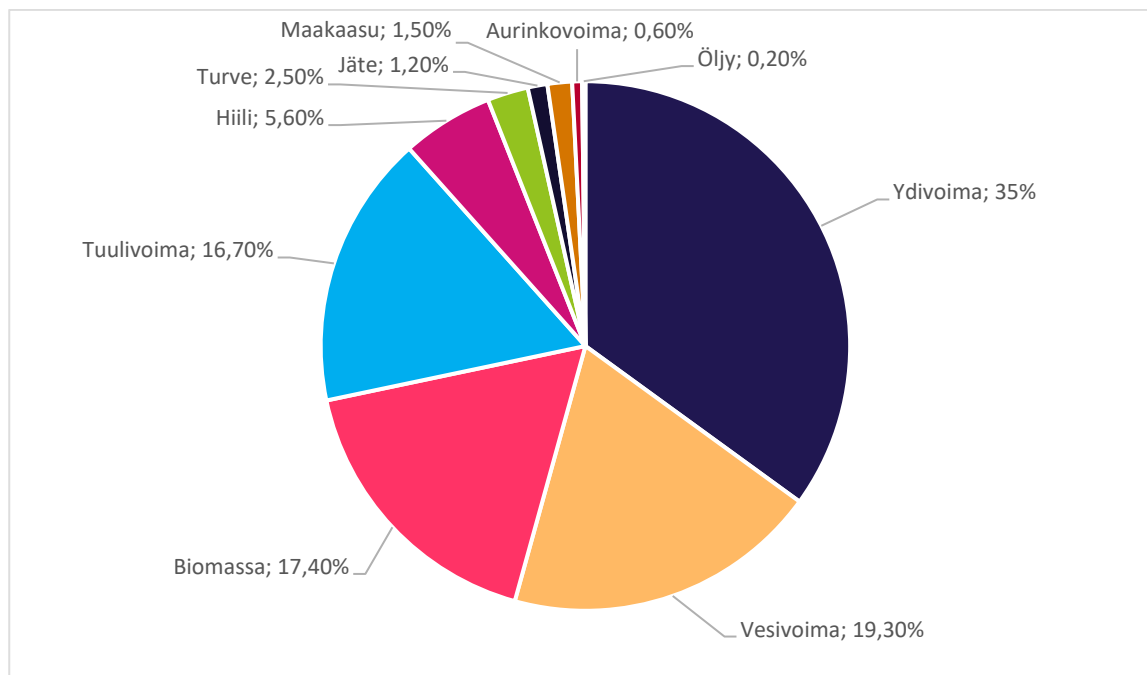
2 SUOMEN SÄHKÖVERKKO

Valtakunnallinen sähkövoimajärjestelmä on yhteiskunnan tärkeimpiä infrastruktuureita (Fingrid, i.a.-a; Fingrid, i.a.-b; STUK, 2011). Sähköä on siirrettävä usein pitkiä matkoja voimalaitoksesta asiakkaalle. Suurjännitteiset voimajohdot takaavat mahdollisimman pienen energiahäviön. Harvaan asutulla alueella johdot ovat yleensä ilmajohtoja ja kaupungissa yleensä maakaapeleita. Yleisin käytössä oleva pylvästyyppi on harustettu portaalipylvä, joissa kulkee kolme johdinta ja niiden yläpuolella kaksi ukkosenjohdinta. Voimajohdoista muodostuu kantaverkko, jonka avulla sähköä voidaan siirtää koko Suomen alueella. Suomessa kantaverkon ylläpito kuuluu Suomen valtion ja suomalaisten eläkeyhtiöiden omistamalle kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:lle. Kantaverkkoon kuuluvat kaikki kuviossa 1 esitetyt silmukoidussa käytössä olevat 400, 220 ja 110 kilovoltin suurjännitejohdot ja sähköasetat. Vuonna 2023 kantaverkkoon kuuluu noin 14 000 kilometriä voimajohtoa ja sen kautta siirretään noin 75 prosenttia kaikesta Suomessa käytetystä sähköstä.



Kuvio 1. Fingrid Oyj:n sähkönsiirtoverkko (Fingrid, 2022).

Suomen sähkötuotannossa tärkeimmät energialähteet ovat ydinvoima, vesivoima, puupolttoaineet ja tuulivoima (Energiateollisuus, i.a.). Kuviossa 2 on esitetty kunkin energialähteen prosenttiosuus kokonaistuotannosta. Energiatuotantolähteistä vuonna 2022 kotimaisia oli 57 prosenttia, uusiutuvia 54 prosenttia ja hiilineutraaleja 89 prosenttia. Suomessa toimii 120 energia yritystä ja 400 voimalaitosta, mikä on muihin Euroopan maihin verrattaessa varsin hajautettua. Monipuolinen ja hajautettu tuotanto lisää sähkön hankinnan varmuutta.

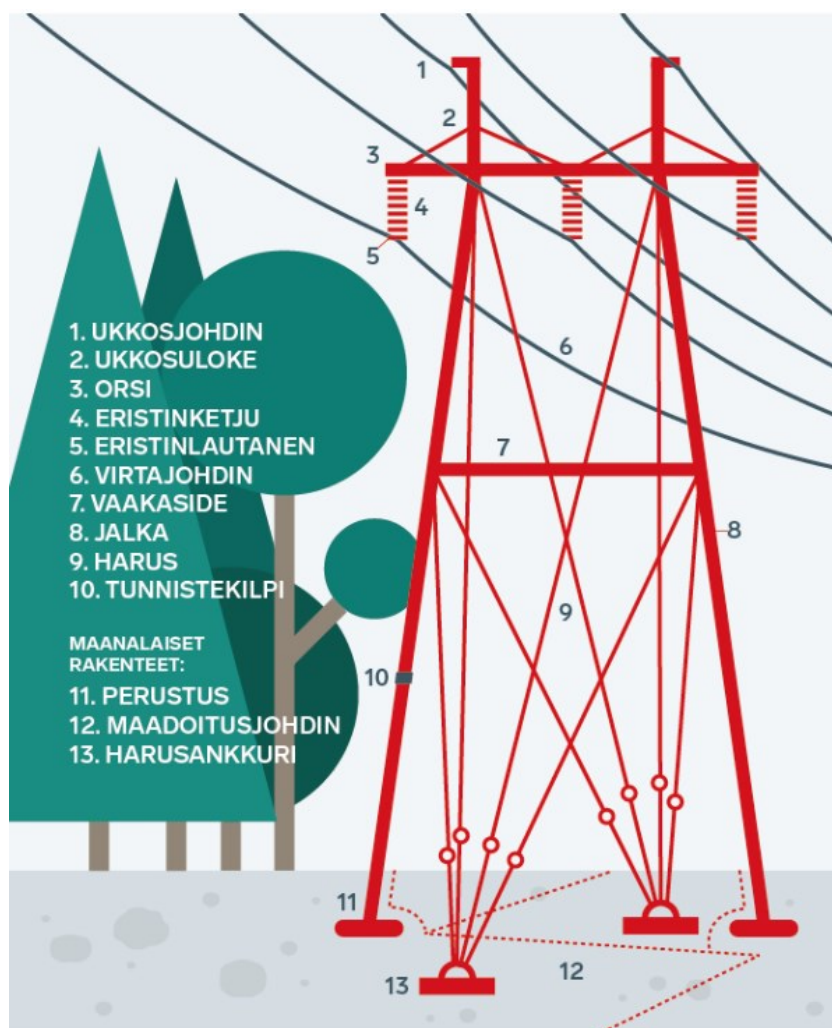


Kuvio 2. Sähkön tuotanto energialähteittäin 2022 (Energiateollisuus i.a.).

3 PERUSTUSTYÖT

3.1 Perustusten tehtävä ja pylvästyypit

Perustusten tehtävä on siirtää pylväiden kuormat maaperään ja suojata niitä maaperän liikkeiltä (Fingrid, i.a.-d; Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2010, s. 120). Erillisperustuksissa kuormat ovat perustus- ja haruspilareille pääasiassa pystysuuntaisia puristus- ja vetovoimia. Perustuksia mitoittaessa noudatetaan standardien EN 1997-1:2004 ja EN 1997-2:2007 vaatimuksia. Yleisimmin käytössä oleva pylvästyyppi on harustettu portaalipylväs (kuvio 3), niiden lisäksi kuitenkin on käytössä myös ilman haruksia olevia neljällä jalalla seisovia peltopylväitä, sekä paikallavalettuja vapaasti seisovia pylväitä.



Kuvio 3. Pylvään osat (Fingrid, i.a.).

3.2 Perustuspilarit

3.2.1 Maanvarainen perustus

Maanvaraiset perustuspilarit (kuva 1) asennetaan elementin koon mukaan 1200–2400 millimetrin syvyyteen siten, että pilarin yläpinta on 300–500 millimetriä maanpinnan yläpuolella (Fingrid 2017; Sahla, 2012a). Kaivanto tehdään 400 kilovoltin pylväillä 9:1 kaltevuuteen ja 110 kilovoltin pylväillä 8:1 kaltevuuteen. Toleranssi kaltevuudessa on pylväsjalan ja pilarin välillä 2 astetta. Jos perusmaa on kivinen, voidaan elementin alla käyttää tausaushiekkaa. Häiriintyvissä perusmaissa voidaan käyttää suodatinkangasta ja kalliomurskettä. Pilarin ympärystäyttö tehdään normaalisti kaivuumaalla. Täyttöä ei saa milloinkaan tehdä eloperäisillä maalajeilla kuten turpeella tai pehmeällä savella. Perustukset maadoitetaan upottamalla elementin alle 400 kilovoltin pylväillä 25 millimetriä tai 110 kilovoltin pylväillä 16 millimetriä paksusta kuparijohdosta tehty J-lenkki. Elementtien väliin upotetaan elektrodi, joka yhdistää J-lenkit toisiinsa.



Kuva 1. Pilariperustuselementit (Rudus, i.a.).

3.2.2 Maassanvaihto ja suojalankutus

Massanvaihdolla voidaan korvata anturan alapuolelta pehmeät maalajit (Sahla, 2012a). Massanvaihdon paksuus on yleensä 300–2000 millimetriä. Massanvaihdon ohjeelliset paksuudet määritellään perustamismäärityksissä. Kaivuu ja massanvaihto on tehtävä

mahdollisimman yhtäjaksoisesti ja tuettava suojalankutuksella. Suojalankutusta käytetään myös elementin ympärillä 1,5–2,5 metriä syvillä pehmeiköillä ja paaluperustuksia tehdessä. Suojalankutuksen tarkoituksena on tukea elementin ympärystäytettä. Lankutus tehdään elementin ympärille ja kaivannon pohjalle tehdään vähintään 200 millimetriä paksu alustäyttö ja asennetaan suodatinkangas, joka nostetaan lankutusta vasten maanpinnalle asti.

3.2.3 Paaluperustus

Maaperän ollessa heikkoa, maanvarainen perustus ei välttämättä ole riittävä (Betoni-Intiaanit, 2023). Paalutuksella kuorma voidaan siirtää syvemmälle maaperään, jolloin perustus pysyy tukevasti maassa. Paaluperustusta käytetään usein esimerkiksi savimaalla. Ilman paaluperustusta moni rakennuspaikka voisi jäädä hyödyntämättä.

Paalutus voidaan tehdä puupaaluilla, teräspaaluilla tai betonisilla pienpaaluilla (Sahla, 2012a, 2019). Puu- ja teräspaalut lyödään maahan samaan kaltevuuteen kuin pilarielementti, mutta betonipaalujen päät joudutaan katkaisemaan oikeaan vinouteen. Paalujen määrä riippuu pylvään tyypistä ja kuormituksesta. Puupaaluilla määrä on 5, 7, 9 tai 12 kappaletta ja betoni- ja teräspaaluilla 4–5 kappaletta. Paaluperustuksissa elementin ympärille tehdään aina suojalankutus. Kaivannon täyttö tehdään kitkamaalla mahdollisimman tiiviiksi, siten että perustuksen kohdalle ei muodostu vesipesiä.

3.3 Haruspilarit

Haruselementit (kuva 2) asennetaan yleispiirustuksen tai pylväskohtaisen perustuspiirustuksen mukaisesti. Haruspilareiden upotussyvyys on 1600–2700 millimetriä (Sahla, 2012b). Upotussyvyys määritellään laskelmien sekä todellisten harusvoimien mukaan. Haruspilareiden nostoissa käytetään teräksistä nostoakselia. Elementti asennetaan kohtisuorassa linja suuntaan nähden, kun elementtiin liittyy kaksi harusta (V-Harus) tai pylvään pääharuksen kiinnityskohtaa kohti, kun elementtiin liittyy vain yksi harus (X-harus). Elementin kaivannon pohja kaivetaan vaakasuoraan 10 millimetrin tarkkuudella, siten että pilari tulee 22 astetta kaltevuuteen. Kaivannon pohjalta tulee poistaa suuret kivet. Jos perusmaa on kivinen, voidaan elementin alla käyttää tasaushiekkää. Häiriintyvissä perusmaissa

voidaan käyttää suodatinkangasta ja kalliomursketta. Pilarin ympärystäyttö tehdään normaalisti kaivuumaalla. Täyttöä ei saa milloinkaan tehdä eloperäisillä maalajeilla, kuten turpeella tai pehmeällä savella.



Kuva 2. Pilariharuselementit (Rudus, i.a.).

3.4 Kallioperustus

3.4.1 Teräskalliopilari

Kalliolle perustettaessa betonisen perustuspilarin sijaan voidaan käyttää suoraan kallioon asennettavaa teräskalliopilaria, jolloin voidaan välttyä louhinnalta (Sahla, 2012a). Kalliopilari koostuu kolmesta osasta: pohjasta, rungosta ja tyvestä. Pohja ankkuroidaan vähintään 550 millimetrin syvyyteen ankkuripulttien avulla. Jos pohjan alapinnan ja kallionpinnan väliin jää yli 50 millimetriä on käytettävä pitempiä 900 millimetrin ankkuripultteja. Pohjan alapinnan ja kallionpinnan välisen etäisyyden ollessa yli 150 millimetriä on tehtävä jälkivalu täyttämällä rako huolellisesti betonimassalla. Tyvi voidaan asentaa suoraan pohjan päälle, mutta niiden välissä voidaan myös käyttää runkoa, jonka avulla pilari saadaan oikeaan korkeuteen. Runko voidaan leikata laikkaleikkurilla haluttuun korkeuteen. Teräspilari

asennetaan samaan kaltevuuteen kuin betoniset perustuspilarit, 400 kilovoltin pylväillä 9:1 kaltevuuteen ja 110 kilovoltin pylväillä 8:1 kaltevuuteen.

3.4.2 Kallioharusankkuri

Haruspilarin tilalla voidaan kalliolle perustettaessa käyttää kallioharusankkuriä (Sahla, 2012b). Kallioankkuri asennetaan juottamalla ne ehjään kallioon porattuihin reikiin. Harusankkuriä käytettäessä kallion tulee olla riittävän kiinteää ja ehjää. Rikkinainen, rapautunut tai rakoillut kallio tulee poistaa ennen asennuksen tekoa. Harusankkurin paksuus on 400 kilovoltin pylväillä 32 millimetriä ja 110 kilovoltin pylväillä 25 millimetriä. Harusankkuriin kiinnitetään 1 tai 2 kaksoissilmukkaa joihin harukset kiinnitetään. Silmukat asetetaan haruskaltevuuden mukaan yleispiirustuksen mukaisesti.

3.5 Peltopylväs

Perinteinen harustettu pylväsmalli rajoittaa pylväiden lähelle pääsyä maatalouskoneilla ja vähentää viljelyalaa (Fingrid, 2012). Tämän vuoksi maanviljelijöiden palautteen perusteella on kehitetty pelloille käytettäväksi peltopylväs (kuva 3), jolla minimoidaan maanviljelylle syntyvät haitat. Perinteisen pylväsmallin sijaan peltopylväs seisoo neljällä jalalla, jolloin tukivaijereita ei tarvita.



Kuva 3. Peltopylväs (Fingrid (i.a.-d)).

Peltopylväs perustus koostuu pilari elementistä (kuva 4) ja kahdesta anturalaatasta (kuva 5). Anturalaatan koko valitaan pylvään ja paikan mukaan ja ne asennetaan tasaiselle maalle pylväspiirustusten mukaisesti (Fingrid 2017; Keskinen, 2023). Jos perusmaa on kivinen, voidaan elementin alla käyttää tasaushiekkaa. Häiriintyvissä perusmaissa voidaan käyttää suodatinkangasta ja kalliomurskettä. Pilarielementissä on reiät, joiden läpi anturalaatan pultit tulevat, kun pilarielementti nostetaan paikoilleen. Anturalaatat ja pilarielementin pohja tulee puhdistaa ennen elementin paikoilleen nostoa, jotta pilarielementti tulee suoraan. Pulttiliitokseen kuuluu ylälevy, alalevy ja kaksi mutteria. Pulttiliitos suojataan esimerkiksi lyhyttä muoviputkea muottina käyttäen juotoslaastilla tai bitumilla. Pilarin ympärystyttö tehdään kitkamaalla siten, että pilarin yläreuna on noin 400 millimetriä maanpinnan yläpuolella. Peltopylvään perusmaadoitus koostuu kuparijohdosta tehdyistä J-lenkeistä ja elementtien väliin upotetusta elektrodeista, jotka yhdistävät J-lenkit toisiinsa.



Kuva 4. Peltopylvään perustukset (Rudus, i.a.).



Kuva 5. Perustuksen jalustaelementti (Rudus, i.a.).

3.6 Tarkastukset ja mittaukset

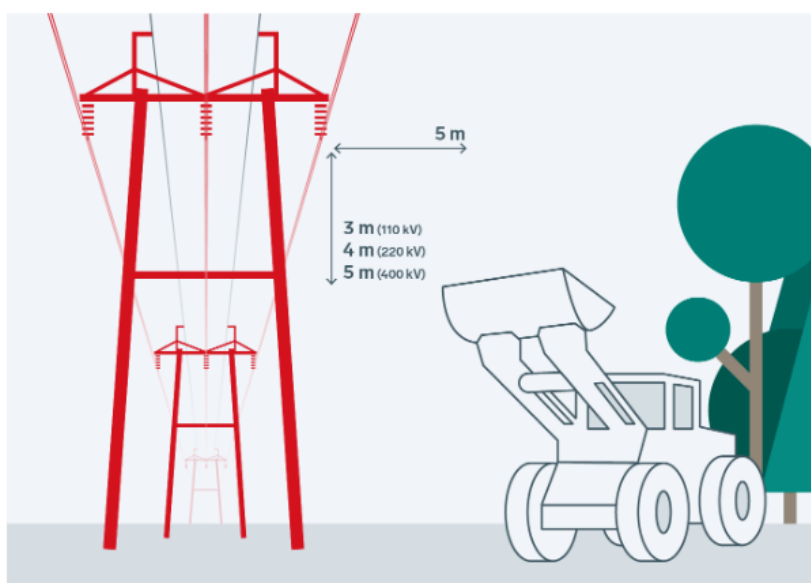
Asennustyönjohtaja laatii jokaisesta valmiista pylväspilareiden jalustaelementistä yhteenvetona perustusraportin (J. Saranpää, henkilökohtainen tiedonanto, 10.3.2024). Raporttiin merkitään käytettyjen rakennepiirustusten piirustusnumerot, maaperäolosuhteet, pohjavahvistukset ja asennusmitat. Asennusmitat ovat kaikkien pilareiden yläpinnan korkeudet ja perustuspilareiden etäisyys toisiinsa ja etäisyydet haruspilareihin. Jos suunnitelmista on jouduttu poikkeamaan, tulee muutokset kirjata raporttiin. Jos pylväspaikalla tehty louhintaa siitä, laaditaan erillinen räjäytys suunnitelma ja -pöytäkirja.

4 TYÖTURVALLISUUS

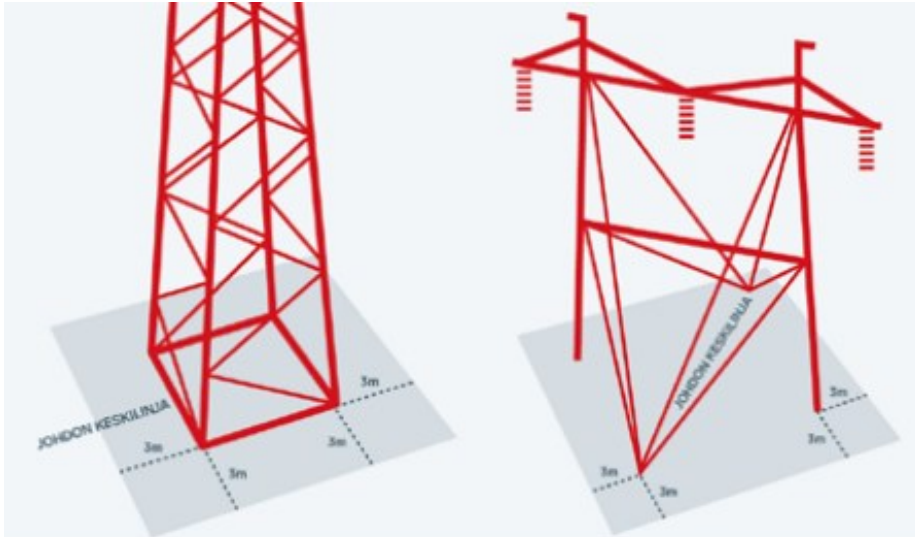
4.1 Työskentely johtoalueella

Johtoalueen muodostaa yleensä 10 metriä leveät reunavyöhykkeet ja johtoaukea, jonka leveys on 26–42 metriä, riippuen johdon rakenteesta ja jännitteestä (Fingrid, i.a.-c, s. 9). Johtoaukeaa voidaan käyttää viljelyyn. Pylväiden lähellä maatalouskoneilla liikuttaessa on kuitenkin noudatettava erityistä varovaisuutta. Mikäli pylväsrakenteisiin syntyy vaurioita, niistä on ilmoitettava välittömästi Fingridiin.

Työskennellessä kaivurilla, nosturilla tai muilla työkoneilla voimajohdon lähellä, on noudatettava kuviossa 4 esitettyjä vähimmäisetäisyyksiä voimajohtojen virtajohtimiin (Fingrid, i.a.-e, s. 9). Työkoneella ei saa liikkua pylväsalueella. Pylväsala on kuviossa 5 esitetty suoja-alue, joka ulottuu kolmen metrin päähän perustus- ja harusrakenteista. Työkoneella ei saa liikkua pylväsalkojen välistä, haruksen alta eikä kolmea metriä lähempää pylväsrakenteita.



Kuvio 4. Sallitut vähimmäisetäisyydet voimajohdon virtajohtimiin (Fingrid, i.a.-e).



Kuvio 5. Voimajohtopylväiden pylväsala (Fingrid, i.a.-f).

4.2 Kaivuu

Mahdollisuuksien mukaan ennen kaivuutyötä on selvítettävä johtojen ja putkistojen sijainnit (Rakennusturva Oy, 2018, s. 65; RIL, 2000, s. 30–31). Ennen kaivannossa työskentelyä on selvítettävä kaivannon sortumisriski ja varmistettava, että kaivannon luiskat on tehty tarpeeksi loivaksi ja tarvittaessa tuettu. Kaivannon sortumisvaaran riskiä kasvattaa sade, kuivuminen, roudan sulaminen ja työkoneiden tai louhinnan aiheuttama tärinä. Luiskien liikettä on seurattava tarkkailemalla kaivannon lähellä olevaa maanpintaa. Maanpinnan liikkumista voidaan tarkkailla esimerkiksi pystyttämällä linjakeppejä luiskan yläreunoihin, jolloin niistä pystyy havaitsemaan, jos maanpinta liikkuu. Kaivannon turvallisuuden varmistamiseksi on huolehdittava myös siitä, että kaivantoon on kunnolliset nousu- ja kulkutiet, ajoneuvot ja koneet pidetään riittävän etäisyyden päässä kaivannon reunasta, ja kaivumaat läjitetään riittävän kauas. Kaivinkoneen työskentelyalueelle ei saa mennä siten, että kuljettajalla ei ole näköyhteyttä. Kaikissa rakennustöissä on käytettävä vähintään perussuojavarustusta kuten kypärä, suojalasit ja heijastava työvaatetus. Koneiden läheisyydessä tulee myös käyttää kuulonsuojausta.

4.3 Louhinta

Louhintatöitä tehtäessä on noudatettava ennalta laadittua louhinta- ja panostussuunnitelmaa (Fingrid, i.a.-f.; Rakennusturva Oy, 2018, s. 69). Louhintatöitä saa suorittaa

ainoastaan henkilö, jolla on asianmukaiset pätevyudet, kuten räjäytystyönjohtaja tai panostaja. Työskenneltäessä louhintatyön vaara-alueilla on ehdottomasti varmistettava, ettei alueella liiku muita ihmisiä. Räjäytysaineiden käsittelyssä ja varastoinnissa on noudatettava äärimmäistä varovaisuutta. Räjäytystöissä on otettava huomioon aineiden vaarallisuus ja käytettävä asianmukaisia suojarusteita kuten kuulonsuojausta. Lisäksi räjäytystarvikkeet tulee välittömästi käytön jälkeen säilöä turvalliseen ja lukittuun paikkaan. Louhintatyössä tulee käyttää perussuojavarustuksen lisäksi kuulonsuojausta ja poraamisessa syntyvän pölyn vaikutusalueella hengityssuojainta.

4.4 Nostot

4.4.1 Nosto-ohjeet

Ennen työn aloitusta työnantajan on annettava työntekijälle työhönopastus, jossa käydään läpi työvaiheet, työtavat ja työvälineiden oikeanlainen käyttö (Betoniteollisuus, 2010, s. 9; Elementtisuunnittelu, i.a.; Rakennusturva Oy, 2018, s. 69). Työntekijälle on myös kerrottava työhön liittyvät vaarat ja riskit sekä ohjeistus niiden välttämiseen. Elementtien nostoissa on noudatettava valmistajan ohjeita sekä työmaan nosto- ja asennussuunnitelmia. Nosturit ja nostolaitteet on tarkistettava enne niiden käyttöä. Jos nostot tehdään kaivinkoneella, on noudatettava erityistä varovaisuutta, sillä sen liikkeet voivat olla nykiviä ja epätarkkoja.

4.4.2 Nostoapuvälineet

Nostoapuvälineiden kuntoa on seurattava jatkuvasti ja niiden kunto on varmistettava ennen käyttämistä (Betoniteollisuus, 2010, s. 21–22, 29). Nostoapuvälineet kiinnitetään vain elementeissä oleviin nostopisteisiin. Nostoapuvälineet on säilytettävä niille osoitetussa paikassa, josta ne on helppo ottaa ja jossa ne eivät vahingoitu. Sopivat nostoapuvälineet valitaan valmistajan elementin nostoelinten ja valmistajan nosto-ohjeen perusteella. Pilareita nostettaessa käytetään kettinkiraksia tai pilarin painon mukaan halkaisijaltaan 50–120 millimetriä olevaa nostoakselia. Kettinkiraksia käytettäessä kettinki lyhennetään hakalyhentiä, lyhennyskoukkuja, tai pikasäätimiä käyttäen. Ennen nostoa on tarkistettava

lyhennyskoukkujen vaikutus kettingin lujuuteen ja että kettinki on lukittuna lyhentimessä, eikä se pääse nostettaessa irtamaan.

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

5.1 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda voimajohtopylväiden perustustöistä selkeä yhteenveto. Opinnäytetyön rakenne säilyi lähes samanlaisena koko prosessin ajan verrattuna siihen, millaiseksi se oli suunnitteluvaiheessa visioitu. Luku kaksi sisältää yleisluontoisen kuvauksen Suomessa olevasta sähköverkosta ja -tuotannosta. Itse perustustyötä käsitellään luvussa kolme, jossa työ on jaettu käsittelemään eri perustustapoja ja työssä käytettyjä elementtejä, sekä kerrotaan perustustyöhön liittyvästä raportoinnista. Lukuun neljä on kerätty eri lähteistä työturvallisuuteen liittyvää materiaalia, joka on oleellista voimajohto- ja maanrakennustöissä.

5.2 Pohdinta

Ennen työn aloittamista tämän työn tekijä ajatteli perustustöiden olevan yksinkertaisempia, mutta lähdemateriaalia kerätessä huomattiin työhön sisältyvän paljon erilaisia muuttujia ja pieniä asioita, jotka tulee huomioida niin työmaalla kuin jo suunnitteluvaiheessa, jotta työssä päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Opinnäytetyöprosessin aikana tämän työn tekijä oppi paljon uutta työtä käsittelevistä perustustöistä, vaikka tämän työn tekijällä niiden asennustyöstä olikin jo aikaisempaa työmaakokemusta. Vaikka opinnäytetyön rakenne oli alusta asti selkeä, haastavaa oli yhdistää eri lähteistä saatua materiaalia ja luoda tekstistä yhtenäinen kokonaisuus, sekä jättää tämän työn tekijän omaan kokeemukseen ja muistikuviiin pohjautuva tieto pois tekstistä, jonka haluttiin koostuvan vain lähdemateriaaliin perustuvasta faktatiedosta.

LÄHTEET

Aaltonen U. (2012). Designia Kansallismaisemaan. *Fingrid-lehti*, 2/2012, 4–6.

Betoni-Intiaanit Oy. (2023). *Paaluperustukset eli paalutus – 10 tärkeintä huomiota*.

<https://betoni-intiaanit.fi/paaluperustukset-eli-paalutus-10-tarkeinta-huomiota/#paaluperustukset-eli-paalutus-10-tarkeinta-huomiota>

Betoniteollisuus. (2010). *Betonielementtien nostot*. https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien_Nostot_100114.pdf

Elementtisuunnittelu (i.a.) *Nosto-ohjeet*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/nosto-ohjeet>

Energiateollisuus (i.a.). *Sähköntuotanto*. <https://energia.fi/energiatietoa/energiantuotanto/sahkontuotanto/>

Fingrid. (2017). S23701E1 – Maadoitus. Fingrid Oyj. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/fingrid-maadoitus-ohje.pdf>

Fingrid. (i.a.-a). *Esittely*. <https://www.fingrid.fi/sivut/yhtio/esittely/>

Fingrid. (i.a.-b). *Fingridin sähkönsiirtoverkko*. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/fingridin-sahkonsiirtoverkko/>

Fingrid. (i.a.-c). *Johtoalue*. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohdot/johtoalue/>

Fingrid. (i.a.-d). *Peltopylväs*. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohdot/peltopylvas/>

Fingrid. (i.a.-d). *Pylvään osat*. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohdot/pylvaan-osat/>

Fingrid. (i.a.-e). *Työkoneet ja voimajohtoalue*. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/turvallisuus/tyoskentely-sahkoverkon-laheisydessä/tyokoneet-ja-voimajohtoalue/>

Fingrid. (i.a.-f). *Työskentele turvallisesti voimajohdon läheisyydessä*. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/turvallisuus/fingrid_tyoskenetele_turvallisesti.pdf

Keskinen A. (2023). *FG-400-4-950: Piirustus*. Fingrid Oyj.

Rakennustieto. (2018). *Rakennustöiden ja -koneiden turvallisuusohjeet* (Ratu KI-6032)

Rudus. (i.a.). *Sähkolinjan ja sähköaseman perustukset*. <https://www.rudus.fi/tuotteet/infraelementit/sahkolinjan-ja-sahkoaseman-perustukset>

Sahla K. (2012a) *FG-110-4-220 Elementtipilarien asennus: Piirustus*. Fingrid Oyj.

Sahla K. (2012b) *FG-110-4-221 Pilariharusanakkurien asennus: Piirustus*. Fingrid Oyj.

Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL). (2000). *Talonrakennuksen maarakenteet* (RIL 132-2000)

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2018). *Ilmajohtostandardit* (SFS 603:2018)

Säteilyturvakeskus (STUK). 2011. *Voimajohdot ympäristössämme*. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124913/voimajohtokatsaus_nettili.pdf?sequence=1&isAllowed=y