

Esa Ojakaski, Tuomas Puranen

# 110 kV ALUEVERKON ELINKAARI

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikka


Maaliskuu 2011




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkelin University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  20.3.2011				
<b>Tekijä(t)</b>  Ojakaski Esa; Puranen Tuomas	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Sähkövoimatekniikka				
<b>Nimeke</b>  110 kV alueverkon elinkaari					
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämä opinnäytetyö selvittää 110 kV alueverkon elinkaaren alkaen uuden linjan tarpeellisuuden pohtimisesta aina sen purkamiseen asti. 110 kV jännitetasolla sähkönsiirto on jo useita vuosia säilynyt samankaltaisena pääpiirteittäin, mutta tiivistä tietoa ei ole juuri kirjoitettu.</p> <p>Tämän työn tarkoituksena on sisällyttää perustiedot 110 kV alueverkon elinkaaresta yksien kansien väliin Suomen sähkönsiirtoverkon toiminnan perusteet tietäville.</p> <p>Lisäksi selvitetään työn loppupuolella riskianalyysi Järvi-Suomen Energian 110 kV alueverkon eri johtosuuksista. Riskianalyysin lopputuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi huoltotoimenpiteiden koordinoinnissa.</p> <p>110 kV alueverkon elinkaaren loppupäätelmissä esitetään työn tulokset, jatkotoimenpiteet ja selvityskohdet, joiden tarve on ilmennyt työn edetessä. Riskianalyysi sisältää kunnossapidon kannalta tärkeysjärjestyksessä olevat linjaosuudet.</p>					
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  110 kV, sähköverkko, sähkönsiirto, siirtotekniikka, elinkaari, riskianalyysi, alueverkko					
<b>Sivumäärä</b>  67 + 9	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 50%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b>	<b>URN</b>	Suomi	
<b>Kieli</b>	<b>URN</b>				
Suomi					
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>					
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Juha Korpijärvi	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Järvi-Suomen Energia Oy				

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  20.3.2011
<b>Author(s)</b>  Ojakaski Esa; Puranen Tuomas	<b>Degree programme and option</b>  Electrical Power Engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  110 kV district grid's life cycle		
<b>Abstract</b>  This thesis explains the life cycle of 110 kV district grid starting from examining the need for a new line all the way to demolishing. The electricity transfer at 110 kV voltage level has stayed mostly similar for many years but compact information about the subject has not been written that much.  The purpose of this thesis is to be a basic information source about 110 kV district grid's life cycle for any person knowing the basics of Finnish electricity transfer.  Additionally at the latter part of the thesis will be presented a risk analysis from 110 kV district grid sections controlled by Järvi-Suomen Energia. The results of the risk analysis can be utilized for example in coordinating the maintenance operations.  The conclusions of this thesis include the results of our research, suggested continuation actions and researches which necessity has occurred. Risk analysis includes the priority order of grid sections for maintenance point of view.		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  110 kV, grid, electricity transfer, transfer technique, life cycle, risk analysis, district grid		
<b>Pages</b>  67 + 9	<b>Language</b>  Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Juha Korpijärvi	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Järvi-Suomen Energia Oy	

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TARVE UUDELLE JOHDOLLE.....	2
2.1	Asiakkaiden sähkönlaadun parantaminen.....	2
2.2	Rengasyhteyden tarve .....	3
2.3	Sähköaseman tarve .....	3
2.4	Maakuntakaavat ja reittivaraukset .....	4
2.5	Vaihtoehdot 110 kV johdolle – 20 kV kytkinasema .....	5
2.6	Vaihtoehtoiset sijoituspaikat sähköasemalle .....	6
2.7	Sähköasematonttien tilan tarve .....	7
2.8	Olemassa olevat 20 kV johdot.....	7
2.9	Viestitien tarve – OPGW .....	8
2.10	Esisuunnittelu-urakoitsijan valinta .....	9
3	ESISUUNNITTELU .....	9
3.1	Reittivaihtoehtojen suunnittelu .....	10
3.1.1	Johtoreitin valinta maaseudulla.....	10
3.1.2	Johtoreitin valinta kaupunkiolosuhteissa .....	12
3.2	Käytettävien pylväsrakenteiden suunnittelu .....	12
3.3	Pylvästyypin valintaperusteita .....	13
3.4	Luonto- ja ympäristöselvitykset .....	14
3.5	Neuvottelut viranomaisten kanssa .....	15
3.6	Maanomistajatietojen hankinta .....	17
3.7	Rakennus- ja tutkimusluvut .....	17
4	SUUNNITTELU .....	18
4.1	Pylväspaikkojen tutkimus .....	18
4.1.1	Pylväspaikkapaalutus.....	18
4.1.2	Pylväspaikan maaperätutkimus.....	19
4.2	Johtoalueiden hankintamenetelmät.....	20
4.2.1	Hankintatavan valinta .....	20
4.2.2	Omistusoikeus.....	20
4.2.3	Vuokraoikeus ja rasite.....	21
4.2.4	Lunastus .....	21
4.3	Johtoalueen lunastusprosessi .....	21

4.3.1	Ennakkosopimus .....	22
4.3.2	Lunastuslupa .....	22
4.4	Maanomistajien kuuleminen ja ennakkohaltuunottoluvat .....	23
4.4.1	Lunastustoimitus .....	23
4.4.2	Valitukset lunastuspäätöksestä.....	24
4.5	Rakentajaurakoitsijan valinta.....	25
5	RAKENTAMINEN.....	25
5.1	Puuston kaato.....	25
5.2	Perustusten teko .....	26
5.3	Pylvästyöt .....	26
5.3.1	Puuporttaalipylvään kasaus.....	26
5.3.2	Pylvään nosto .....	27
5.4	Risteämien suojaus johdon vedon aikana .....	28
5.5	Johtojen veto .....	30
5.5.1	Johdonvetosuunnitelma.....	30
5.5.2	Johdon veto ja kiristys .....	31
5.5.3	Sitominen .....	32
5.6	Maadoitusten teko.....	32
5.7	Käyttöönottotarkastus .....	34
5.8	Varmennustarkastus.....	35
6	JOHDON KÄYTTÖ .....	35
6.1	Takuutarkastus .....	35
6.2	Käytön aiheuttamat kentät .....	36
6.3	Johdon turvallisuus .....	37
6.4	Tarkastukset.....	38
6.4.1	Määräaikaistarkastus.....	39
6.4.2	3D-kuvaus .....	40
6.4.3	Perustarkastus .....	42
6.4.4	Lahotarkastus .....	42
6.4.5	Lentotarkastus .....	43
6.4.6	Raivaustarkastus .....	43
6.4.7	Lämpökuvaus.....	44
6.4.8	Harusvartaiden syöpymätarkastus .....	44
6.4.9	Eristinketjujen jännitetestaus .....	44

6.4.10	Maadoitusmittaus.....	45
6.4.11	Erikoismittaukset .....	45
6.5	Raivaukset.....	46
6.5.1	Johtoalueraikaus.....	46
6.5.2	Reunavyöhykepuiden leimaus .....	47
6.5.3	Reunavyöhykepuiden kaato .....	47
6.5.4	Helikopterilatvasahaus.....	47
6.6	Uusien risteämien hallinta .....	48
6.7	Korjaukset.....	48
6.7.1	Keskeytyksen vaativat korjaustyöt .....	49
6.7.2	Keskeytysaloite .....	49
6.7.3	Keskeytyksen vaativat viat .....	50
6.7.4	Käytönaikaiset korjaustyöt.....	51
7	JOHDON SANEERAUS .....	51
7.1	Ukkosjohtimien vaihto.....	51
7.2	OPGW:n tarve .....	53
7.3	Virtaköysien vaihto.....	53
7.4	Pylväsjalcojen vaihto.....	53
7.5	Eristinyksiköiden vaihto .....	54
7.6	Maadoitustyöt .....	54
8	JOHDON PURKU .....	55
8.1	Johdon käyttötarve.....	55
8.2	Uuden johdon suunnittelu entisen tilalle .....	55
8.3	Purkaminen ja purkujätteen kierrätys .....	56
9	RISKIANALYYSI.....	57
9.1	Vuosienergia .....	58
9.2	Maksimiteho .....	59
9.3	Kuormitus .....	59
9.4	Linjan pituus .....	60
9.5	Rakentamisvuosi.....	60
9.6	Korvattavuus.....	61
10	LOPPUPÄÄTELMÄT .....	62
10.1	110 kV elinkaaren loppupäätelmät .....	62
10.2	Riskianalyysin loppupäätelmät.....	65

## LIITTEET

- 1 3D-kuvauksen liitteet
- 2 Tunnistekyltti
- 3 SSS Oy:n siirtoverkko ja jakelualueen sähköasemat
- 4 Riskianalyysin liitteet

## 1 JOHDANTO

Suur-Savon Sähkö Oy (SSS) on Järvi-Suomen alueella toimiva energiayhtiö. Työn toimeksiantajana on Järvi-Suomen Energia Oy (JSE), joka on SSS:n omistama siirtoyhtiö. JSE hallinnoi SSS:n omistamaa jakelu- ja siirtoverkkoa. SSS:n siirtoverkon laajuutta voi tarkastella liitteessä 3.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää Suomen sähkönsiirtoverkon toiminnan perusteet tiedäville 110 kV alueverkon elinkaaren perustiedot. Alueverkkoa ei pidä sotkea Fingrid Oy:n hallinnoiman kantaverkon kanssa; tämä työ ei ole tarkoitettu kantaverkkoa koskevaksi. Olemme valinneet kronologisen järjestyksen elinkaaren luonteen vuoksi: kerronta alkaa uuden linjan tarpeellisuuden pohdinnalla, josta edetään esisuunnitteluun. Esisuunnittelun jälkeen on vuorossa suunnittelu, josta siirrytään luontevasti rakentamiseen. Rakentamisen jälkeen seuraa johdon käyttö, jonka jälkeen selvitetään saneeraustoimet ja lopulta purkaminen loppukäsittelyineen.

Elinkaaren lisäksi työn loppupuolella selvitetään riskianalyysi Järvi-Suomen Energian hallinnoimista 110 kV alueverkon johtoväleistä. Riskianalyysin perimmäinen tavoite on tuottaa vertailupohjaa eri JSE:n alueverkon linjaosuuksien välillä huolto- ja saneeraustoimenpiteiden koordinoinnin tueksi.

Opinnäytetyömme ei erityisen tarkasti pureudu mihinkään erityiseen osa-alueeseen 110 kV siirtojännitetasolla. Kuitenkin katsomme työn olevan tässä laajuudessa varsin riittävä perustietopaketti aiheesta kiinnostuneelle. Syy tämän opinnäytetyön tekemiseen on se, että 110 kV jännitetasosta ei ole liiemmin kirjallista tietoa yleisesti saatavilla.

Sähkönsiirtotoiminta on Suomessa monopolisoitu alueittain ja tarkoin valvottu Energiamarkkinaviraston toimesta. Tästä syystä monet 110 kV alueverkkoon liittyvät toimet ovat lailla säädettyjä, eikä niitä voi suorittaa vaihtoehtoisilla tavoilla. Tämä ei kuitenkaan poissulje pientä liikkumavaraa esimerkiksi huoltotoimenpiteiden järjestämisessä ja koordinoinnissa. Työssämme olemme halunneet pohtia myös mahdollisuuksia parantaa käytettyjä menetelmiä näillä osa-alueilla.



Työn pääpaino on hallinnollisella puolella, eikä työ niinkään keskity itse linjalle tehtäviin töihin. Kuitenkin oleellisiksi näkemiltämme kohdilta olemme selventäneet myös suoritettavia työtehtäviä linjalla. Hallinnollinen näkökulma on useimmissa tapauksissa suunnattu JSE:n käyttöön, mutta joissain kohdissa olemme yleistäneet näkökulman ylipäänsä siirtoyhtiöitä koskevaksi, jos olemme kokeneet sen tarkoituksenmukaiseksi.

Loppupäätelmät on jaettu kahteen erilliseen osioon, joista ensimmäinen on alueverkon elinkaarta koskeva ja jälkimmäinen selvittää riskianalyysin tiivistetysti. Jako on tarpeellinen, sillä osioiden asiasisällöt eroavat toisistaan huomattavasti ja uskoaksemme käyttötarkoituksen kannalta on loppukäyttäjän selkeämpi löytää loppupäätelmien tulokset erillisten otsikoiden alta.

## **2 TARVE UUDELLE JOHDOLLE**

Tarve uudelle johdolle –pääotsikon alla käsitellään näkökohtia, jotka tulee huomioida suunniteltaessa uuden 110 kV alueverkon linjan rakennustarvetta.

### **2.1 Asiakkaiden sähkönlaadun parantaminen**

110 kV alueverkon rakentamisen perusteena on useimmiten asiakkaan sähkönlaadun parantaminen. Käytännössä tämä tarkoittaa jakeluetäisyyden lyhenemistä sähköasemalta asiakkaalle. Lisäksi suurten asiakkaiden sähkötarpeet ja esimerkiksi tuulivoimalapuiston sähkönsiirto voi vaatia 110 kV alueverkon rakentamista. Tarvittavien sähköasemien rakentaminen Fingrid Oy:n omistaman kantaverkon yhteyteen olisi rakenteellisesti järkevintä eikä tällöin välttämättä tarvitsisi rakentaa alueverkkoa. Kuitenkin suurten liittymiskustannusten ja alemman jännitetasen häviöiden vuoksi se ei aina ole mahdollista. Jos kuitenkin päädyttäisiin rakentamaan pitkiä siirtoetäisyyksiä 20 kV verkkoon 110 kV verkon sijaan, 20 kV johdossa syntyvät häviöt kohoaisivat suuriksi ja jännite alenisi. 20 kV avojohdot ovat myös alttiita vikaantumiselle ja johdon alkupäässä syntyvät viat katkaisisivat sähköt suurelta määrältä asiakkaita. Kevyellä 110 kV puuvarmalla johdolla ja piensähköasemalla pystyttäisiin turvaamaan taajamien luotettavaa sähkönsyöttöä. Näistä syistä on järkevää rakentaa 110 kV alueverkkoa, jota syötetään kantaverkosta sekä tällä hetkellä vähemmissä määrin SSS Oy:n omistamista voimalaitoksista /1./

## 2.2 Rengasyhteyden tarve

Rengasyhteys tarkoittaa sitä, että sähköasemaa voidaan syöttää kahta eri reittiä. Toisen 110 kV linjan ollessa esimerkiksi huollossa tai vian alaisena, voi toisella linjalla syöttää asiakkaan verkkoa eikä pitkää keskeytystä sähkönsyöttöön synny. Rakennettavan 110 kV siirtoverkon pituus riippuu pääosin siitä, onko sähköasema suunniteltu liitettäväksi rengasyhteyteen, vai jääkö se yhden johdon varaan. JSE ei ole rakennuttanut vielä alueverkkoonsa rengasyhteyksiä, ja uudet sähköasemat on yleensä rakennutettu johtohaaran päähän /1/. Vaikka alueverkon rengasyhteyksiä ei ainakaan vielä ole, muodostuu nykyisin rengasyhteyksiä kantaverkon kanssa. Rengasyhteyden rakentaminen tulee kyseeseen siinä tapauksessa, jos jo olemassa olevan 110 kV linjan perässä on keskeytymätöntä sähkönsyöttöä vaativa asiakas. Rengasyhteys on käyttökelpoinen myös siinä tapauksessa, jos useaa sähköasemaa syöttävä runkoverkon haara on vika-altis; tällöin oma, alueverkon rengasyhteys tarjoaisi lyhyellä viiveellä varayhteyden. On syytä ottaa huomioon, että 110 kV rengasyhteyden rakentaminen on raskas ja arvokas prosessi, jota ei kannata pienen asiakkaan tai asiakasmäärän (esim. maaseudulla) vuoksi varta vasten käynnistää.

## 2.3 Sähköaseman tarve

Uuden sähköaseman perustaminen on Järvi-Suomen Energia Oy:n tärkein syy 110 kV sähkönsiirtoverkon rakennuttamiselle /1/.

Sähköaseman rakentamistarve syntyy useimmiten, kun sähkökäyttöä halutaan kehittää, vanha laitteisto alkaa ikääntyä tai laitteistoon tulee ulkoisia vaikutuksia. Näistä on alhaalla olevassa listassa joitakin esimerkkejä:

- keskijänniteverkolle tarvitaan lisää syöttäviä suurmuuntajia (päämuuntajia). Vaihtoehtoisena toimenpiteenä voidaan vanha suurmuuntaja mahdollisesti korvata tehokkaammalla /1/.
- olemassa olevien sähköasemien tekninen vanheneminen
- halutaan varmuutta sähköjakeluun
- uudet voimalaitoshankkeet
- olemassa oleville sähköasemille ei ole enää mahdollista lisätä keskijännitelähtöjä, vaikka niille olisi tarvetta

- muiden sähköasemien vaatima reservi
- riskinhajautus /1/
- 20 kV maakaapeloinnin lisääntyminen /1/

/2/

## 2.4 Maakuntakaavat ja reittivaraukset

Maakuntakaava käsittää alueiden käyttösuunnitelmat maakunnan alueella. Käyttösuunnitelmien tavoitteena on maakuntasuunnitelma tavoitteineen ja strategioineen. Maakuntakaavassa määritellään maakunnan kehittämisen kannalta merkittäviä alueita ja niiden käytön suunnitelmaa. Maakuntakaava voi koskea koko maakuntaa tai vain muutamia kuntia. Maakuntakaavaa kehitetään noin kymmenen vuoden ajanjaksoa silmälläpitäen /1./

Maakuntakaavaa päivittää maakuntavaltuusto, joka tekee muun muassa JSE:ltä tiedusteluja muutaman vuoden välein haluaako JSE tehdä mahdollisesti joitakin reittivarauksia uusille johdoille maakuntakaavaan. Tiedusteluvaiheessa ei välttämättä vielä mitään suunnitelmia ole, vaan uusien 110 kV johtojen suunnittelusta ja rakennuttamisesta vastaavat henkilöt alkavat miettiä, missä voisi 110 kV johtoa tulevaisuudessa tarvita. Maakuntakaavaan varattava reitti on siis vain alustava suunnitelma siitä, missä uusi 110 kV johto voisi tulevaisuudessa kulkea /1./

Maakuntakaavoja tehtäessä voidaan tarvittaessa kutsua esimerkiksi energiayhtiöt palaveriin, jossa esitetään kaikkien tarpeet ja täten estetään päällekkäisyyksien syntyminen varauksiin. Jokaisella maakunnalla käydään oma palaverinsa, joten jos uusi johtoreitti kulkee usean maakunnan läpi, joudutaan käymään useammassa palaverissa /1./

Kun reittivaraus on maakuntakaavaan saatu, tarkoittaa se sitä, että kyseiset maa-alueet, jolle johto on maakuntakaavaan piirretty, kuuluu rakentamismahdollisuus ainakin alustavasti JSE:lle. Jos joku JSE:n ulkopuolinen taho haluaa rakentaa varatulle alueelle jotain, mikä estäisi johdon rakentamisen tai käytön, joudutaan asiasta neuvottelemaan. Neuvotteluissa JSE voi tutkia onko varattu johtoreitti tärkeä tai voisiko johtoreitin suunnitella menemään toista kautta. Maakuntakaavassa voi olla varauksia, jotka eivät ikinä toteudu /1./

Maakuntakaavaan varattu 110 kV johdon reitti ei ole sitova, koska maakuntakaava ei ole jatkuvassa muutostilassa, vaan sitä päivitetään vain muutaman vuoden välein. Tämän tekstin kirjoitushetkellä on maakuntakaavassa useita varauksia, jotka odottavat myöhempää käyttöä, koska tulevia sähköasemia ja niiden yhdysjohtoja koskevat suunnitelmat tehdään noin 15 vuoden tähtäimellä. Näistä varauksista tavallaan selviää pitkän tähtäimen 110 kV alueverkon kehittämissuunnitelma /1./

Koska maakuntakaava ei ole jatkuvassa muutostilassa, voi kaava jäädä nopeasti vanhaksi, mikäli uutta 110 kV johtoa aletaan rakennuttaa nopealla aikataululla siten, ettei maakuntakaavaan ehditä tekemään varausta. Tässä tapauksessa johdolle suunnitellaan paras mahdollinen reitti maastoon ilman, että maakuntakaavaan tehdään heti muutoksia. Uuden johdon rakentamiseksi käydään tarvittavat neuvottelut viranomaisten ja maanomistajien kanssa ja maakuntakaava päivitetään myöhemmin /1./

## **2.5 Vaihtoehdot 110 kV johdolle – 20 kV kytkinasema**

20 kV kytkinasema on edullinen vaihtoehto uuden sähköaseman ja uuden aseman vaatiman 110 kV alueverkon rakentamiselle. 20 kV kytkinasema perustuu siihen, että 20 kV verkkoa jaetaan kytkinaseman avulla useampaan haaraan ja näin saadaan toimitettua keskijännitettä lähemmäs asiakkaita. 20 kV linja on luonnollisesti myös edullisempaa rakentaa, eikä kytkinasema vaadi sähköaseman rakentamista.

20 kV kytkinasema on käyttökelpoinen ratkaisu silloin, kun haarojen päässä on vähän kulutusta, joka ei vaadi keskeytymätöntä sähkönsyöttöä. Tämä on oleellista siksi, että 20 kV avojohto on lähes puuvarmaa 110 kV avolinjaa huomattavasti vikaherkempi. 20 kV maakaapeli ei ole yhtä herkkä vikaantumiselle kuin ilmajohto, mutta se on alttiina esim. kaivutöille. Kytkinasemaa syöttävä 20 kV linja ei saisi täten olla erityisen riskialttiilla alueella, sillä syöttävään johtoon tuleva vika voi aiheuttaa merkittävän sähkökatkoksen kaikissa kytkinaseman lähdoissa. Tätä ongelmaa voidaan lieventää esimerkiksi rakentamalla yksi tai useampi kytkinaseman haaroista erottimella rajattuun rengasyhteyteen, josta varasyöttö voidaan vikatilanteessa ottaa. Älykkäät maastokatkaisijat ovat myös nykyisin apuna vikariskien pienentämisessä /1/. Vikojen paikantamista ja rajaamista nopeuttavat kaukokäyttöiset erotinasemat, joita uusille kytkinasemillekin usein pyritään rakentamaan.

Eräs merkittävä rajoite 20 kV kytkinaseman rakentamiselle on mahdollinen syntyvä jännitteen alenema. Suuri kulutus ja pitkät siirtomatkat aiheuttavat jännitealenemaa linjan loppupäähän, koska 20 kV linjoilla on suuremmat siirtohäviöt kuin 110 kV linjalla. Tätä alenemaa voidaan korjata nostamalla sähköaseman syöttävän 20 kV linjan lähtöjännitettä korkeammaksi, mutta tästä herkästi aiheutuu ongelmia lähellä sähköasemaa oleville asiakkaille: heidän tulojännitteensä voi kasvaa liian suureksi, vaikka linjan loppupäässä olevat asiakkaat nauttivat oikeasta syöttöjännitteestä sähkölaitteissaan. Liian alhainen tai liian korkea syöttöjännite on herkille sähkölaitteille haitallista, joten 20 kV linjan suunnittelussa on tiedostettava mahdolliset ongelmat jännitteenvaihteluihin liittyen.

## **2.6 Vaihtoehtoiset sijoituspaikat sähköasemalle**

Sähköasemien ja 110 kV alueverkon rakentamistarve on jaksottaista verrattuna esimerkiksi jakeluverkoston rakentamiseen. Sähköaseman ja 110 kV alueverkon rakentaminen merkitsee aina huomattavan suuria investointikustannuksia, joten niiden sijoituspaikat ja rakentamisajankohta kannattaa harkita huolellisesti. Sähköaseman sijoituspaikkaan vaikuttavia tekijöitä ovat tekniset syyt, fyysiset syyt ja laitoksen ulkopuolisten tekijöiden aiheuttamat syyt.

### **Tekniset syyt**

- keskijänniteverkon laajentamismahdollisuuksien parantaminen
- sallituissa jännitevaihteluissa pysyminen
- suojauksien parantaminen
- häiriöaikojen ja -laajuuden pienentäminen /1/

### **Fyysiset syyt**

- nykyisten 110 kV linjojen sijainti
- uusien 110 kV johtojen rakentamismahdollisuuksien parantaminen
- suunnitellun sähköaseman kojeiston tuleva rakenne ja kytkentä

### **Laitoksen ulkopuolisten tekijöiden aiheuttamat syyt**

- sähköasemalle tai sitä syöttäville 110 kV linjoille suunniteltua aluevarausta joudutaan muuttamaan
- huono maaperä estää sähköaseman rakentamisen
- sähköasemakalusteiden kuljetusmahdollisuuksien parantaminen

/2/

### **2.7 Sähköasematonttien tilan tarve**

110 kV sähköasematontin tilantarpeesta vie 110 kV kojeisto yleensä suurimman osan. Taajama-alueella on tärkeää sijoittaa sähköasema keskijänniteverkon ja kuormitusten kannalta keskeiseen paikkaan. Tämä vaatii siis tilaa, mutta tämä ei ole tyypillisesti ongelma ainakaan JSE:n alueella, johtuen runsaasta haja-asutuksen määrästä toimialueella.

110 kV sähköasemat voidaan jakaa tässä tapauksessa ulkokytkinlaitoksiin ja sisäkytkinlaitoksiin. Ulkokytkinlaitoksessa kentän mitat ovat yleensä 10x25-30 metriä ja tonttien pinta-alat 6000–15000 neliometriä. Piensähköasemilla on tätäkin pienempi kentän tilantarve kuin esimerkkitapauksissa, koska katkaisija voidaan sijoittaa johdon alkupäähän /1/.

Maaseutualueella on harvoin ongelmia sähköasematonttien tila- tai sijoituskysymyksissä. Sähköasemat ovat usein kytkennöiltään yksinkertaisia ja pieniä yhden 110 kV avojohdon perässä olevia asemia, jotka lähes mahtuvat 110 kV avojohdon johtokadulle, paitsi jos on käytetty kapeampaa johtokatua vaativaa linjatyyppiä, esim. slimline.

### **2.8 Olemassa olevat 20 kV johdot**

Uuden 110 kV linjan ja useimmiten samalla myös uuden sähköaseman rakentaminen on mahdollista joissain tapauksissa korvata rakentamalla lisää 20 kV johtoja. 20 kV linja on edullisempi ja yksinkertaisempi rakentaa, mutta kuten kohdissa 2.1 Asiakkaan sähkölaadun parantaminen ja 2.5 Vaihtoehdot 110 kV johdolle – 20 kV kytkinasema todetaan, se sisältää myös ongelmakohtia, jotka eivät välttämättä näy taloudellisesti rakennusvaiheessa ja heti sen jälkeen.

Olemassa olevien 20 kV linjojen jatkamista kannattaa harkita ennen uuden 110 kV linjan ja sähköaseman rakennusta, mikäli mahdollista. Mahdolliset syntyvät ongelmat sähkölaadussa on kuitenkin syytä tiedostaa.

## 2.9 Viestitien tarve – OPGW

Optinen maadoitusköysi (engl. Optical Ground Wire, OPGW) tulee kysymykseen, kun tarvitaan nopeaa ja luotettavaa tiedonsiirtoa sähkölaitoksen tarpeisiin. OPGW tarkoittaa käytännössä sitä, että tiedonsiirtoyhteys uudelle haaralle luodaan valitseamalla ukkosköydeksi kuituoptisen johtimen sisältävä köysi. Perinteisessä puuporttaalipylväsrakenteessa on kaksi ukkosköyttä, mutta yleensä vain toinen on OPGW. OPGW-johdin on yleensä nk. yksinkertainen kuitu, jolla voidaan siirtää dataa pitkiä etäisyyksiä suurella nopeudella, mutta kuitenkin pienillä häviöillä /3./

OPGW:n hyviin puoliin kuuluu luotettavuus, edullisuus, nopeus ja häiriöttömyys. Luotettavuus ja häiriöttömyys syntyvät siitä, että ukkosköyden –eli siis metallikuoren sisällä oleva kuitu ei ole alttiina ympäristön vaikutuksille eikä se myöskään häiriinny mahdollisesta salamaniskusta, joita varten ukkosköydet nimensä mukaisesti on luotu. Sähkön siirron aiheuttamat sähkömagneettiset vaikutukset jäävät myös olemattomiksi, koska kuidun sisällä siirretään valoa perinteisen, kuparijohtimissa kulkevan dataliikenteen sähköisten pulssien sijaan. Edullisuus syntyy taas rakennus- ja käyttövaiheessa: kuitujohdinta ei tarvitse kaivaa maan alle vaan se kulkee integroituna ukkosköydessä. Ulospäin OPGW:n olemassa olo näkyy ainoastaan hieman paksumpana ukkosköytenä. Käyttö on myös varmaa, koska ukkosköysi –kuten virtaköydetkin– pidetään puiden ulottumattomissa, eivätkä mahdolliset kaivu- tai tietyt häiritse korkealle asennettua köyttä.

Huonoina puolina mainittakoon korkeampi ukkosköyden hinta (noin kaksinkertainen vrt. ilman kuitua oleva köysi), mahdollinen tulevaisuudessa ilmenevä käyttämättömyys sekä suuremman pinta-alan vuoksi suurentunut lumikuormarasitus talvisin. Hintaa nostavat myös kuidun vaatimat liitosrasiat ja kuidun liittämishitsaukset. Mikään näistä ei kuitenkaan ole este rakentamiselle. Korkeampi hinta kompensoituu edellisessä kappaleessa luetelluilla seikoilla. Mahdollinen käyttämättömyys on myös varsin epätodennäköinen seikka, sillä ns. ”langallisista” yhteyksistä valokuitu toimii no-

peimmalla mahdollisella tavalla siirtäessään tietoa valon nopeudella ja ns. langattomat yhteydet kärsivät vielä mm. katveista, hitaasta nopeudesta ja ennen kaikkea turvattomuudesta, sillä ilmassa kulkeva ohjaussignaali on periaatteessa kenen tahansa vastaanotettavissa ja lähetettävissä. Lumikuormarasitus on otettava huomioon runsaslumisina talvina, sillä kuidun sisältävän köyden katkeaminen aiheuttaa jakelukeskeytyksen, ja kuidun jälleeniittäminen on kallista ja erikoisosaamista vaativaa työtä. OPGW mahdollistaa alueverkkohaaroissa muuntajan suojauksessa vaadittavan katkaisijan sijoittamisen johdon alkupäähän /1/.

Tulevaisuudessa on mahdollista, että kuituyhteyksiä käytettäisiin myös yksityisasiakkaiden tiedonsiirtoon laajakaistaoperaattorin kautta. Tämä toimisi siten, että JSE vuokraisi operaattorille kuitupareja, joita se ei itse tarvitse ja tätä kautta saisi sivutulot. Haja-asutusalueille olisi mahdollista saada tätä kautta nopeat Internet-yhteydet ilman, että puhelinyhtiöt joutuvat varta vasten rakentamaan kallista maahan kaivettavaa kuituverkkoa.

## **2.10 Esisuunnittelu-urakoitsijan valinta**

Urakoitsijan valinta tapahtuu aina tarjousten perusteella. JSE lähettää ensin tarjouspyynnöt parhaaksi katsomilleen urakoitsijoille ja urakoitsijat lähettävät tarjouksensa sovittuun eräpäivään mennessä. Yleensä taloushallinto vaatii urakoiden kilpailuttamista parhaan hinnan saamiseksi /1./

Tarjoukset ovat usein sisällöltään erilaisia. Täten myös hinnan arvioinnissa on suhteutettava tarjouksen hinta sisältöön ja analysoitava sisältö tarkoin. Hinnat eivät siis täten ole suoraan vertailukelpoisia keskenään. Tarjoukset voivat olla joko urakka- tai tuntiveloitusperusteisia /1./

## **3 ESISUUNNITTELU**

Esisuunnittelu on seuraava vaihe sen jälkeen, kun tarve johdolle on selvitetty. Esisuunnittelussa tarkentuu johdon käyttämä reitti ja suoritetaan tarkempia selvityksiä liittyen esimerkiksi maanomistuksiin ja viranomaisasioihin.



### 3.1 Reittivaihtoehtojen suunnittelu

Ennen esisuunnittelun tilaamista on JSE itse tehnyt alustavan suunnitelman uuden johdon alustavasta reitistä uudelle sähköasemalle. Esisuunnittelun tarjouskilpailun voittaneen yhtiön kanssa mietitään useita erilaisia reittivaihtoehtoja uudelle sähköasemalle alustavan suunnitelman pohjalta /1./

Reittivaihtoehtojen suunnittelussa on otettava huomioon, millaiselle alueelle johto on tarkoitus rakentaa. Tästä syystä maaseudulle ja kaupunki- tai taajama-alueiden reittisuunnittelu poikkeavat toisistaan.

#### 3.1.1 Johtoreitin valinta maaseudulla

Johtoreitin suunnittelussa hyödynnetään kartta-aineistoa joko tietokoneelta tai ajan tasalla olevista kartoista. Muun muassa seuraavia seikkoja tulisi ottaa huomioon johtoreitin valinnassa:

- johtoalue, jonka lunastushinta selviää lunastuskokouksissa /1/
- rakentamiskustannukset
- vaara- ja häiriöjännitetekijät
- suojelualueet /1/
- esteettiset näkökohdat ympäristön kannalta

Myös johdon sijoitukset tulisi tapahtua taloudellisesti ottamalla huomioon tässä mielessä johtoalueen hinta ja rakennuskustannukset /2./

Johto on syytä pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman heikosti tuottavalle alueelle, mutta kuitenkin siten, ettei maa-alue ole liian pehmeäpohjaista. Yksimielisyyttä maanomistajien keskuudessa ei ole saavutettu siinä, onko pelto vai metsä edullisempi johtoalueeksi. Valtaosa on kuitenkin sitä mieltä, että pelto on sopivampi johtoalueeksi kuin hyvätuottoinen metsä. Taimikkoalueita ja nuorta metsää on kuitenkin syytä välttää, sillä ne suurentavat nopeasti johtoaluekorvauksia. Täysin ongelmattomia johtoreittejä on nykyisin vaikea löytää /2./

JSE on muutamassa projektissaan hyödyntänyt tieaukkoa osana johtokatu eli linja on samansuuntainen tien kanssa /1/. Tällä saavutetaan nopea vian paikannus häiriötilanteessa ja esteettiset haitat ovat mahdollisesti pienemmät. Tien varteen rakentaminen ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton: tieviranomaiset saattavat vastustaa pylväiden sijoittamista tien viereen turvallisuusperusteilla. Turvallisuutta lisäävänä seikkana mainittakoon parempi näkyvyys tien vierustalle, kun johtokatu on raivattu vesakosta: tiellä liikkujat voivat paremmin nähdä tielle mahdollisesti pyrkivät riistaeläimet /1./

Rakennuskaavoitetut asutusalueet on myös syytä kiertää, sillä tonttimaat nostavat johtoluekustannuksia. On kannattavaa käyttää hyväksi raja-alueita ja välttää maatilojen pirstomista /2./

Rakennuskustannuksia lisäävät erikoisolosuhteet rakennettavan johdon maaperässä. Tällaisia ovat esimerkiksi heikon kantavuuden omaavat maapohjat, vesistöjen ja teiden ylitykset ja johtosuuntien jyrkät kulmat, joita voi aiheutua esimerkiksi rajuista korkeuseroista /2./

Vaara- ja häiriöjännittekijöiden vuoksi on etukäteen selvitettävä alueella kulkevat viestijohdot ja puhelinkeskukset sekä radiopuhelinmastot. Vaikka maaseudulla jatkuvasti vähennetään puhelinjohtimia, ovat uudet tiedonsiirtojärjestelmät (esimerkiksi IEEE 802.11 –standardin mukaiset tiedonsiirtoverkot) korvanneet niiden paikan häiriöjännittekijöiden suunnittelussa. 110kV avojohtoa ei saa sijoittaa siten, että se kulkee pitkiä matkoja yhdensuuntaisena viestijohtojen kanssa. Kaikki johdon lähistöllä olevat maadoitukset, metalliset putkistot sekä maakaapelit on välttämätöntä selvittää maastotutkimuksen yhteydessä /2./

Esteettisistä näkökohdista tulee huomioida, että johtorakenteet sijoitetaan yleisesti maastoon siten, etteivät ne nouse esiin maiseman keskeltä häiritsevästi, vaan sulautuvat ympäristöönsä mahdollisimman hyvin. Edellisen huomioon ottaen, yleensä tulee välttää korkeiden paikkojen ylityksiä. Mikäli johto sijoitetaan yhdensuuntaisesti tielinjan kanssa, johtokatu on sijoitettava välittömästi tien varteen, jos maa-alueen omistaja ja tiehallinto sen sallivat. Lisäksi johtojen lievän mutkittelun lisääminen metsäalueella estää pitkän yhtämittaisen johtokatunäkymän syntymisen /2./

### 3.1.2 Johtoreitin valinta kaupunkiolosuhteissa

Ominaisia seikkoja kaupunkisähkölaitoksen 110kV avojohdolle ovat:

- lyhyehköt, useimmiten enintään 4-5km, sähköasemien väliset johto-osuudet
- vähän vaihtoehtoja reiteille
- runsas johtokulmien määrä
- pylväävät ovat yleensä vapaasti seisovia teräspylväitä tilan puutteen vuoksi

Tyypillisiä johtoreittejä ovat tie- ja katualueet, mutta myös metsäalueet, pellot ja leveät puistokaistat ovat mahdollisia. Soveltuvien osien johtoreitin valinnassa otettava huomioon samoja asioita kuin maaseutuolosuhteissa. Mikäli on päädytty avojohdon käyttöön, esteettiset näkökohdat on myös syytä huomioida. Kannattaa käyttää mahdollisuuksien mukaan kaupungin omistamia maita johtoaluesopimuksien kannalta /2./

### 3.2 Käytettävien pylväsrakenteiden suunnittelu

Pylväsrakenteiden suunnittelu lähtee liikkeelle ottamalla selvää kuinka suurilla tehoilla uudessa sähkölinjassa tulee kulkemaan. Tämän perusteella pystytään päättämään käytettävän johdon poikkipinta-ala ja täten paino, jonka pylväsrakenne joutuisi kantamaan. Esimerkiksi erittäin suurilla tehoilla siirrettäessä joudutaan käyttämään jopa tuplajohtimia esim. kaksinkertaista Duck-johdinta, kun taas kevyttä maaseutuasemaa voi syöttää esimerkiksi yksinkertainen Pigeon-johdin /1/.

Tämän jälkeen ratkaisevin merkitys on käytettävissä olevan johtokadun leveys. Johtokatua ollessa riittävästi käytössä on ratkaisu yleensä harustettu pylvästyppi, koska se on edullinen /4/. Harustamaton pylväk on kuitenkin joissain tapauksissa suositeltava, koska sen voi sijoittaa lähemmäs tiealuetta /1/. Valittaessa harustamaton pylväk on usein materiaalivalintana teräsristikkorakenne, joka lisää kustannuksia huomattavasti. Käytössä on myös harustamatonta kapean johtokadun pylvästä, mutta ne eivät ole ainakaan vielä laajassa käytössä.

Nyt käytettävät pylväävät voidaan jaotella ryhmiin eri perusteilla kannatus-, kiristys-, pääte- ja sekarakenteisiksi pylväiksi. Kannatuspylväävät ovat johdon pylväistä siroimpia ja kevyimpiä. Yleensä suurin osa pylväistä on kannatuspylväitä ja niitä pyritäänkin

käyttämään mahdollisimman paljon. Kiristyspylväs taas on peräkkäisten kiristysvälien rajapylväs. Niitä käytetään suurissa kulmissa ja erikoistapauksissa, esimerkiksi jos johto käy muita pylväitä alempana. Päätepylväs on johdon päättävä pylväs, mutta erikoistapauksissa johdon päättää kiristyspylväs /4./

Lisäksi pylvään rakenteiden mitoitukseen vaikuttavat seuraavat seikat:

- pylvään rakenteiden oma paino
- johtimien köysivoimat
- pylvään rakenteisiin käyvä tuuli
- jään kerääntyminen (lisäkuormat)
- johtimen katkeaminen
- asentajan ja asennuksen aiheuttamat voimat
- vallitseva maasto (maastomallit)
- johdon tärkeysaste

Vahvavirtailmajohdomääräykset (VIM) eivät ole enää voimassa, vaan kaikki rakenteiden mitoitukset suoritetaan CENELEC-standardien mukaisesti /1./ Yllä oleva luettelo perustuu CENELEC-standardiin, mutta ei ole sen suora kopio.

### **3.3 Pylvästyypin valintaperusteita**

Pylväät voidaan yksinkertaisemmillaan jakaa vapaasti seisoviin ja harustettuihin pylväisiin. Harustetut pylväät voidaan jakaa puupylväisiin, putkipylväisiin ja alumiinipylväisiin. Vapaastiseisovat pylväät ovat yleensä teräsristikkopylväitä.

Standardimallisten pylväiden lisäksi lähes jokaisella urakoitsijalla on omat patentoidut pylvästyypinsä, joita käytetään ja mitä esimerkiksi JSE:lle tarjotaan. Tarjouksista JSE valitsee käytettävän pylvästyypin hinnan ja sopivuuden perusteella.

Ratkaisevin vaikutus pylvästyypin valintaan on teho, jonka uusi – tai rekonstruoitava - voimansiirtolinja joutuu siirtämään. Käytettävissä olevan johtokadun leveydellä on eniten merkitystä siihen, käytetäänkö pylvästyypinä harustettua vai vapaastiseisovaa pylvästä. Harustettu pylvästyypin tulee kyseeseen aina, kun johtokadua on riittävästi

käytössä, koska se on hinnaltaan edullisin. Nykyisin pyritään vieläkin edullisimpiin ratkaisuihin, esim. slimline /1./

Harustettu pylväs vaatii paljon enemmän tilaa kuin vapaastiseisova. Jos harustetun voimalinjan maapohja on kallista tai pylväällä on tilaa rajoitetusti, voidaan käyttää Y-pylvästä. Näin johtimet pysyvät samassa tasossa, kuin muissakin pylväissä. V-ketjuja käyttämällä voidaan harustetun pylvään käyttämää johtokatua kaventaa noin 1-2 metriä.

Vapaasti seisovaa pylvästyyppiä käytetään pyrittäessä mahdollisimman kapeaan johtokatuun. Mahdollisimman kapeaan johtokatuun päästään, kun on kyseessä yhden virtapiirin tyyppi ja virtaköydet ovat päällekkäin samalla puolella pylväsrunkoa. Vapaastiseisova pylvästyyppi on ehdottomasti kallein ratkaisu.

Kahden virtapiirin tapauksessa pyritään nykyään käyttämään yhteispylväitä, koska näin saadaan johtokatua pienemmäksi kuin käytettäessä kahta erillistä omilla pylväillä olevaa 110 kV voimajohtoa.

Hinnan mukaan voitaneen kahden virtapiirin tyyppin käytettävät pylväsrakenteet luetteloida kalleimmasta halvimpaan seuraavasti:

- käytetään vapaasti seisovaa kahden virtapiirin kannatuspylvästä. Tässä ratkaisussa hyvänä puolena on pieni tilantarve.
- käytetään molemmille virtapiireille omia pylväsrakenteita: Tässä ratkaisussa on hyvänä puolena käyttövarmuus ja helppohuoltoisuus.
- käytetään kolmijalkaista pylvästä. Tässä johtokatu kapenee noin 10m edelliseen verrattuna.

### **3.4 Luonto- ja ympäristöselvitykset**

Luontoselvitys tilataan verkkoyhtiön suunnitellessa uuden 110 kV linjan rakentamista. Luontoselvitys palvelee linjan suunnittelussa siten, että siihen kerätään olemassa olevat tiedot ja maastotutkimuksissa tehdyt havainnot luonnon- ja maisemansuojelun kannalta merkityksellisistä kohteista sekä lisäksi uhanalaisten lajien esiintymätiedot. Tietojen perusteella voidaan ehdottaa muutoksia linjan kulkureittiin siten, että se aihe-

uttaa mahdollisimman vähän haittaa luonnolle. Luontoselvityksen laatii usein biologi tai vastaavan koulutuksen saanut henkilö /14./

Olemassa olevana aineistona luontoselvityksessä voidaan käyttää mm. kaavoituksia, ympäristötietojärjestelmää ja ympäristöhallinnon tietojärjestelmää. Maastotutkimuksissa arvioidaan alueen nykytilaa maiseman ja eläimistön kannalta. Luonnonsuojelullisesti arvokkaita alueita arvioidaan kansallisista, kansainvälisistä ja paikallisista näkökulmista. Muinaismuistot ja rakennussuojelukohteet saavat myös huomiota. Linjan rakentamisen vaikutukset edellä mainittuihin selviävät valmiista luontoselvityksestä /14./

Ympäristöselvitys on usein tarpeellinen, koska johdon rakennushankkeesta vastaavan henkilön on oltava riittävästi selvillä hankkeen ympäristövaikutuksista. Ympäristöselvitystyön tavoitteena on selvittää kaikki mahdolliset ympäristölliset seikat, jotka on erityisesti otettava huomioon hankkeen toteuttamisessa. Samalla valmistunut selvitys toimii suunnittelun apuna tietolähteenä. Ympäristöselvityksessä käsitellään erilaisten reittivaihtoehtojen vaikutuksia ympäristölle sekä muita ympäristöllisiä vaikutuksia, esimerkiksi teiden ylityksiä. Myös kaavoitukset otetaan huomioon. Näiden perusteella voidaan valita sopivin reittivaihtoehto rakennettavalle linjalle /15./

Luontoselvitys sisällytetään ympäristöselvitykseen tiivistettynä johtopäätelmiseen ja se on ohjaavassa roolissa ympäristöselvityksen johtopäätelmiä tehtäessä. Ympäristöselvityksessä arvioidaan kokonaisvaltaisesti eri johtoreittivaihtoehtojen eroja. Ympäristövaikutusarviointi ottaa kantaa myös sähkö- ja magneettikenttiin, joita tässä työssä on käsitelty tarkemmin kohdassa 6.2 Käytön aiheuttamat kentät /15./

### **3.5 Neuvottelut viranomaisten kanssa**

Ennen neuvotteluihin siirtymistä pyydetään lausunnot tarvittavilta viranomaisilta. Näissä lausunnoissa viranomaistahot ilmaisevat alustavan kantansa suunnitellulle johdohankkeelle. Viranomaiset voivat olla vastustamatta hanketta tai heillä voi olla siihen jotain sanottavaa, esimerkiksi päällekkäinen hanke. Tässä vaiheessa on reittivaihtoehtoja hyvä olla useita, koska neuvottelujen alkaessa viranomaisten kanssa ei JSE:n kannalta paras reitti välttämättä toteudu. Lausuntojen perusteella siirrytään tarvittaviin neuvotteluihin yhteistyössä esisuunnittelijan kanssa /1./

Ensimmäiset neuvottelut linjan rakentamisesta viranomaisten kanssa tehdään uuden linjan esisuunnitteluvaiheessa. Näihin neuvotteluihin osallistuu ainakin ympäristöviranomainen, jonka kanssa tehdään vähintään kevyt ympäristövaikutusarviointi (puhutaan kevyestä yva:sta) /1./

Ympäristöllisesti hankalaan paikkaan suunniteltuun 110 kV johtoreittiin ei riitä kevyt yva, vaan näissä tapauksissa tarvitaan ympäristövaikutusarviointi; suuremmilla 400 kV ja 220 kV jännitteillä ympäristövaikutusarviointi tarvitaan kaikissa tapauksissa /1./

Johdon maakuntakaavaan varatusta reiteistä riippuen, johdon esisuunnitteluvaiheessa käydään neuvotteluja myös erilaisien muiden viranomaisten kanssa. Esimerkiksi niiden kuntien, joiden alueelle uusi johto mahdollisesti tulisi, viranomaisten kanssa neuvotellaan uudesta johdosta. Jos johto on esimerkiksi suunniteltu sijoitettavaksi tien varteen, on neuvoteltava rakentamisesta tieviranomaisten kanssa. Samaa ideaa jäljitellen toimitaan myös vesistöjen ylityksissä merenkulkuhallinnon kanssa; ilmailuhallinnon kanssa on neuvotteluja käytävä, jos suunnitellun johdon läheisyydessä on esimerkiksi lentokenttä jne /1./

Edellä mainituissa neuvotteluissa ovat mukana JSE:n edustaja, urakoitsijan edustaja, sekä viranomaiset joiden kanssa neuvotellaan. Urakoitsijan edustaja on mukana nimenomaan niissä tapauksissa, joissa esisuunnittelu on tilattu JSE:n ulkopuoliselta yritykseltä, mikä on ollut yleisenä käytäntönä. Yleensä yritys, jolta rakennustyöt on tilattu, tilaa halutessaan valitsemaltaan tahoilta yleissuunnittelun. Yleissuunnittelu on mahdollista eriyttää omaksi urakakseen /1./

Ensimmäisessä viranomaisneuvottelussa valitaan reitti, josta tehdään luontoselvitys ja siitä edelleen suppea yva. Seuraavassa neuvottelussa käydään läpi ensimmäisen neuvottelun pohjalta tehty suppea yva. Suppean yva:n esittelyn jälkeen neuvotteluissa mukana olleet viranomaiset antavat lausuntonsa johdon rakentamiseen liittyen. Nämä lausunnot saapuvat yleensä kuukauden, kahden kuluessa. Lausunnossa todetaan ko. viranomaisen kanta suunniteltuun linjanrakennukseen. Mikäli viranomaisella on huomautettavaa, järjestetään palaveri, jossa keskustellaan vaihtoehtoista tai kompromisseista huomautettavaan seikkaan liittyen ja etsitään molempia osapuolia tyydyttävä ratkaisu /1./

### 3.6 Maanomistajatietojen hankinta

Maanomistajiin ei olla vielä esisuunnitteluvaiheessa yhteydessä. Kuitenkin jo tiedetään mahdollisten linjareittien varrella olevien alueiden omistajatiedot. Tiedot saadaan joko omista tietokannoista (JSE:llä käytössä PowerGrid-tietokanta) tai maanmittauslaitokselta. PowerGrid-tietokanta sisältää tonttien ja kiinteistöjen tiedot. Maanmittauslaitokselta tietoja tavallisesti pyytää suunnittelu-urakoitsija. Rakennuttajan kannalta on taloudellisesti edullisempaa pitäytyä omien tietokantojen tarjonnassa. Maanomistajatietojen hankinta on helppo työvaihe, sillä sekä omat tietokannat että maanmittauslaitoksen palvelut ovat ongelmitta saatavilla /1./

### 3.7 Rakennus- ja tutkimusluvut

Rakennus- ja tutkimuslupiin liittyvistä neuvotteluista on syytä ensin informoida Fingrid:ä. Heidän on hyvä olla tietoisia uusista hankkeista, että vältetään mahdollisilta päällekkäisyyksiltä suunnitelluissa projekteissa /1./

Fingrid:n informoinnin jälkeen ollaan yhteydessä Energiamarkkinavirastoon (EMV). EMV myöntää rakentamislupia linjoille. EMV:n tehtävänä on muun muassa tarkkailla, ettei päällekkäisiä linjasuunnitelmia esiinny tai linjoja muuten rakenneta tarpeettomasti /1./

Kun esisuunnittelussa on saatu johtosuunta alustavasti määritellyksi, hankitaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta (ELY) lupa johtoa varten tarvittavan tutkimuksen suorittamiseen lunastettaviksi suunnitelluilla kiinteistöillä. Tutkimuslupa tarvitaan, jotta saadaan luvat puiden karsimiselle ja kaatamiselle suunnitellulla reitillä siten, että saadaan näkyvyys suunnitellulta pylväspaikalta toiselle ja näin pylväspaikojen tutkiminen maastossa suunnitellulla linjareitillä on mahdollista /1/. Lain mukaan tutkimuksesta on ilmoitettava vähintään seitsemän päivää ennen tutkimuksen aloittamista maanomistajille ja mahdollisille käyttöoikeuden haltijoille erityistiedoksiantona, mikäli heidän osoitteensa on tiedossa. Muille tutkimuksesta tiedotetaan yleistiedoksiantona, esimerkiksi paikallislehden välityksellä. Lupien myöntämisen jälkeen voidaan siirtyä linjan rakennushankkeessa seuraavaan vaiheeseen: suunnitteluprosessiin /7./



## 4 SUUNNITTELU

Suunnitteluosuudessa toimet painottuvat pylväiden paikkoihin liittyviin asioihin ja käytettävän maa-alan hankintatapaan.

### 4.1 Pylväspaikkojen tutkimus

Pylväspaikkatutkimus kannattaa aloittaa tiedostamalla maaston laatu, eli lunastettavaksi tulevan maaperän hinta. Tämän perusteella päätetään lunastettavan johtoaukean leveys, joka esimerkiksi puuporttaalipylväsrakenteella on aina 26m ja reunavyöhykkeet /1/. Lunastettavan johtoaukean leveyden ollessa suuri, voidaan käyttää myös suurta jänneväliä pylväissä koska tällöin johdot voivat roikkua matalammalla. Esimerkiksi 15 pylvään linjasta saattaakin tulla 13 pylväinen ja hyvällä suunnittelulla jopa 12 pylväinen /5/. Tämä ei kuitenkaan lisää merkittävästi eristinketjujen kuormituksia, joka Duck-johtimella on noin 2000 kg; tavallinen eristinketju kestää 6000 kg /5/.

#### 4.1.1 Pylväspaikkapaalutus

Pylväiden sijoitussuunnittelun tulokset täytyy toimittaa maastotyöryhmälle pylväspaikkatutkimuksia varten. Tuloksiin sisältyvät seuraavat:

- alustava pylväsluettelo, joka sisältää kulmat, paalulukemat, pylväsnumerot, pylväiden yleiskuvan numerot, pylvästyypit, jännemitat ja risteämät
- maaston korkeusluettelon, joka sisältää juuripaalujen korkeustiedot
- muutospäivitykset sisältäen numeeriset tiedot muutoksista ja kulmajaoista
- pylväiden yleiskuvat rakennemittoineen
- alustava koordinaattiluettelo sisältäen juuripaalujen koordinaatit
- profiililehdet sisältäen profiilin ja tasokartan

Koska runkomittaus on sidottu luotettavalla tavalla koordinaatistoon, voidaan pylväspaikat mitata lähimmältä juuripaalulta. Vastapuolen lähimmältä paalulta voi suorittaa tarkistusmittauksen /6./

Pylväspaikalta mitataan tarkasti pylvään pilarien, juuripaalun ja harusten korkeudet pylvään yleiskuvan mittojen osoittamalta paikalta. Lähimmän juuripaalun korkeutta käytetään lähtökorkeutena /6./

Juuripaalun koordinaatit luetaan nykyisin GPS-paikannuksen avulla /1/. Pylväspaikka-tutkimuksen tulokset palautetaan niiden valmistuttua suunnittelijalle. Aineisto sisältää:

- korjatun ja tarkastetun pylväsluettelon
- pylväsvaaituskirjat
- muutospiirustukset
- luettelo värähtelyvaimentimien tarpeesta
- tarkastettu ja korjattu koordinaattiluettelo
- kaikki muu mahdollinen tieto, joka voi vaikuttaa suunnittelun lopputulokseen

#### **4.1.2 Pylväspaikan maaperätutkimus**

Maaperätutkimukset, jotka tehdään perussuunnittelua varten, voidaan olosuhteista riippuen suorittaa monella eri tavalla:

##### **Tärykairaus**

Tärykairaus on yleisimmin käytetty kairaustapa tutkittaessa pylväspaikan maaperää. Menetelmällä pyritään selvittämään joko kalliopinnan korkeutta tai maakerroksen paksuuden riittävyttä maanvaraisperustusta varten. Tärykairauksen kalustoon kuuluvat hydrauliset nostokyvyiltään 5000 kg:n tunkki ja iskuvasara. Tankoina käytetään 25mm vahvuisia, 1m pituisia tankoja /6./

##### **Painoheijarikairaus (PH)**

PH-kairausta käytetään painokairauksen korvaavana menetelmänä selvitetessä maaperän kantavuutta pylväspaikalla. Menetelmää käytetään siksi, että sillä saadaan riittävä tulostarkkuus keveällä kalustolla. Kalustoon sisältyy 10 kg heijari, hydraulitunkki, painaumamittari, 200 mm normaalikärki sekä 22 mm vahvuiset, 1 m pituiset tangot /6./

## Siipikairaus

Siipikairaus on painoheijarikairausta täydentävä menetelmä, jota käytetään pehmeän maaperän omaavalla alueella poikkeuksellisen suuren kuormituksen saavan kulmapylvään maaperän lisätutkimukseen. Kalustona toimii siipikaira momenttiavaimella ja 15 asteen kulmaliikekytkimellä /6./

## Heijarikairaus

Heijarikairaus tulee kyseeseen silloin, kun paalupituutta ei kevyemmillä menetelmillä pystytä määrittämään. Tätä kairautapaa joudutaan käyttämään harvoin suhteessa muihin menetelmiin. Kalusto sisältää normaalin heijarikairan 60 kg pudotuspainolla ja 32 mm vahvaisilla tangoilla /6./

## 4.2 Johtoalueiden hankintamenetelmät

Johdon alle jäävän maaperän hankinta on mahdollista eri tavoin. Nykyisin lunastusmenettely on kuitenkin vakiinnuttanut paikkansa SSS:n johtoalueiden hankintamenetelmänä.

### 4.2.1 Hankintatavan valinta

Ennen voimajohdon rakentamisen aloittamista on hankittava oikeudet johtoalueeseen. Johtoalue siis sisältää kiinteistöt, joiden kautta johto on tarkoitus vetää. Teoriassa on useita vaihtoehtoisia tapoja hankkia johtoalueet. Alla on käsitelty pääsääntöisesti käytettävät menetelmät /7./

### 4.2.2 Omistusoikeus

Suhteellisen järeä keino saada oikeus johdon rakentamiseen on omistusoikeuden hankkiminen kiinteistökaupalla. Tämä keino on usein myös taloudellisesti raskas. Johtoalueen hankkiminen omistusoikeuksin on vaihtoehto lähinnä silloin, kun kiinteistö menettää olennaisen osan arvostaan johtohankkeen takia tai kun asuinrakennus tai muu arvokas rakennus on purettava rakennettavan johdon vuoksi. Määräalan tai koko kiinteistön ostaminen voi tulla kyseeseen myös, jos kiinteistön kautta on tarkoitus tu-

levaisuudessa vetää useampia johtoja: esimerkkinä tällaisesta voisi olla muuntoase-  
man läheinen alue. Kokonaisuutena kiinteistökauppoja johdon vuoksi tehdään hyvin  
harvoin tarvittavien oikeuksien saamiseksi /7./

#### **4.2.3 Vuokraoikeus ja rasite**

Aiemmin on ollut tavallista hankkia johtoalueiden oikeudet vuokrasopimuksien avul-  
la. 29.4.1966 annetun maanvuokralain (258/66) mukaan voidaan johtoalueet vuokrata  
sopimuksella jopa sadaksi vuodeksi. Vakuudeksi vuokraoikeudelle voidaan myöntää  
kiinnitys kihlakunnantuomarin tai eräissä kaupungeissa kiinteistötuomarin toimesta.  
Vuokrasopimusten käyttö voisi tulla kyseeseen monen eri jännitetason johdon kohdal-  
la. Käytännössä niitä kuitenkin tehdään hyvin harvoin /7./

Jakolain (604/51), joka on annettu 14.12.1951, mukaisen rasitteen perustamisella on  
eräissä tapauksissa mahdollisuus hankkia oikeus johtoalueeseen. Tällöin tietyn hallit-  
sevan kiinteistön hyväksi perustetaan pysyvä rasite toisen kiinteistön alueelle sähkö-  
johdon sijoittamista ja pitoa varten. Kiinteistörekisteriin merkitään rasite ja tätä kautta  
siitä tulee pysyvä. Muulloin kuin jakotoimituksessa rasite edellyttää asianomaisten  
välistä sopimusta. Rasite soveltuu käytettäväksi sen luonnosta johtuen lähinnä mata-  
lahkojen jännitteiden johtimiin /7./

#### **4.2.4 Lunastus**

110 kV tai suurempijännitteisen voimajohtimen ollessa kyseessä, hankitaan tarvittavat  
oikeudet kiinteistöihin pääsääntöisesti lunastusmenetelmällä. Lunastuksesta on voi-  
massa 29.7.1977 annettu laki kiinteän omaisuuden ja erityisen oikeuksien lunastukses-  
ta (603/77). Tämän pakkolunastuslain ohella sovelletaan 11.5.1928 annettua lakia  
kiinteän omaisuuden pakkolunastuksesta sähkölaitosta varten (168/28). Järvi-Suomen  
Energia Oy hankkii 110kV alueverkon alueensa kokonaisuudessaan lunastamalla /7./

### **4.3 Johtoalueen lunastusprosessi**

Koska lunastus on pääsääntöisesti käytetty menetelmä johtoalueen maa-alan hankki-  
miseksi, on sen läpikäyminen tarkemmin tarpeen. Lunastustoimenpiteet etenevät en-

nakkosopimuksista lunastuslupaan ja lunastustoimitukseen. On olennaista huomioida, että lunastustoimenpiteistä voi valittaa sekä rakennuttaja että maanomistaja.

### **4.3.1 Ennakkosopimus**

Suur-Savon Sähkö Oy on laatinut ennakkosopimuslomakkeen, jonka mukaista sopimusta tarjotaan kaikkien asianomaisten maanomistajien tehtäviksi. Ennakkosopimuksen tarkoituksena on antaa johdonomistajalle mahdollisuus aloittaa johdon rakennustyöt jo ennen lunastusmenettelyn mukaista alueen haltuunottoa tai ennakkohaltuunottoa. Maanomistaja puolestaan saa lunastusmenettelyssä määrättävien korvausten lisäksi ylimääräisen erityiskorvauksen sopimuksen täyttämistä. Erityiskorvauksen määrä määräytyy siitä, onko alueella jo olemassa olevia johtimia. Olennaista ennakkosopimuksen tekemisessä on se, että korvausten määrittäminen jätetään lunastustoimituksessa tapahtuvaksi /7./

### **4.3.2 Lunastuslupa**

Johdonomistajan tai oikeammin todennäköisen tulevan johdonomistajan lunastuslupahakemuksen johdosta on varattava erillinen tilaisuus lausunnon antamiseen sille kunnalle, jonka alueelle johto on tarkoitettu rakennettavaksi. Mikäli hankkeella on seudullista merkitystä, tulee lausunto antaa myös ELY:lle, seutukaavaliitolle ja ympäristönsuojelusta vastaavalle erityisviranomaiselle. Viimeksi mainitulle tulee lausunto antaa, mikäli hankkeella on ympäristönsuojelun kannalta huomattava merkitys. Lausunnon antamismahdollisuus on annettava myös niille maanomistajille tai käyttöoikeuden haltijoille, jotka eivät ole suostuneet ennakkosopimuksen täyttämiseen tai muuten ovat jättäneet antamatta suostumuksensa lunastustoimitukselle /7./

Lausuntojen jälkeen työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) antaa lunastusluvan hakijalle tilaisuuden antaa vastine. Kun lausunnot on käyty läpi ja asian käsittely etenee, lunastuslupa-asia käsitellään TEM:ssä tapahtuvasta esittelystä valtioneuvoston istunnossa. Valtioneuvoston antamasta lunastuslupapäätöksestä voi valittaa korkeimpaan hallinto-oikeuteen /7./

#### 4.4 Maanomistajien kuuleminen ja ennakkohaltuunottoluvat

Lunastuslupaa hakiessa voidaan samalla hakea lupaa myös ennakkohaltuunottolupaa lunastettavalle omaisuudelle valtioneuvostolta. Ennakkohaltuunottolupa on mahdollista myös tehdä erikseen, mutta tavallisesti se sisällytetään lunastuslupahakemukseen, kuten myös päätökset molemmista hakemuksista. Ennakkohaltuunottoon on mahdollista saada lupa, mikäli työt pitää päästä aloittamaan kiireellisesti tai muut tärkeät syyt sitä puoltavat /7./

##### 4.4.1 Lunastustoimitus

Lunastuslupapäätöksen saavuttua maanmittauskonttori antaa määräyksen toimeenpanoon. Toimeenpanoa ei estä edes päätöksestä tehty valitus. Lunastustoimituksen suorittaa lunastustoimikunta, johon kuuluu toimitusinsinöörin nimeä kantava puheenjohtaja ja kaksi uskottua miestä. Maanmittauskonttori määrää toimitusinsinööriin, joka kutsuu uskotut miehet jakotoimitusten uskotuiksi miehiksi valituista henkilöistä /7./

Maanmittaushallitus on antanut seikkaperäisiä ohjeita lunastustoimituksen suorittamisesta. Näiden ohjeiden avulla on saatu menettely pitkälti yhdenmukaiseksi ympäri Suomen /7./

Tärkeimpiä tehtäviä lunastustoimituksessa ovat lunastettavan kohteen lopullinen määrittäminen ja lunastamisesta maksettavien korvausten vahvistaminen. Lunastustoimitukseen voi liittyä ennakkohaltuunottoimitus ennakkokorvausten määrittämisen kera. Ennakkokorvauksen määrittäminen voidaan tehdä myös erillisenä toimituksena. Pääsääntöisesti ennakkokorvauksen määrä on  $\frac{3}{4}$  haltuun otettavan omaisuuden osalle tulevan lunastuskorvauksen arvioidusta määrästä. Mikäli asianosainen menettää lunastustoimituksen vuoksi asuntonsa tai toimeentulo heikkenee tai ammatin harjoittaminen vaikeutuu, tulee ennakkokorvaus suorittaa täyden lunastuskorvauksen suuruisena /7./

Lunastustoimikunta pitää yleisiä kokouksia, joihin kutsutaan kaikki asianosaiset. Lunastustoimikunta järjestää myös omia sisäisiä kokouksia sekä katselmuksia paikan päällä. Lunastustoimikunta tutkii ja määrää korvaukset. Tämä tarkoittaa sitä, ettei asianosaisten tarvitse välttämättä esittää korvausvaatimuksia. Lunastuslaissa korvaukset jaetaan haitankorvauksiin, kohteenkorvauksiin ja vahingonkorvauksiin. Lunastustoi-

mikunnat vaikuttavat poikkeavan usein lain tarkoittamasta korvausten jaottelusta ja käyttävän mieluummin oman koulutuksensa antamia oppeja /7./

Lunastuskorvauksen lisäksi asianosaiset voivat saada hakijalta korvauksen niistä välttämättömistä kustannuksista, jotka ovat aiheutuneet heille oikeuksiensa valvomisesta lunastustoimituksessa tai haltuunottokatselmuksessa. Arvioitaessa kustannusten määrää tulee huomioon ottaa ansion menetys, matkakustannukset, tarvittavien selvitysten laajuus ja laatu sekä tarve käyttää asiamiestä /7./

Lunastustoimituksessa annettavan lunastuspäätöksen olennaisia osia ovat mahdollisesti käyttöoikeuksin lunastettavien alueiden pinta-alat, kustannusten korvaukset, määrättävät korvaukset, määräykset korvauksille maksettavista koroista ja korvausten maksettavasta korvauksensaajia koskevine tietoineen eriteltynä jokaiselle tilalle erikseen. Korvaukset on suoritettava ulosotonhaltijalle kolmen kuukauden kuluessa päätöksen antamisesta. Lunastuspäätös laaditaan yleensä valmiille lomakkeelle /7./

#### **4.4.2 Valitukset lunastuspäätöksestä**

Lunastustoimikunnan päätöksestä voidaan 30 päivän kuluessa päätöksen antamisesta valittaa maa- ja metsätalouden oikeusministeriöön. Tavallisesti valitukset koskevat korvauskysymyksiä. Useimmiten valittajana toimivat maanomistajat ja harvemmin hakija /7./

Maa- ja metsätalouden antama päätös pannaan käytäntöön, kuten lainvoimaisen tuomion täytäntöönpanosta on säädetty. Korkeimmalta oikeudelta voi hakea muutosta maa- ja metsätalouden päätökseen, mikäli korkein oikeus myöntää valitusluvan. Valitusluvan saaminen ei ole itsestäänselvyys. Se voidaan myöntää vain, jos lain soveltamisen kannalta muissa samanlaisissa tapauksissa tai oikeuskäytännön yhtenäisyyden vuoksi on olennaista antaa asia korkeimman oikeuden ratkaistavaksi tai jos siihen on erityistä aihetta asiansa tapahtuneen sellaisen oikeudenkäynti- tai muun virheen takia, minkä perusteella ratkaisu olisi jopa purettava tai mitätöitävä tai jos valitusluvan myöntämiselle löytyy jokin muu painava syy /7./

## 4.5 Rakentajaurakoitsijan valinta

Suunnittelu- ja rakennusurakka ovat yleensä yhdistetty samalle urakoitsijalle parhaan tarjouksen perusteella. Tämä perustuu siihen, että suunnittelussa määrätään käytettävä pylvästyppi, joka voi olla epästandardi. Epästandardi pylvästyppi tarkoittaa sitä, että jokin urakoitsija on patentoinut kyseisen pylvästyypin eikä sitä ole yleisesti saatavilla. Mikäli käytetään standardimallista pylvästyppiä, esimerkiksi puuporttaalipylvästä, voi rakentamisen suorittaa mikä tahansa rakennusurakoitsija, mikäli suunnittelu ja rakentaminen on eriytetty omiksi urakoikseen. Rakennusurakoitsija valitaan tällöin tarjousten perusteella, sillä rakentaminen suunnitelman mukaan on hyvin helppo työvaihe. Lisäksi aikaisemmat kokemukset urakoitsijan toiminnasta rakennustöissä voivat vaikuttaa valintaan /1./

## 5 RAKENTAMINEN

Ennen rakentamisen aloitusta, on edellytyksenä mm. lunastuslupa ja mahdollinen ennakkohaltuunottolupa niiltä kiinteistöiltä, joiden kanssa ei ole solmittu esisopimusta. Olennaista on myös huolehtia, että suunnitteluprosessi on valmis. Rakentamisen kohdalla tulee varmistua erityisesti materiaalihankintojen sopivista toimitusajoista.

### 5.1 Puuston kaato

Samalla, kun maanomistajien kanssa solmitaan esisopimuksia, pyritään heidän kanssaan tekemään sopimus myös johtoalueella sijaitsevien puiden ja vesakon raivaamisesta. Tällä sopimuksella määritellään, kumpi osapuoli suorittaa puiden ja vesakon raivauksen. Esisopimuksesta kieltäytyvä maanomistaja harvemmin tekee myöskään raivaamiseen liittyvää sopimusta; näissä tapauksissa tyypillisesti ennakkohaltuunottoa määriteltäessä määrätään myös puuston myynti ja vesakon raivaus normaalisti rakentavan yhtiön toimenkuvaan kuuluvaksi. Näistä saatava rahallinen korvaus tilitetään maanomistajalle. Tällaisissa tapauksissa on syytä pyytää paikallisen metsänhoitoyhdistyksen edustaja valvomaan metsänomistajan etua. Edustaja on syytä pyytää paikalle myös silloin, kun maanomistaja itse on paikalla valvomassa työn suorittamista /8./



## 5.2 Perustusten teko

Ennen perustusten tekoa on luonnollisesti oltava tiedossa tarkat pylväspaikat ja määritelty perustamistavat pylväskohtaisesti. Perustusten teossa on hyvä ottaa huomioon maasto-olosuhteiden ja vuodenaikojen merkitys: yleisesti suoperustukset tehdään jäiseen maahan talviaikana ja kallioperustuksien valu sulan maan aikaan /8./

Paikalla on hyvä olla rakennuttajan edustaja valvomassa työn laatua. Edustaja on yhteydessä suunnittelijaan, mikäli ongelmia esiintyy esimerkiksi perustuksen teossa tai pylvään paikan muuttuessa. Mikäli perustus on erityisen haastava tehdä, esimerkiksi suuren betonimäärän vuoksi, on ulkopuolisen rakennusyrityksen mukaanottoa syytä harkita /8./

Perustustöitä suorittaessa ei saa unohtaa maadoituskuparin asennusta ja mahdollisten siirtojen merkitsemistä ylös ja ilmoittamista siirroista suunnittelijalle /8/.

## 5.3 Pylvästyöt

Puuporttaalipylväitä käytettäessä linjan rakennukseen, on tilaajan syytä varmistua pylväiden kunnosta suorittamalla vastaanottotarkastus pylväille niiden saapuessa vastaanotto paikalle. Esimerkiksi pylväiden pituutta, suoruutta ja kuivuutta kreosoottikylälästeen suhteen on varsin vaikeaa arvioida jälkikäteen pylväiden ollessa jo pystytettyinä. Toimenpide vaatii viitseliäisyyttä, mutta käytännössä se on vaivan arvoista /1./

### 5.3.1 Puuporttaalipylvään kasa

Yleisimmin käytettävän puuporttaalipylvään kasa aloitetaan siten, että varmistutaan kaikkien pylväsosien olevan pylväspaikalla. Tämän jälkeen pylväspuut asetetaan siten, että pylväiden tyviosa on perustuksella vaakasidepuu poikittain puiden päällä, sekä orsi vastaavasti pylväspuiden latvapäässä. Seuraavaksi työryhmä, sisältäen noin kolme henkilöä, saapuu työvälineiden ja esimerkiksi reellä varustetun traktorin tai peräkärjyllisen caterpillarin kanssa paikalle. Ensimmäisenä tarkastetaan pylväspuiden käyryys siten, että kaarevuus tulee pylvästä johtokadun pituussuunnassa katsoen ulkopuolelle. Varmistutaan tyvien suoruudesta ja porataan tyvireikä. Pylväspuun pituus mitataan ja mahdollinen jalkaero vaakitus tuloksissa otetaan huomioon. Pylväspuut katkais-

taan määrämittaan ja mitataan latvasta vaakasidepuun paikka piirustuksen osoittamalle kohdalle. Pylväspan latva veistetään asianmukaista työkalua käyttäen sopivaksi pylväskopalle. Orsipultin reikä porataan pylväisiin ja orsi asennetaan paikoilleen. Vaakasidempu lyhennetään sopivaan mittaan ja siihen porataan reiät asennuspultteja varten. Pultit asennetaan ja vaakaside kiristetään. Orren keskikohta on oltava keskilinjalla. Mahdolliset vetotangot ja ukkospukit asennetaan paikoilleen. Harukset, jotka ovat aiemmin sopiviksi katkotut, pujotetaan paikoilleen. Maadoitusvaijeri naulataan pylväisiin siten, että se kulkee ulkopintaa pitkin; kuitenkin peltopaikoilla, joissa riski vaijerin katkeamiselle on suurempi, vaijeri asetetaan alapäästä kulkemaan pylväsjalan sisäpuolella. Pokataan taaimmaisat yläharukset ja asennetaan alaharukset. Haruskiristimet haruksineen asennetaan paikoilleen harusvartaisiin saksinostoa varten; kuitenkin nosturilla nostettaessa haruskiristimet asennetaan vasta noston yhteydessä pylvään ollessa pystyssä. Viimeisenä U-pultit, ripustussilmukat, eristinketjut ja yläsuojasarvet asetetaan paikoilleen /8./

Viimeisenä tulee asentaa johtopyörät virta- ja ukkosköysiä varten naruineen, jotka köytetään pylvään tyven läheisyyteen. Lopuksi on hyvä varmistaa kaikkien pulttien kiristys. Pylväs on nyt valmis nostoa varten /8./

### 5.3.2 Pylvään nosto

Pylvään nostoryhmän muodostavat useimmiten neljä henkilöä, joista yksi on kärkimies. Nostokoneena käytetään tavallisesti Caterpillaria tai vinssillä varustettua metsätraktoria. Nostosaket ja muut tarvittavat työkalut on kätevintä kuljettaa vedettävässä pulkassa tai reessä. Perätaakkia ei tarvita, mikäli nosto suoritetaan ns. takaharusten varaan /8./

Nosto tapahtuu siten, että ensiksi asetetaan ristiliinat (lompakkotaljat) pylvään latvasta toisen pylvään tyveen samalla varmistuen, etteivät yläharukset jää liinojen alle. Saksipuut nostetaan paikoilleen. Nostoliina laitetaan orteen ja siirretään nostokone pylvään kaatumasäteen ulkopuolelle keskilinjalle. Nostokoneen vaijeri liitetään taittupyörän kautta nostoliinaan. Seuraavaksi tulee varmistua, että saket ovat nostoliinan lenkissä, saksien alaslaskunaru on paikoillaan ja pylväät ovat kohti tyveä. Kaksi työryhmän henkilöä nostaa alussa saksia sen verran, että nostokoneen vinssin vaijeri kiristyy riittävästi nostaakseen saksia. Saksien noustessa ja nostoliinan vaijereiden ollessa orresta

kireällä, suoritetaan vielä viimeinen varmistus kaiken oikein menemisestä. Kärkimies antaa nostokoneen operoijalle merkin, jolloin operoija alkaa nostaa pylvästä. Pylvään noustua ylemmäksi apuna olleet sakset tippuvat roikkumaan narunsa varaan. Saksien alaslaskun ajaksi pylvään nosto keskeytetään. Alaslaskussa otetaan myös huomioon, että alaslaskunaru on pujotettava nostoliinan yli. Nostoa jatketaan, kunnes pari metriä ennen pystyasentoa kärkimies pysäyttää noston. Tässä vaiheessa pylvässä oleva tyvi-reikä kammetaan rautakankia käyttäen perustuksessa olevaan tyvitappiin. Nostokone alkaa kiristää vinssin vajeria, jolloin takaharukset kiristyvät ja nostokone pysäytetään. Pylvään sivukaltevuutta tarkastellaan ja tarvittaessa ristiliinoilla saadaan sivusuuntaa säädettyä. Kiinnitetään harukset ja tarkistetaan pylvään pystyssä olo. Seuraavana irrotetaan veto- ja ristiliinat, jonka jälkeen asennetaan maadoitukset. Pylväs on nyt valmis johdonvetoon /8./

Vaikka pylvään nosto tavallisesti suoritetaan yllämainitulla tavalla, ovat urakoitsijat enenevässä määrin alkaneet hyödyntää nostotoimissaan helikopteria. Luonnollisesti tähän tarkoitukseen on syytä olla runsaan nostokyvyn omaava helikopteri. Rakennuttaja ei määrittele pylvään pystytysmenetelmää, vaan rakentajaurakoitsija päättää sen itse /1./

Helikopteria käytettäessä voidaan työ suorittaa ilman, että linjan alle pitää rakentaa raskasta kalustoa kestävä tiepohja. Kesäolosuhteissa pehmeä maaperä ei myöskään suosi raskaan kaluston käyttöä. Luonnollisesti myös erikoiskohteissa, kuten saarella, sijaitsevat nostotyöt ovat helpommin suoritettavissa, koska ei ole tarvetta tehdä jäätietä tai uittaa pylvästä saareen. Työ on myös nopeampi suorittaa hyvien lento-olosuhteiden vallitessa helikopterilla. Helikopterin käyttö voi olla perusteltua myös huoltotoimenpiteissä, kuten esimerkiksi pylväsalkojen vaihdossa. Edellä mainittuja toimenpiteitä ei JSE ole ainakaan vielä suorittanut, mutta esimerkiksi Fingrid on näin toiminut. Helikopterin käyttö on kuitenkin huomattavan kallista, mikä hidastaa sen yleistymistä pylväänpystytysurakoissa /1./

#### **5.4 Risteämien suojaus johdon vedon aikana**

Risteämällä tarkoitetaan kohtaa, jossa 110 kV linja risteää toista sähkölinjaa, ojaa, maantietä, rautatietä tai vastaavaa.

Joidenkin risteämien kohdalla on tarpeen suojata vedettävän johdon risteävää aluetta. Risteämien suojaus on tarpeellista siksi, että vedettävä johdin ei vahingoita risteämiä tai päinvastoin. Nämä risteämät on yksinkertaisinta jakaa kahteen eri kategoriaan: risteämät, joilla liikkuu sivullisia ihmisiä ja risteämät, joilla ei liiku sivullisia.

Esimerkiksi rautatiet ja maantiet ovat risteämiä, joilla liikkuu sivullisia. Tällaisissa tapauksissa on vedettävät johdon nostettava maanpinnan yläpuolelle siten, että alla on turvallista liikkua. Tavallisesti tämä suoritetaan siten, että käytetään tienylityspukkeja, jotka ovat korkeita tolppia, joiden yläpäässä on väkipyörä johdon helppoa vetämistä varten. Pienellä tiellä voi riittää yksi tienylityspukki, mutta suuret tiet ja rautatiet vaativat pääsääntöisesti tienylityspukin molemmille puolille. Turvallisuuden kannalta on lisäksi tarpeellista määrätä asentaja valvomaan risteämää /5./

Toinen tyyppiesimerkki on toisen sähkölinjan ylitys; tällaisen risteämän alueella ei tavallisesti liiku sivullisia ihmisiä. Keskijännitejohdot suojataan risteämän kohdalla siten, että avolinja vaihdetaan päällystetyksi kaapeliksi ja lasketaan maahan. Tämän jälkeen on oleellista suojata maahan laskettu päällystetty kaapeli vedettävän 110 kV johtimen hankaukselta siten, että päällystetyn kaapelin päälle asetetaan kouru. Kouru tai muu suoja on tärkeä siksi, että vedettävä 110 kV johdin hankaa helposti muovieristeen puhki ja saatuaan kontaktin jännitteiseen johtimeen, on vedettävässäkin johtimesa hengenvaarallisen jännite. Kourun voi rakentaa esimerkiksi tukevista laudoista tai muusta hankausta hyvin kestävästä materiaalista. Suojakouru ankkuroidaan tämän jälkeen vielä kiiloilla maahan kiinni. Maan pinnalla kulkevat jännitteiset kaapelit tulee merkitä sopivalle etäisyydelle kiinteillä esteillä ja ilmoittaa hengenvaarasta esimerkiksi kyltein /5./

Pienjänniteavojohtimilla toimitaan kuten keskijännitejohtimillakin. Jos taas on kyseessä päällystetty pienjännite- tai telekaapeli, se lasketaan maahan ja suojataan edellisessä kappaleessa kuvatulla tavalla /5./

Näitten risteämien yhdistelmissä, esimerkiksi tien vierustalla kulkeva keskijänniteavojohto, käytetään sovelletusti edellä mainittuja suojausmenetelmiä.

Pienet ojat ja liikennöimättömät vesistöt voidaan ylittää ilman erillistä suojausta. Vesistöjen ylityksissä kannattaa kuitenkin harkita asentajien käyttämistä valvontatoimissa vaaratilanteiden minimoimiseksi.

## 5.5 Johtojen veto

Johtojen veto on aikaa vievä toimenpide, johon on syytä panostaa. Ensin työ suunnitellaan huolellisesti, jotta itse veto ja kiristys sujuisivat jouhevasti. Johtojen veto päättyy niiden sidontaan.

### 5.5.1 Johdonvetosuunnitelma

Johdonveto on suunniteltava hyvissä ajoin ennen itse työn aloittamista. Eräs tärkeimmistä suunnittelukohteista on johtokelojen sijoitus johtokadulle. Kelat tulee sijoittaa siten, että vedettävä johto ylittää sopivasti seuraavan kelan yli. Tällä vältytään työtä hidastavilta ongelmilta. Toinen etukäteen suunniteltava seikka on johtojen taakkauspaikkojen määrittäminen kiristystä varten. Näin meneteltäessä voidaan suojatelineiden kaivuun yhteyteen lisätä taakkipaikkojen kaivuu. Hyvänä nyrkkisääntönä voi sanoa, että kaivuupaikan etäisyys taakattavalta pylväältä on noin viisi kertaa pylvään pituus johdon kiristysuunnassa /8./

Riippuen johtokulmista, kelapituuksista ja maasto-olosuhteista (lähinnä korkeuseroista), voidaan kolmesta viiteen kilometrin matkaa pitää normaalina johtimen kiristysvälinä. Olennaisin kriteeri vaakituspaikkojen valinnassa on kiristysvälin pituus. Esimerkiksi noin viiden kilometrin pituista kiristystä varten on hyvä olla kaksi vaakituspaikkaa, joista ensimmäinen noin kilometrin ja toinen noin neljän kilometrin kohdalla. Suuria kulmia ja maaston korkeuseroja vältetään paikkojen valinnassa. Vaakitusjänne on parempi olla pitkä kuin lyhyt. Vaakitusjänteen pituus tarkistetaan mittaamalla ennen vaakitusta /8./

Työnaikainen viestintä hoituu kätevimmin radiopuhelimilla. Etukäteen sovitaan käytettävä kanava, jotta kaikki ovat aina tilanteen tasalla /8./

Johdonvetoon käytettävän koneen valintaan vaikuttavat lähinnä vuodenaika maasto-olosuhteet ja johtimet. Kiristettäessä ja vedettäessä parijohtimia on usein pakko valita

koneeksi massaltaan yli 10 tonnia oleva, telaketjuilla varustettu ajoneuvo. Maaston ollessa louhikkoinen, on usein tarpeellista käyttää apuna vielä kumipyörin varustettua ajoneuvoa, esimerkiksi metsätraktoria /8./

### 5.5.2 Johdon veto ja kiristys

Ns. ulosajo aloitetaan johdoille huolellisten esisuunnittelujen valmistumisen jälkeen. Suunnitelmissa on valittu tarvittavat koneet ja esityöt. Työryhmän vahvuus on luokkaa 6-8 henkilöä; vahvuus vaihtelee vedettävien johtimien lukumäärän mukaan. Ryhmä jakautuu seuraavasti: yksi henkilö tai työpari kelapaikalla, kolmesta viiteen naruhenkilöä ja kärkimies. Kärkimies on vastuussa vetokoneen kuljettajan ohjeistamisesta radiopuhelimitse. Edellä mainittujen lisäksi louhikkoisessa maastossa ja teiden yhteyksissä johtimien suojaamisessa lisähenkilöstöä. Myös vanhan kelapaikan purku ja uuden valmistelu vaatii työvoimaa. Ammattitaitoista työvoimaa tarvitaan myös edellisen kiristuksen sitomiseen johdonvetopyörien saamiseksi seuraavalle työosuudelle. Työmaalla voi siis hetkellisesti tarvita jopa 20 henkilöä. Jotta tältä vältyttäisiin, tulee työnjohdon suunnitella henkilöstön käyttö tehokkaasti /8./

Ennen varsinaista johdon vetoa asennetaan johtimien päähän nk. sukkasammakot, joihin laitetaan pitkät vetoliinat. Vetoliinat liitetään vedonjohtokoneen vinssiin vaijerin perässä olevaan ”vetokakkulaan” leikarin välityksellä. Sopiva pituus vetoliinoille on sadasta kahteensataan metriin; ne ovat varustettu vetokoneen puoleisesta päästä pikaliittimillä, jotta vetoliinat saadaan helposti irrotettua pylvään luona /8./

Johdon veto alkaa kärkimiehen antamasta merkistä vetokoneen kuljettajalle. Saavuttaessa ensimmäisen pylvään kohdalle, on toiminta seuraavanlaista: kone ajaa pylvään ohi noin 50 metriä, kunnes vetoliinat löystyvät. Pikaliittimillä kiinniolevat liinat irroteetaan, vedetään pylvälle ja kasauksen yhteydessä pyöriin asennettujen ns. pikkunaru-  
jen avulla vetoliinat ”uitetaan” johtopyörien kautta pylvään toisella puolella odottavan vetoajoneuvon perään. Kaikkien vetoliinojen pylvään yli ”uittamisen” jälkeen johdonvetoa jatketaan. Edellä olevat toimenpiteet toistetaan, kunnes kelat ovat tyhjä. Toimenpiteet toistetaan, jonka jälkeen on ulosajettu kahdet kelat /8./

Seuraavana johdot jatketaan räjäytettävillä liitoksilla yhteen ja kiristetään. Kiristysketjut kasataan johdon alkupäähän ja lähtötelineeseen nostetaan ketjut johtoineen. Vaaki-

tusmiesten tehtävänä on tällä välin tarkistaa vallitseva lämpötila ja katsoa riippumataulukosta ukkos- ja virtaköysille sopiva riippuma-arvo. Sen jälkeen he mittaavat köysille vastaavat etäisyydet pylvään kylkeen ja merkitsevät esimerkiksi teipillä oikean kohdan. Vastaavaan kohtaan vaakitusjänteen toisessa päässä olevaan pylvääseen asennetaan vaakituskone. Vetoliinat poistetaan johtojen päistä. Kiristettäessä parijohtoa kiinnitetään toinen johdoista koneen perään ja toinen vinssiin esimerkiksi kii-lasammakkoja käyttäen, mikäli koneessa ei ole kahta vinssiä /8./

Aluksi vetokone lähtee ajamaan eteenpäin samalla kiristäen johtoja. Kone ajaa eteenpäin, kunnes löysät on poistettu johdoista ja molemmat johtimet alkavat nousta tasaisesti ja yhdenmukaisesti. Vaakituksesta huolehtiva henkilö (tai henkilöt) pysäyttää kiristämisen, kun vaadittava johdinriippuma on saavutettu. Taakaustyöryhmä asettaa johdot taakkiin. Samaa menetelmää käytetään muiden johtimien ja ukkosköysien kanssa. Kiristuksen jälkeen seuraava työvaihe alkaa /8./

### 5.5.3 Sitominen

Sidontaryhmän muodostaa tavallisesti kahden henkilön työpari. Heistä toinen vuoronperään kiipeää ylös pylvääseen ja toinen jää alahenkilöksi pylvään alle. Tehdessä päätettä kiristyspylväälle voi ryhmäkoko kasvaa; tämä on tarpeen erityisesti parijohtojen kohdalla. Tarvittavat materiaalit työvälineineen ovat tällöin painavampia ja pylvällä tapahtuvaa työtäkin enemmän. Sidontaryhmän toimenkuvaan kuuluu myös värinänvaimentimien asennukset. Ne asennetaan usein välisiteiden asentamisen yhteydessä parijohtojen ollessa kyseessä. Välisiteiden asennuksessa käytetään ns. välisidevaunua. Asennuksen yhteydessä tarkastetaan ja korjataan mahdolliset johtimissa olevat säieviat /8./

Oleellinen työturvallisuuteen liittyvä seikka välisidevaunulla liikuttaessa on pylväs-vyön kiinnittäminen narulla johtoon. Mahdollisen vaunurikon tapahtuessa jää asentaja narun varaan maahan putoamisen sijaan /8./

### 5.6 Maadoitusten teko

Perusmaadoitus puuporttaalipylväällä hoidetaan kaivamalla pylväiden väliin yhdistävä kuparijohdin, jota kutsutaan maadoituselektrodiksi. Tämä elektrodi, mikäli pylvällä

sellainen on, kiinnittyy aina ukkosjohtimiin maadoitusjohtimen avulla. Yksijalkaisella pylvällä käytetään joko pysty- tai vaakaelektrodia. Vaakaelektrodit ovat apukeinoina myös huonosti johtavalla maaperällä sijaitsevilla puuporttaalipylväillä. Maadoitukset pyritään rakentamaan useampiin suuntiin lähtevinä, koska tällöin saadaan ukkospurkauksille useampi maadoitustie /5./

Jos maadoitusten lähistöllä voidaan olettaa liikkuvan runsaasti ihmisiä, voidaan maadoitus toteuttaa potentiaalitasausrenkain. On myös mahdollista jättää maadoitukset kyseiseltä pylvältä kokonaan pois em. syytä tai olemattoman maaperän johtavuuden vuoksi. Tällainen pylväs maadoitetaan ukkosjohtimien kautta viereisten pylväiden avulla; on siis syytä varmistua ukkosjohtimien paksuuden riittävydestä ja viereisten pylväiden maadoitusten kapasiteetista /5./

Lisämaadoitusten teko tulee kyseeseen silloin, kun alueverkon varrella sijaitsevalla sähköasemalla on kasvaneet tarpeet maadoituksille tai rakentamisen yhteydessä asennettavat maadoitukset jäisivät liian heikoiksi maaperän huonon johtavuuden, muutosalttiuden tai muun syyn vuoksi. Maadoitusresistanssia voi pienentää lisämaadoitusten asentamisella. Lisämaadoituksen tarpeellisuuden määrittelyssä otetaan huomioon maan ominaisresistanssi ja käytettävä ukkosjohtimen tyyppi..

Työ tapahtuu siten, että 110 kV linjojen maadoitusjohtimia laajennetaan kaivamalla niiden yhteyteen liitettävää kuparijohdinta hyvin johtavalle alueelle. Kuparijohdin voi olla halkaisijaltaan 16 neliömillimetristä ylöspäin. Tarpeen mukaan lisämaadoituksia voidaan asentaa jopa useita satoja metrejä. Hyvin johtavia alueita ovat mm. mutainen ojanpohja, mutainen järvenpohja ja soinen maaperä. Tällaiset alueet johtavat hyvin sähköä, joten potentiaalintasaus sähköasemalla ukkosköysien kautta onnistuu paremmin.

Kuparin upotuksen suunnittelussa on syytä huomioida, että maadoitusjohdin voi katketa esimerkiksi ojan ruoppauksen seurauksena. Mahdollisen katkeamisen vaikutuksia voidaan pienentää liittämällä maadoituskuparijohtimia renkaiksi, jolloin yhden kosketusyhteyden menettäminen ei merkittävästi vaikuta suurentavasti resistanssiin.



## 5.7 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastus on ennen linjan käyttöönottoa (eli jännitteen kytkentää) suoritettava tarkastus. Tämä tarkastus suoritetaan siksi, että linjan käyttöturvallisuudesta voidaan varmistua. Tarkastuksen suorittavat tilaajan ja urakoitsijan edustajat, jotta molempien näkemys saadaan tilanteesta yhtäaikaaisesti. Ennen tarkastuksen aloittamista on hyvä luetteloida ennalta tarkistettavat kohteet, koska kaikille linjoille ei ole tarkoituksenmukaista luoda samanlaisia tarkastuskohteita; esimerkiksi metalli- ja puupylvästyypit eroavat tarkastuskohdiltaan. Tämä luettelo voi sisältää yhteensä kymmeniä tarkastuskohteita johtoalueesta, perustuksista, pylväistä, eristeistä, varusteista ja johtimista. Linjan pituudesta riippuen voi tarkastus kestää muutamasta tunnista jopa useisiin päiviin /1./

Käyttöönottotarkastuksen suorittamiseksi on ylhäällä mainitun luettelon lisäksi syytä varata mukaan seuraavia välineitä: pylväsluettelo, risteämäluettelo, kartta, kiikari, korkeusmittari, metrimitta, luotilanka ja pylväsvarusteet. Korkeusmittaria hyödynnetään mm. teiden ylitysten korkeuden mittaamiseksi. Metrimitta voi olla hyödyllinen mitattaessa harustusten kiinnityspisteen etäisyyttä pylvään keskikohdalta. Luotilanka on oiva apuväline pylvään suoruuden mittaamiseksi. Käyttöönottotarkastus suoritetaan pistokoeluoontoisesti näkemyksen mukaan tärkeisiin kohteisiin, koska koko linjan säännöllinen tarkastaminen olisi aivan liian pitkä prosessi eikä vastaisi tarkoitusta /1./

Käyttöönottotarkastuksesta laaditaan käyttöönottotarkastuspöytäkirja, johon merkitään havaitut viat ja puutteet sekä myös tarkastamalla hyväksi havaitut kohteet. Mahdolliset viat ja puutteet eritellään jännitteen kytkennän estäviin, jännitteellisenä korjattaviin ja takuutarkastukseen asti seurantaan jääviin (mahdollisesti myöhemmin korjattaviin). Työmaadoitukset, jotka ovat tehty työnaikana, merkitään myös pöytäkirjaan /1./

Käyttöönottotarkastus on JSE:llä yleensä samalla myös vastaanottotarkastus, joten tarkastuksessa pitää tarkastella linjaa monelta eri kantilta. Vastaanottotarkastuksessa varmistutaan, että rakennettu linja vastaa tilaajan vaatimuksia ja määräyksiä. Vastaanottotarkastuksessa tarkastellaan mm. työn suorittamiseksi käytettyjä teitä, ylityksiä ja ojia. Näissä havaitut, työn vuoksi aiheutuneet vahingot ja puutteet mieluiten valokuvataan mahdollisten myöhemmin ilmaantuvien epäselvyyksien välttämiseksi /1./

## 5.8 Varmennustarkastus

Rakennetulle 110 kV linjalle tulee suorittaa varmennustarkastus ennen sen varsinaista käyttöönottoa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että linjan tarkastaa valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja viimeistään rakentamisvuoden jälkeisen kalenterivuoden aikana. Varmennustarkastuksessa varmennetaan linjan asianmukainen käyttöönottotarkastus ja turvallisuus. Tarkastus suoritetaan riittävän laajasti pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla. Varmennustarkastuksesta on laadittava laitteiston haltijaa varten tarkastustodistus. Tästä todistuksesta tulee käydä ilmi tarkastusmenetelmä, kohteen yksilöintitiedot ja selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta. Tarkastuksen suorittanut henkilö varmentaa todistuksen allekirjoituksellaan /18./

## 6 JOHDON KÄYTTÖ

Rakennetun johdon odotustenmukainen toiminta varmistetaan tarkastuksin ja huolto-toimenpitein koko linjan eliniän ajan. Olisi vastuutonta jättää johto oman onnensa nojaan kaiken sen panostuksen jälkeen, joita siihen on esisuunnittelussa, suunnittelussa ja rakennusvaiheessa suoritettu. Korjaustoimenpiteet on suoritettava vian tyypin vaatimassa aikataulussa.

### 6.1 Takuutarkastus

Valmistuneella linjalla on tavallisesti kahden vuoden takuu rakennustyön ja materiaalien suhteen. Takuu-aika kuitenkin määritellään aina sopimuskohtaisesti; esimerkiksi uudentyypisissä, vähän aikaa käytössä olleissa pylvästyypeissä voi olla järkevämpää tilaajan kannalta neuvotella kahta vuotta pidempi takuu-aika /1./

Takuutarkastusta suorittavat tilaajan ja rakennuttajan edustajat, kuten käyttöönottotarkastuksessa, mutta tarkastajia voi olla tarpeen vaatiessa enemmänkin. Takuutarkastuksessa on mukana käyttöönottotarkastuspöytäkirja, josta ilmenee erityiset seurattavat viat ja puutteet. Käyttöönottotarkastuksesta ja siitä laadittavasta pöytäkirjasta olemme tarkemmin kertoneet kohdassa 5.7 Käyttöönottotarkastus. Pöytäkirjassa mainittujen kohteiden lisäksi tarkastellaan myös linjan kuntoa yleisesti ja kaikkiin muihin, paitsi ympäristön aiheuttamiin vikoihin puututaan. Mahdollisista vioista esimerkkeinä mainittakoon lasieristimet, joihin on voinut jäädä tekovaiheessa jännityksiä, jotka vahin-

goittavat lautasta/lautasia ja perustuksien lohkeamiset. Mikäli takuutarkastuksessa havaitaan jotain selkeästi takuun piiriin kuuluvaa korjattavaa, urakoitsija korjaa tarvittavat kohteet tapauskohtaisella aikataululla /1./

## 6.2 Käytön aiheuttamat kentät

Sähkökenttä ympäröi sähkövarausta. Virtaa kiertävä magneettikenttä syntyy varauksen liikkeestä. Voltti per metri (V/m) on sähkökentän voimakkuuden yksikkö. Magneettikentän kuvauksessa käytetään yleensä magneettivuon tiheyttä, jonka yksikkönä on tesla (T). Tyypillisesti puhuttaessa voimajohtojen magneettikentistä, yksikkönä toimii yleensä mikrotlesla (uT). Amerikkalainen kirjallisuuden ilmaisumuoto samasta suureesta on milligaussi (mG). 0,1 uT vuontiheys vastaa yhtä mG:a. Yksikkö kilovoltia (tuhat voltia) per metri (kV/m) on käytössä sähkökentistä puhuttaessa. Siirrettävän tehon muutos aiheuttaa virran muutoksen johdossa ja näin ollen myös ympäristön magneettikenttä muuttuu /9./

Sähkövirta, joka kulkee johdossa, aiheuttaa johdon läheiseen ympäristöön magneettikentän, jonka voimakkuus vaihtelee virran vaihteluiden mukaisesti. Säättötoimenpiteillä lähes vakiona pidettävä johdon jännite määrää voimajohdon sähkökentän. Johdon alle suuntautuvat suurimmat sähkökentät, mutta etääntyessä johdosta ne vaimenevat nopeasti. Mikäli halutaan tarkkoja magneettikenttämääriä, tehdään ne aina kullekin kohteelle erikseen. Johtojen välittömässä läheisyydessä olevat kohteet ovat olleet 50 Hz magneettikenttätutkimuksissa suurennuslasin alla /9./

Suuret esteet, kuten puut, vaimentavat johdon sähkökenttää eikä se pääse esimerkiksi yltämään talon sisään. Normaalit rakennusmateriaalit eivät vaimenna magneettikenttää ja tämä on mahdollista mitata myös johdon läheisyydessä sijaitsevan talon sisätiloista /9./

Kotien ja työpaikkojen sähkölaitteet ja sähköasennukset aiheuttavat magneettikenttiä voimajohtojen ja kiinteistömuuntamoiden lisäksi. Väestön kokonaisaltistumista katsottaessa on voimansiirtojohtojen osuus varsin pieni. Keskimääräisesti kodeissa oleva magneettikenttä on yleensä alle 0,1 uT /9./

80-luvun alkupuolella alettiin voimajohtojen sähkö- ja magneettikenttien mahdollisia biologisia vaikutuksia tutkia intensiivisesti. Vaikka jotkut tutkimukset osoittavat viitteitä biologisista vaikutuksista, selviä terveyshaittoja ei ole todettu aiheutuvan elinympäristön magneettikenttäaltistuksista /9./

Useissa maissa on tutkittu syövän ja voimajohtojen aiheuttamien kenttien yhteyttä. Johtojen läheisyyttä ja syöpää koskeneet epidemiologiset tutkimukset ovat yleensä saaneet eniten julkisuutta. Heikko tilastollinen yhteys magneettikenttäaltistuksen ja lähinnä lasten leukemia- tai hermostosyöpäriskin kohoamisen välillä on osassa tutkimuksissa havaittu, mutta osassa taas ei. Riskikuva ei kuitenkaan ole selkiytynyt, vaikka tutkimusten laatu on parantunut. Osa tutkijoista on edelleen huolissaan asiasta, mutta monet pitävät tutkimuksia riittävänä osoituksena siitä, ettei matalatasoiseen magneettikenttäaltistukseen liity syöpäriskiä kohottavaa vaikutusta /9./

### **6.3 Johdon turvallisuus**

Johdon turvallisuus on tärkein seikka 110 kV käyttöön liittyen. Linjan tulee olla vaaraton ulkopuolisille, jotka kulkevat tai oleskelevat johdon läheisyydessä. Kaikki linjalle suoritettavat tarkastuksetkin ovat turvallisuuskäsitteitä korostavia ja esimerkiksi maadoitusmittaukset ovat täysin turvallisuuteen tähtääviä tarkastuksia. Tarkemmin maadoitusmittauksista olemme kertoneet kohdassa 6.4.10 Maadoitusmittaus. On JSE:n ja muiden siirtoyhtiöiden velvollisuus huolehtia, että esimerkiksi johtimien alla oleva kasvillisuus ei ole liian korkeaa aiheuttaakseen maasulun tai oikosulun riskin ja että pylväsrakenteiden läheisyydessä on turvallista olla /1./

Turvallisuuseikat ovat korostuneet viime vuosina, sillä 110 kV alueverkkoa on rakennettu enenevässä määrin taajama-alueille, joilla oleskelee metsikköä enemmän ihmisiä. Tällöin myös riski onnettomudelle on kohonnut. Myös teiden ylitykset ovat riskialttiita paikkoja, joihin tulee kiinnittää huomiota. Risteämien hallinnasta olemme tarkemmin kertoneet kohdassa 6.7 Uusien risteämien hallinta. Linjan on oltava myös helposti maadoitettavissa turvallista työskentelyä varten ja keskeytys on kyettävä suorittamaan hallitusti. Kokonaisuutena todettakoon, että käytettävyyttä ei tule koskaan nostaa turvallisuuden kustannuksella /1./

## 6.4 Tarkastukset

On tärkeää, että heti valmistumisensa jälkeen uusi johto otetaan kunnossapidon piiriin. Tämä sisältää kaikki ne määräaikaistarkastukset ja yleiset tarkastukset, mihin koko kunnossapito pohjautuu.

Uuden johdon ollessa kyseessä, suoritetaan erikoistarkastuksia sen ensimmäisinä käyttövuosina.

Sähköturvallisuuslaki määrää tarkastusviranomaisten suorittamien tarkastusten lisäksi johdon haltijan suorittamaan määräaikaistarkistuksia 1-3 vuoden välein. JSE suorittaa vuorovuosina tarkastukset kävellen ja helikopterilla tarkastaen, jättäen toisinaan yhden vuoden väliin /1/. Se, kuinka usein ja perusteellisesti johtoa tai sen osaa tarkastetaan, riippuu sen sijainnista ja iästä. Taajamassa tai tien varrella risteilevä johto on tarkastettava maaseudulla olevaa useammin ja perusteellisemmin, koska siinä on suurempi riski laajemmalle vahingolle /10./

Tarkastuksen suorittavan henkilön on oltava riittävän ammattitaitoinen ja asiaan perehtynyt, että hän osaa tunnistaa ja arvioida turvallisuuteen vaikuttavat havaintonsa oikein. Käytännössä tämä tarkoittaa, että henkilön on oltava muodollisesti pätevä suorittamaan oman alansa sähkötöitä. 110 kV linjojen rakentamiseen liittyvät sähkötekniiset työt katsotaan sen luokan töiksi, että niiden suorittamiseen riittää minimissään kolmen vuoden työkokemus ja perustietojen tunteminen /10./

Tarkastuksista on syytä pitää kirjaa, jossa mainitaan tarkastuksen ajankohta, suorittaja, havaitut viat ja mahdollisesti suoritettujen mittausten tulokset. Tarkistuspöytäkirjat on hyvä säilyttää vähintään kolme vuotta, koska ne pitää voida esittää viranomaisille pyydettyäessä /10./

Tarkastustoimet 110 kV johdolle voidaan toteuttaa monella tavalla, mutta lähtökohtaisesti käyttöönottotarkastuksen jälkeen silmämääräinen määräaikaistarkastus suoritetaan kerran vuodessa /10./

Määräaikaistarkastusten lisäksi on huomattava määrä erikoistarkastuksia, joita suoritetaan johdolle riippuen sen sijainnista, tärkeydestä, iästä ja satunnaisesti esille tulevista

vioista. Perinteinen lähestymistapa tarkastusten suorittamiseen on, että tarkastaja kävelee johdon läpi kirjaten silmillä havaitsemansa viat ja puutteet ylös. Nykyajan vaatimukset sähkön laadulle ja käyttövarmuudelle ovat kuitenkin sitä tasoa, että on pakko käyttää erilaisia mittausmenetelmiä, joilla voi havaita johdossa tai sen osissa vasta kehittymässä olevat vikamekanismit /10./

#### 6.4.1 Määräaikaistarkastus

JSE suorittaa määräaikaistarkastuksia 110 kV johdoilleen enintään kerran vuodessa. Tarkastuksen suorittaa ryhmä, joka jakaantuu sopivasti johdon varrelle. Henkilöt liikkuvat jalan tai sopivaa ajoneuvoa käyttäen. Tarkastukseen soveltuu esimerkiksi mönkijä kesäisin ja moottorikelkka talvisin. Tarkastusten jouduttamiseksi on järkevää rakentaa sopivan vahvuisia ylityspaikkoja ojiin ja muihin esteisiin /10./

Tarkastajan varustukseen voivat kuulua muun muassa kiikarit, kämmentietokone ja kannettava tietokone; viimeisimpinä mainitut ovat oivia välineitä havaintojen rekisteröimiseen. JSE käyttää tietokantana Power Grid -ohjelmaa, johon havainnot tallennetaan. Ryhmän keskeiseen kommunikointiin on syytä olla vähintään kännykät; radiopuhelimet voivat toimia runsaasti viestintää sisältävissä toimenpiteissä kätevämmiin tai varaviestiyhteytenä /1./

Yleistarkastuksessa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- johtotien kasvillisuus ja reunapuut
- uudet risteilyt
- maadoitusjohtimien ja –liitosten kunto
- perusteiden asennot ja kunto
- lentotarkastusnumeroiden, numerolappujen ja varoituskilpien kunto
- vieraat esineet, säiekatkeamat, johtimien kunto
- eristimien kunto ja likaisuus, eristinvarusteiden kunto
- teräspylväiden ruostuminen ja orsien kunto
- havainnot uusista tikkajäljistä ja muurahaisista, pylväsalkojen kunto ylipäättään
- harusten kireys ja kunto
- peruspilarien asennot ja kunto

- mahdolliset uudet rakennelmat johtokadulla

JSE suorittaa kävelytarkastuksen tai helikopteritarkastuksen joka toinen vuosi /1/. Lentokonetarkastus ei kuitenkaan ole korvaava tarkastus, sillä havainnointi jää puutteelliseksi /10./

Toinen, SFS 6001 -standardin edellyttämä tarkastus on maadoitusimpedanssin mittaussilloin, kun pylväällä tapahtuvassa maasulussa maadoitusjännitteelle asetettu yläraja. Mikäli maadoitus on toteutettu yhdellä johtimella, suoritetaan tarkastus kuuden vuoden välein; kahdella tai useammalla johtimella toteutettu maadoitus vastaavasti 12 vuoden välein. Pylvään maadoitusjännitteelle asetetaan yläraja silloin, mikäli lähistöllä usein oleskelee tai liikkuu ihmisiä tai eläimiä tai jos maadoituselektrodi sijaitsee 100 m lähempänä jonkun toisen suurjännite (>1000 V) järjestelmän maadoituselektrodia. Maadoitusmittaukset suoritetaan erikoistarkastuksina määrättyinä aikaväleinä tai tarpeen mukaan /17./

#### **6.4.2 3D-kuvaus**

3D-kuvaus on uusi tarkastusmenetelmä, joka suoritetaan helikopterista kuvaamalla. Lentokone ei kuvaamiseen sovellu sen nopeuden ja hitaan kääntyvyytensä vuoksi. 3D-kuvauksella pyritään saamaan tarkkaa kolmiulotteista kuvaa linjasta ylhäältä käsin. Kuvauksen jälkeen tallennettua materiaalia voidaan tarkastella toimistossa ja tehdä havainnot tietokoneen äärellä helikopterin kopin sijaan. Tämä vähentää inhimillisestä toiminnasta johtuvia virheitä, kuten jonkun vian jääminen huomiotta. Kuvaa voidaan tarkastella uudelleen toistuvasti, tarvittaessa monen eri henkilön voimin. Itse lennolla ei tarvitse olla mukana verkkoyhtiön henkilökuntaan kuuluvaa henkilöä, vaan kuvauksen voi suorittaa päteväntynyt lentomiehistö /16./

3D-kuvaus on JSE:lle uusi asia, joten se on eräs tämän opinnäytetyön painopisteistä. Työryhmä kävi asian tiimoilta vierailmassa Kymenlaakson Sähkö Oy:ssä, joka on kuvannut osan 20 kV linjoistaan tämän uuden menetelmän avulla. Laajemmin tämän menetelmän ovat ottaneet käyttöön Fingrid ja Vattenfall. 3D-kuvaus soveltuu myös 110 kV:n linjoille, mutta tällöin kuvausmateriaali on hieman tarkempi. JSE on alustavasti kiinnostunut soveltamaan 3D-kuvausta 110 kV:n jännitetasolla.

3D-kuvaukseen suoritetaan siten, että kahdella kameralla kuvataan linjaa ristiin, jolloin saadaan syvyysvaikutelma; samaan tapaan kuin ihminen muodostaa näkökenttensä. 3D-kuvamateriaalista saa paremman käsityksen mittasuhteista kuin paljain silmin helikopterista käsin. Lisäksi helikopterin varustukseen kuuluu etu- ja takakamera, sekä lasertutka. Lentäjillä on käytössään GPS-laite, jonka avulla navigointi tapahtuu /16./

Kuvamateriaalia analysoidaan siten, että henkilö katsoo 3D-näytöltä 3D-kuvamateriaalia. Vierellä olevalla näytöllä näkyy etu- ja takakameran kuvaa, lasertutkan kuvaa sekä sijainti, miltä kohdalta linjaa tarkastellaan. 3D-näyttöä tarkastellaan ensisijaisesti. Mikäli 3D-kuvaa on syytä tarkastella lähemmin, antaa viereinen näyttö siitä paremmin tietoa. 3D-kuvaa ei voi esimerkiksi zoomata, mutta etu- ja takakameran kuvaa voi. Lasertutkan kuvasta voidaan analysoida tarkat etäisyydet esimerkiksi johtimien ja aluskasvillisuuden välillä. Kuvaamalla saatu materiaali voidaan myös tarkastaa lentomiestien toimesta. Esimerkkejä 3D-kuvauksella saadusta materiaalista on liitteessä 1. Liitteen kuvassa 1 on etukameralla saatu kuva 20 kV linjasta. Kuvassa 2 näkyy kuvauspaikan sijoittuminen kartalla. Kuva 3 esittää lasertutkan antaman näkymän samaisesta kuvauskohteesta. Kokeneet kuvaajat ovat varsin hyviä analysoidaan materiaalia, sillä he osaavat tunnistaa mahdolliset epämääräisyydet kuvista. Käsitteilyn jälkeen tarkastuksen tilaajalle toimitetaan kuvauksen perusteella laadittu yhteenveto linjan tilanteesta /16./

Tällä hetkellä 3D-kuvauspalvelua tarjoaa ruotsalainen Visimind, joka käyttää Heli-vest:n lentopalveluja /16./

Kymenlaakson Sähkö Oy on tehnyt 3D-kuvauksesta 20 kV jännitetasolla joitain havaintoja mm. etu- ja takakameran osalta. Etukamera olisi sopivimmassa asennossa silloin, kun se asetetaan pystysuuntaan. Takakameran asento taas on ollut kuvauksissa liian pystyssä. Molemmissa kameroissa esiintyy epätarkkuutta ja kuvan kapeutta, jolloin esimerkiksi harukset ja porttiharuksen apupylyvärs haruksineen näkyvät epäselvästi. Helikopterin heiluessa saattaa osa kuvattavasta linjasta jäädä kuvan ulkopuolelle ja täten näkymättömiin. Mm. näihin asioihin on syytä kiinnittää huomiota myös 110 kV jännitetaso linjoja kuvatessa /16./

3D-kuvauksella saatua kuvamateriaalia voidaan hyödyntää kunnossapidollisiin tarkoituksiin vikojen ja puutteiden kartoituksessa; 3D-kuvaukseen mahdollistaa myös aluskasvil-



lisuuden korkeuden arvioinnin, mikä täytyy tavallisesti suorittaa maastotarkastuksien yhteydessä /16./

Myös suunnitteluprosessissa 3D-kuvaus tulee nopeuttamaan työskentelyä, sillä pylväskorkeuksia ja pylväspaikkoja voidaan suunnitella kuvamateriaalin avulla. Nykyisin vallitsevana menetelmänä on vielä pylväskorkeuksien ja paikkojen lukeminen tarkalla GPS:llä maastossa. Eräs suunnittelu-urakoitsijayritys on jo tarjonnut suunnittelua 3D-kuvausta hyödyntäen /1./

3D-kuvaus voi tulevaisuudessa tarjota edullisen ja nopean menetelmän sekä kunnossapidollisiin että suunnittelutarpeisiin /1./

### **6.4.3 Perustarkastus**

Ohjeistuksena perustarkastuksen suorittamisaikaväleille voisi olla viisi vuotta alle 30 vuotta vanhoilla johdoilla ja vanhemmilla kolme vuotta. Perustarkastus sisältää samat tarkastuskohteet kuin yleistarkastus, mutta tarkastus on perusteellisempi ja erityinen huomio kiinnitetään kuluviin rakenneosiin, kuten esimerkiksi virta- ja ukkosjohtimien ripustushahloihin. Mikäli pylväät ovat teräksisiä, tarkastetaan niiden ja orsirakenteiden pulttiliitosten kireys. Kannatuspitimet, suojapuikot ja –nauhat avataan ja tarkistetaan niiden kunto kannatuspisteissä; tämän tekeminen kaikilla pylväillä olisi erittäin työlästä, joten tämä tarkastuksen osuus hoidetaan pistokoeluonteisesti. Perustarkastus suoritetaan useimmiten kahden henkilön voimin. Molemmilla tarkastajilla tulee olla pylväsväri. Koska tarkastuksen aikana ollaan lähellä johtimia, vaatii tarkastuksen suorittaminen käyttökäskeytyksen /10./ Perustarkastus ei ole standardien velvoittama tarkastus, eikä vaivaansa nähden kovinkaan hyödyllinen. Näistä syistä ei JSE:n hallinnoimalla alueverkolla ole perustarkastusta otettu kunnossapitotoimenpiteisiin mukaan /1/.

### **6.4.4 Lahotarkastus**

Lahotarkastuksessa pylvästä koputellaan jollakin kovalla esineellä, esimerkiksi vasaralla pylvään alaosaan vaakasiteelle asti. Jos vaakaside on puinen, se tarkistetaan myös. Pylväälle tehdään myös silmämääräinen tarkistus esimerkiksi suurien hal-

keamien tai muurahaisten varalta. Jos tarkistuksissa löytyy kohta, joka saattaisi olla laho, käytetään silloin näytekairaa. Tarkastuspöytäkirjaan määritellään löytyneet viat.

Lahotutkimusta helpottamaan on tehty elektronisia apuvälineitä, mutta ne ovat osoittautuneet epäluotettaviksi ja arvokkaiksi /10./

Olosuhteista ja empiirisestä kokemuksesta riippuen voi ensimmäisen lahotarkastuksen suorittaa 15–20 vuoden jälkeen valmistumisesta. Tämän jälkeen tapahtuvat tarkastukset voi suorittaa kolmesta kymmeneen vuoden välein - edelleen yllä mainittujen vaikutteiden perusteella. JSE:n alueverkoilla lahotarkastuksia on suoritettu uudelle linjalle ensimmäisen kerran 25 vuotta rakentamisen jälkeen, jonka jälkeen tarkastus suoritetaan kymmenen vuoden välein /1/.

#### **6.4.5 Lentotarkastus**

Nopea tarkastuskeino, jota käytetään yleisesti 110 kV linjojen tarkastuksessa, tarkastusväli kahdesta kolmeen vuotta. Suoritetaan tavallisesti helikopterilla. Tarkastuksessa keskitytään erityisesti johtimiin, orsirakenteisiin ja eristimiin. Lisäksi saadaan kokonaiskuva johtokadusta. Koska tarkastuksen suorittaminen on nopeaa kävellen tapahtuvaan verrattuna, kustannukset ovat n. 40 % pienemmät johtokilometriä kohti. Johdolle ei tarvitse tehdä käyttökeskeytystä tarkastuksen ajaksi, mutta käyttökeskuksen on syytä olla tietoinen tarkastuksesta. Tarkastuksen huolellinen ennakkosuunnittelu on tärkeää kustannusten ja hyödyn optimoimiseksi /10./

#### **6.4.6 Raivaustarkastus**

110 kV linjat tulisivat olla aina puuvarmoja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että johdon lähistöllä ei saa olla niin pitkiä puita, jotka kaatuessaan osuisivat linjaan. Aluskasvillisuustilannetta seurataan yleistarkastusten yhteydessä ja uusintaraivaustarpeen todettua suoritetaan varsinainen raivaustarkastus. Myös edellisestä raivauksesta kulu-  
nut aika tulee ottaa huomioon raivaustarvetta arvioitaessa /1/. Raivaustarkastuksessa määritellään raivattavat johto-osuudet, puuston tiheys ja laatu; taajama-alueille ja ris-teämiin on syytä tehdä myös maisemointisuunnitelmat. Raivausurakan valmistuttua käydään tarkistamassa työn jälki /1/. Reunapuiden raivaus on oma erillinen urakkansa.

Siinä ylipitkät reunapuut mitataan ja tarvittaessa leimataan kaadettaviksi. Myös tämän urakan onnistuminen on syytä käydä tarkistamassa työn valmistuttua /10./

#### **6.4.7 Lämpökuvaus**

Lämpökuvauksella saadaan tietoa johdinliitoksista ja liittimistä. Kehityksen myötä on lämpökuvaus osoittautunut joissakin tapauksissa hyväksi apuvälineeksi myös johtimien ja eristinvarusteiden tutkimisessa. Kuvaus on mahdollista suorittaa maasta käsin tai yhdistää se lentäen tapahtuvaan tarkastukseen. Koska lämpötilakamera näyttää lämpötilaeroja, on johdon kuormitus oltava tiedossa kuvaamisen aikana /10./ JSE ei kuitenkaan ole saanut luotettavia tuloksia lämpökuvauksen avulla, joten lämpökuvaus ei ole laajamittaisessa käytössä /1/.

#### **6.4.8 Harusvartaiden syöpymätarkastus**

Mikäli maadoitettu ja harustettu pylväk sijaitsee alhaisen resistanssin ( $<200$  ohm/km) alueella, voi haruksien ja kuparimaadoitusten välille syntyä sähkögalvaaninen pari. Tällöin alemman laadun metalli hapettuu, tässä tapauksessa siis harusten teräs. Tutkimusten mukaan jatkuva 5 mA tasavirta aiheuttaa harusvartaassa syöpymistä noin 50 mg vuodessa. Tällaiset alueet löydetään parhaiten suorittamalla johdolle harusvirtamittaukset. Mittaus onnistuu erikoismittarein, yleismittarilla tai eräillä pihtimittareilla. Jos tarkastuksessa löydetään 5 mA ylittäviä arvoja, on harusvartaat syytä kaivaa näkyviin. Mittausten onnistuminen ei kuitenkaan ole aina täysin varmaa. Harusten asianmukainen eristäminen on hyvä keino estää sähköparien syntymistä /10./

Eristäminen ei kuitenkaan ole täysin aukoton tapa sähköparien muodostumien ehkäisemiseksi. On kehitetty uusia menetelmiä, kuten esimerkiksi betoniset harusvartaat, joiden pitäisi johtamattomina osina estää sähköparien syntymistä paremmin kuin pelkkä eristeiden lisäys /1./

#### **6.4.9 Eristinsetjujen jännitetestaus**

Mikäli vanhoissa posliinieristimillä varustetuissa johdoissa tapahtuu tuntemattomia maasulkuja, on syytä suorittaa eristinsetjujen jännitetestaus. Jännitetestaus on paikallaan myös silloin, kun eristelautasten kunto ylipäättään epäilyttää. Testaus suoritetaan

jännitteiselle johdolle koestushaarukalla; testaus on siis jännitetyötä, johon tarvitaan erilliset työohjeet ja vähintään kaksi ammattitaitoista ja koulutettua henkilöä suorittamaan testausta /10./

#### **6.4.10 Maadoitusmittaus**

Maadoitusmittausten suorittamistapa riippuu siitä onko johdoilla ukkosjohtimet. Mikäli ukkosjohtimia ei ole, suoritetaan mittaus normaalina Megger-mittauksena eli käännepistemenetelmällä. Ukkosjohtimet muuttavat käännepistemenetelmällä mittamista siten, että ukkosjohtimet pitää eristää pylväsrakenteesta tai maadoitusjohtimet irrottaa elektrodista ja eristää harukset. Ukkosjohtimisilla johdoilla käytetään myös sarjamittausmenetelmää ja V-A–menetelmää /10./

Maadoitukset mitataan joko jokaiselta pylväältä tai joka toiselta pylväältä. Maadoitusmittausten tulosten perusteella laaditaan vaarajännitetiedosto. Vaarajännitetiedostosta selviää maadoitusten kunto ja miten lähellä muut maadoitukset saavat 110 kV maadoituksia olla.

#### **6.4.11 Erikoismittaukset**

Seuraavassa on lueteltu muutamia tarkastuksia, joita tarpeen tullen suoritetaan:

- värinämittaukset
- routatarkastukset kovina pakkastalvina
- jääkuormatarkastukset
- riippumatarkastukset johtimille
- uusintakartoitukset
- häiriötilanteissa vikapaikan etsintä
- teräspylväiden jalkakaltevuusmittaukset
- teräspylväiden maalaustarkistukset
- pilareiden rapautumis- ja murtumatarkastukset
- maadoituselektrodien tarkastukset
- harusvoimatarkistukset harusvoimamittarilla

/10/

## 6.5 Raivaukset

Tämän osion kohdalla on syytä muistuttaa, että Suur-Savon Sähkö Oy ei tyypillisesti omista voimajohtojen alla olevaa maata eikä johtoalueella olevaa puustoa; ne kuuluvat maanomistajalle. Suur-Savon Sähkö Oy on hankkinut lunastamalla oikeuden johtoalueen käyttöön, johtoaukean raivaukseen ja ylipitkien reunavyöhykepuuiden käsittelyyn /11./

### 6.5.1 Johtoalueraivaus

Johtoalueraiivauksella tarkoitetaan linja-aukean alla olevan puuston ja pensaiden raivaamista.

Raivaustarve johtoalueella vaihtelee runsaasti siitä riippuen, missä osassa Suomea ollaan. Nopeinta puuston kasvu on Etelä- ja Lounais-Suomessa, joissa kasvukierto on n. 4-6 vuotta. Pohjois-Suomessa kasvukierto on vastaavasti 7-10 vuotta. Tämä selittyy leveysasteen lisäksi puustolajikkeen vaihtelulla: koivu, leppä ja haapa ovat nopeimmin vesoista kasvavia lajeja. Myös kasvupaikka vaikuttaa kierron tiheyteen /10./

Jos on kannattavaa siirtää varsinaista raivausta muutamalla vuodella, voidaan johtokaudulta poistaa varsinkin keskeltä jänneväliä noin 2 vuoden välein pisimmät yksilöt, ja pitkää havupuustoa voidaan latvoa /10./

Puuston raivaus on yhä lähes yksinomaan mekaanista; torjunta-aineiden käyttöä vältetään maaperän saastumisen välttämiseksi. Mekaanisessa raivauksessa on metsätyökone tärkein apuväline. Jotkut raivausurakoitsijat suorittavat johtoalueraiivauksia myös perinteisesti raivaussahan avulla. Kone-raivausta käytetään JSE:llä yleensä kaikissa raivauksissa sen tehokkuuden vuoksi. /1./

Raivauksessa jätetään katajat ja matalakasvuiset pensaat mahdollisuuksien mukaan kaatamatta, koska ne vievät ravinteita nopeammin kasvavalta kasvustolta. Risteämissä ja taajama-alueella jätetään puustoa pystyyn riittävästi, jotta johtoalueelle ei synny suoraa näköyhteyttä. On myös erikoistapauksia, joissa on syytä neuvotella raivaamisesta maanomistajan kanssa. Näitä tapauksia ovat esimerkiksi puutarhat ja hedelmätilat /10./

Johtoalueen raivaa yleensä urakoitsija, koska voimajohtoasentajilla työn teettäminen on kustannuksiltaan kalliimpaa. Raivauksen teettämisesä on sovittava etukäteen vastuukysymyksistä ja itse työn suorittamisesta tarkasti /10./

### **6.5.2 Reunavyöhykepuiden leimaus**

Reunavyöhykepuiden leimauksella tarkoitetaan sitä, kun johtoaukeiden reunavyöhykkeeltä arvioidaan ylipitkä puusto, joka voisi kaatuessaan linjalle aiheuttaa maa- tai oikosulun. Tällaiset puut leimataan yleensä väriliidulla, joka kertoo puun olevan kaadettava. Reunavyöhykkeen puusto kaadetaan 15–25 vuoden välein. Tällä pidetään reunavyöhyke puuvarmana. Puuvarmuus tarkoittaa, etteivät tuulen tai muun sääilmiön vuoksi kaatuvat puut yllä koskettamaan johtimia ja pääse näin aiheuttamaan maa- tai oikosulkua 110 kV linjaan /12./

### **6.5.3 Reunavyöhykepuiden kaato**

Puuston käsittely teetetään alan ammattilaisilla. Ympäristönäkökohdat otetaan huomioon kaikissa kasvillisuuteen liittyvissä näkökohdissa. Reunapuiden kunnossapitokäsittelyt pyritään järjestelmään siten, että puut korjataan yhteishakkuulla tai maanomistaja voi itse korjata kaadetut puut haluamanaan ajankohtana. Puuston omistajana on maanomistajalla oikeus päättää, kuinka johdon kunnossapidon aiheuttama reunapuun korjuu ja myynti järjestetään /12./

### **6.5.4 Helikopterilatvasahaus**

Reunavyöhykkeiden ylipitkiä puiden latvoja voidaan myös helikopterisahausella lyhentää 2–5 metriä. Helikopterisahausta hyödynnetään reunavyöhykkeen käsittelyssä yleensä siinä tapauksessa, jos vain melko pieni osa reunavyöhykepuista on ylipitkiä. Latvasahatun puun lahoaminen etenee niin hitaasti, ettei maanomistajan tarvitse välittömästi kaataa latvottuja puita, vaan seuraavan hakkuun yhteydessä ne voidaan korjata /12./

Helikopterisahaus soveltuu hyvin läpimitaltaan ohuiden latvuksien lyhentämiseen. Helikopterista roikutetaan sahaa, jossa on oma polttomoottorinsa, joka pyörittää te-

rää/teriä. Saha ei sovellu paksujen puiden kaatoon, joten suurempia, leimausta ja kaa-toa tarvitsevaa urakkaa ei voi sillä suorittaa.

## 6.6 Uusien risteämien hallinta

Kohdassa 5.4 Risteämien suojaus johdon vedon aikana on selvitetty risteämän määritelmä. Risteämät tulee merkitä linjan tietokantaan jänneväleittäin. Risteämiä on syytä tarkkailla, koska ne voivat vaikuttaa johdon turvallisuuteen ja/tai käyttöön. Uudet risteämät havaitaan linjalle suoritettavien tarkastusten yhteydessä tai ilmoitusten perusteella. Ilmoituksen tai havaitsemisen jälkeen johdon haltija antaa lausunnon, jonka perusteella toimenpiteet tarvittavien vaatimuksien täyttymiseksi suoritetaan. Ilman lausuntoa tehtävän risteämän, esimerkiksi sähkölinjan, tekijä voi joutua pahimmassa tapauksessa jopa purkamaan tekemänsä risteämän jälkikäteen, mikäli se ei täytä vaatimuksia. Tästä syystä uusista rakennettavista risteämistä tulisi aina ilmoittaa johdon haltijalle /1./

Tarkastusta tekevän henkilön huomattessa uusi risteämä hän ilmoittaa johdon haltijalle kartoituksen tarpeesta. Johdon haltija tilaa tämän jälkeen tarkastuksen, jossa selvitetään esimerkiksi ovatko maadoitukset riittävät sekä onko risteämä asetusten vaatimilla etäisyyksillä johtimista. Esimerkiksi tien tekeminen linjan ali voi vaatia räjäytystöitä, joista voi olla vaaraa linjan turvallisuudelle /1./

Risteämien hallinta on pitkälle oma tieteenlajinsa, jolle on esimerkiksi kantaverkkoyhtiö Fingrid:llä omat ammattilaisensa. On myös olemassa erityisiä palveluntarjoajia, jotka suorittavat risteämien kartoitusta /1./

## 6.7 Korjaukset

110 kV linjalle suoritettavat korjaukset voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan: keskeytyksen vaativiin ja jännitteellisenä suoritettaviin. Keskeytys voi tapahtua joko hallitusti – puhutaan käyttökeskeytyksestä – tai hallitsemattomasti, jolloin puhutaan viasta. Jännitteellisenä suoritettavat korjaukset eivät vaikuta sähkönjakeluun. Mikäli käyttökeskeytys joudutaan suorittamaan siten, että se vaikuttaa kantaverkon toimintaan, täytyy kantaverkkoyhtiölle tehdä asiasta keskeytysaloite.

### 6.7.1 Keskeytyksen vaativat korjaustyöt

110 kV linjoissa esiintyy hyvin erilaisia ja eriasteisia vikoja, joten vian korjaamisen kiireellisyysasteekin vaihtelee suuresti. Kuitenkin kaikki viat, jotka heikentävät linjan käyttövarmuutta tai vaarantavat ympäristöä, on korjattava heti kuin se on mahdollista.

Linjaan otetaan käyttökeskeytys, jos:

- työ kohdistuu avojohdon välittömään läheisyyteen, eli 1,5 metrin päähän sivuille tai ylöspäin, tai 1,2 metrin päähän alaspäin. (EN 50110-1 standardi, SFS 6002)
- työ kohdistuu virtaköysiin, eristinvarusteisiin tai pylvään orsirakenteisiin.
- työ on pylvään rakenteissa tehtävä muutostyö

Jos kuitenkin on mahdollisuus, että asentaja tai hänen käyttämät työvälineensä voivat joutua jännitteisien osien välittömään läheisyyteen, tehdään työt melkein aina jännitteettömänä. Tämä koskee esimerkiksi virtaköysien tasalle tai yläpuolelle kiipeämistä vaativia töitä /10./

Välittömästi korjaustoimenpiteitä vaativia vikoja 110 kV linjassa, jotka eivät vaikuta vielä sähkönjakeluun ovat:

- läpilyöntijälki tai vähintään 2 eristinlautasen rikkoutuminen samasta 6-8 eristinlautasen muodostamasta eristinketjusta
- virtajohtimen säievika tai tuntematon esine johtimessa
- ukkosköyden säievika tai sen katkeaminen kokonaan
- yläharuksen katkeaminen pylvästä
- salamaniskun aikaansaama vaurio pylväsrakenteessa
- (lähellä pylvästä oleva sortunut kaivanto)
- (kaatumaisillaan olevat ylipitkät reunavyöhykepuut)

Suluissa olevat eivät vaadi käyttökeskeytystä /10./

### 6.7.2 Keskeytysaloite



JSE laatii keskeytysaloitteen ainoastaan, kun keskeytys toteutetaan Fingrid:n hallinnoiman kantaverkon komponentein. Keskeytysaloitteen koskiessa kantaverkkoa, JSE tekee keskeytysuunnitelman kahta viikkoa ennen kytkentämuutosten suorittamista /1./

### 6.7.3 Keskeytyksen vaativat viat

110 kV linjoille sattuu keskeytyksen aiheuttavia vikoja erittäin harvoin. Nämä viat onkin syytä pitää harvinaisina, sillä vian tapahtuessa on vaikutusalue suuri /1./

Kuitenkin JSE:n alueella on tällaisiakin keskeytyksiä koettu: viimeisin tapaus on kevättalvelta 2010, jolloin Kuortin ja Mäntyharjun väliseltä johto-osuudelta kaatui pylväs. Tämän kaatumisen aiheutti korroosion, pakkasen ja lumikuorman yhteisvaikutuksesta katkennut harus. Säännölliset tarkastukset ja huollot pitävät nämä viat harvinaisina /1./

Pylvään kaatuminen tai ylipitkän puun kaatuminen linjalle ovat yleisimmät syyt verkon vikaantumiseen 110 kV alueverkossa /1/. Tilanteissa, jolloin 110 kV pylväs kaatuu, on syytä ensin selvittää, mikä on pylvään kaatumisen aiheuttanut. Kaatumistapauksia on erittäin harvoin ja ne yleensä johtuvat harusten pettämisestä. Jos tällainen vika tapahtuu, on oleellista korjata sekä tietysti kaatunut pylväs harustuksineen että tarkastaa ja mahdollisesti korjata vähintään kaatunutta pylvästä ennen ja jälkeen olevien pylväiden harukset ja yleiskunto. Pylvään kaatuessa aiheutuu viereisiin pylväisiin suuri rasitus virtajohtimien sekä mahdollisten ukkosköysien vetäessä eristinketjujen kautta pylvästä kohti maata. Harusten kunto on tarkastettava siksi, että on syytä epäillä niiden olevan heikossa kunnossa, mikäli ne sijaitsevat samanlaisella maaperällä kuin korroosiosta kärsinyt kaatunut pylväs. Luonnollisesti paras ja suositeltavin menettelytapa on tarkastaa ja mahdollisesti korjata kaikki vikaantuneen linjan pylvääät varustuksineen.

Ukkosköyden tai virtajohtimen katkeaminen on toinen vikaantumistapa. Koska johtimet ovat käsitelty kestävämpään tarkoituksenmukaista käyttöä, on niiden katkeamisriski kesällä olematon. Talvella lumikuormat tuovat oman lisänsä linjan huoltoon, koska suuret lumikuormat johtimien päällä tuovat ylimääräistä jännitystä johtimiin. Lumien pudottaminen linjojen päältä runsaslumisina talvina on osa normaalia huoltotoimintaa.

Runsaan jääkuorman vaikutuksesta voivat ukkosköydet roikkua virtajohtimien alapuolella ja tuulen vaikutuksesta osua toisiinsa; tästä voi aiheutua johtimen katkeaminen /1/. Ilkivallan mahdollisuus on olemassa myös: linjat sijaitsevat usein metsästysalueilla ja on mahdollista, että joku ampuu johtimen tai köyden poikki.

#### **6.7.4 Käytönaikaiset korjaustyöt**

Käytönaikaisia korjaustöitä ovat kaikki sellaiset korjaukset, jotka voidaan suorittaa linjan ollessa jännitteinen. Yleisesti ottaen kaikki työt, jotka voidaan suorittaa menemättä vaakasiteen yläpuolelle, voidaan suorittaa jännitteisenä. Näitä töitä ovat esimerkiksi harustuksiin liittyvät työt, varoituskylttien vaihto, pienet perustusten korjaukset ja maadoitustyöt.

Käytönaikaisissa korjaustöissä on ehdottoman tärkeää huolehtia riittävästä työturvallisuudesta. On muistettava, ettei puuportaalipylvääseen saa kiivetä vaakasiteen yläpuolelle ja työkoneita käytettäessä on pysyttävä riittävän etäällä johtimista. Maadoitustöitä tehdessä on varmistuttava, että lähistöllä ei ole ukkosrintamia, joiden aiheuttamat jännitteet voisivat kulkeutua ukkosköysiä pitkin korjattaviin maadoituksiin.

## **7 JOHDON SANEERAUS**

Koska käytössä oleva linja on vuorokauden ympäri ympäristön vaikutuksille alttiina, on sen kulumisen ajan myötä väistämätöntä. Linja koostuu kuitenkin monista eri osista, joiden käyttöiät voivat poiketa toisistaan kymmenillä vuosilla. Joskus taas uudet määräykset saattavat vaatia joidenkin osien vaihtoa tai muuta toimenpidettä. Näistä syistä on johtoa tarpeen vaatiessa saneerattava, jotta voidaan varmistua sen taloudellisesta ja turvallisesta käytöstä sekä samalla maksimoida sen käyttöikä.

### **7.1 Ukkosjohtimien vaihto**

Ukkosjohtimien vaihto voi tulla kysymykseen, kun ukkosjohtimet eivät enää vastaa enää niille suunniteltua tarkoitusta. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi, kun lähelle linjaa on rakennettu uusia telemaadoituksia, pienjännitemaadoituksia tai keski-jännitemaadoituksia. Esimerkiksi telekaapeleille on määritelty johdoneristyslujuudeksi usein 2 kV. Salamaniskun aiheuttamat jännitteet ovat huomattavasti tätä suurempia,

joten telekaapelin rikkoutuminen lähellä suurjännitepylvästä on täysin mahdollista, jos riittävästä maadoituksesta ei pidetä huolta /1./

Johtamattomilla ukkosköysillä tarkoitetaan Fe-ukkosköysiä (feraalit, feral-köydet), joiden johtavuus on oleellisesti heikompi kuin teräsukkosköysillä. Käytettäessä johtamattomia ukkosköysiä, voi yhden pylvään maadoitusimpedanssi voi muodostua liian suureksi. Tähän tilanteeseen tuovat johtavat ukkosköydet helpotusta, koska niiden avulla saadaan aikaiseksi kytkentä, joka vastaa vastuksien rinnankytkentää: vikavirta jakaantuu useammalle pylvääälle, jotka kuvaavat kytkennässä vastuksia. Usean vastuksen läpi virtaa maadoitettaessa yksittäiselle pylvääälle syntyvä rasite muodostuu pienemmäksi kuin tilanteessa, jossa koko virtapiikki, esimerkiksi salamaniskun synnyttämä, maadoitettaisiin yhden pylvään impedanssin läpi.

Fe-ukkosköysiin indusoituu myös enemmän virtoja kuin johtaviin ukkosköysiin /13/. Indusoituva virta näkyy häviönä ja voi lisäksi aiheuttaa häiriöitä telekaapeleihin. Johtavilla ukkosköysillä eivät ongelmat ole yleensä haitallisessa mittasuhteessa, johtuen juuri paremmasta ja laajemmasta maadoittumisesta.

Nykyisin uusissa linjoissa käytetään oletusarvoisesti johtavia ukkosköysiä. Tämä johtuu edellisessä kappaleessa mainittujen syiden lisäksi myös siitä, että johtavat köydet ovat taloudellisesti kannattavampia ostaa sekä olisivat erittäin todennäköinen saneerauskohte tulevaisuudessa /1./

Saneeraustoimissa ukkosköysiin liittyen on syytä tarkastaa, voitaisiinko maadoitusjohtavuutta parantaa taloudellisemmin kuin koko linjan ukkosköydet vaihtamalla. Ukkosköysien vaihto on mahdollista myös pelkille ongelmakohdille: esimerkiksi jos yhden pylvään maadoitukset vaativat parantamista, on taloudellista vaihtaa vain lyhyelle matkalle linjalla johtavat ukkosköydet. Toinen vaihtoehto parantaa vain ongelmapylvään maadoitusta on ns. läpimenevä maadoitus, jossa pylvään maassa olevia maadoituksia parannetaan ja johdetaan mahdollisesti kauemmas /1./

Taloudellisuus on otettava huomioon silloinkin, kun mietitään maadoitusten parantamisen syytä: vaihdetaanko ukkosköysiä johtaviin siksi, että standardit (esimerkiksi kytkin- tai sähköasemille) sitä vaativat vai suojataanko vieraita maadoituksia (telekaapelit, pienjännite- tai keskijännitemaadoitukset). Toimien mitoittaminen on hyvä

suunnitella myös jatkoa ajatellen: rakennetaanko alueelle runsaasti maadoitettavia komponentteja lähiaikoina vai onko saneeraus riittävä pitkälle tulevaisuuteen /1./

Ukkosköydet on valittava standardien mukaisesti. Uusilla rakennettavilla linjoilla on rakennettava CENELEC-standardien mukaisesti. Vanhemmilla, saneerattavilla linjoilla toimitaan VIM:n mukaan, mikäli muutoksia ei tehdä /1./

## **7.2 OPGW:n tarve**

OPGW:n merkitystä on käsitelty työssä aiemmin kohdassa 2.9 Viestitien tarve - OPGW. Valokuidun lisäämisellä ukkosköysien saneerauksen yhteydessä voidaan parantaa työn kannattavuutta, koska OPGW:n lisääminen tulevaisuutta ajatellen on pääsääntöisesti tarvittava hanke.

## **7.3 Virtaköysien vaihto**

Virtaköysien vaihto tulee ajankohtaiseksi silloin, kun nykyisen köyden kapasiteetti lähestyy ylärajaansa. Käytännössä tämä tulee esiin häviöinä, joiden suuruus saadaan selvitettyä laskukaavoilla. Vaihtokustannusten suuruus suhteessa saatavaan säästöön on ratkaiseva tekijä virtaköysien vaihtopäätöksessä. Vaihtamalla virtaköydet paksumpiin aiheutuu kuitenkin eristimiin suurempi rasitus kuin ohuemmillä köysillä. Eristinlautasten kuormankantokyky onkin syytä huomioida paksumpia köysiä suunniteltaessa /1./

## **7.4 Pylväsjalcojen vaihto**

Jos lahotarkastuksessa todetaan, että pylväsjalat ovat riittävän lahoja, ne tulee tällöin määrätä vaihdettaviksi. Tarkastuksen suorittajat arvioivat vaihdon kiireellisyyden. Lahotarkastusten yhteydessä löydettyjä lahoja pylväitä ei vaihdeta heti, vaan ne pyritään vaihtamaan silloin, kun linjalle tehdään muitakin korjauksia. Näin meneteltäessä eri urakoitsijoiden hintaero kärjistyy ja valinta oikealle urakoitsijalle on helpompi. Pylväsjalcojen vaihtotyö suoritetaan aina jännitteettömänä, joten jos linjalle on tulossa esimerkiksi toinenkin käyttökeskeytystä vaativa työ, esimerkiksi eristinyksiköiden vaihto, on kannattavinta tehdä ne saman keskeytyksen aikana. Käytettäessä kahta eri työryhmää, käyttökeskeytyksen pituus ei välttämättä edes kasva. Pylväsjalcoja ei tyy-

pillisesti vaihdeta enempää kuin on pakko. Ainoastaan lahotarkastuksissa löydetyt lahot pylväsjalat vaihdetaan.

Vanhoihin puupylväsrakenteisiin on usein tehty puiset vaakasiteet. Lahotarkastusten antamien tietojen puitteissa ne kannattaa vaihtaa kaikki kerralla teräksisiin. Vaihtaminen kannattaa tehdä jo silloin, kun ensimmäiset lahotapaukset löytyvät, koska teräksiset vaakasiteet ovat huoltovapaita. On olemassa teleskooppimallisia vaakasiteitä, joita kannattaa nykyään käyttää, koska ne saadaan puolet lyhyemmiksi kuljetuksen ajaksi ja ovat helpot käsitellä. Vaakasiteiden vaihto ei vaadi käyttökeskeytystä.

### **7.5 Eristinyksiköiden vaihto**

Eristinyksiköiden vaihto vaatii aina käyttökeskeytyksen. Tästä johtuen on saman keskeytyksen aikana tarkoituksenmukaista suorittaa myös muita töitä. Tällaisia töitä voivat olla mm. käyttöön jäävien eristinyksiköiden puhdistus, u-pulttien (kiinnittää eristinketjun orteen) kunnan tarkastus tai pylväsjalaille tehtävät korjaukset.

Eristinyksiköiden vaihtoa pyritään tavallisesti lykkäämään, mikäli tiedossa on lähiaikoina suoritettavia käyttökeskeytyksen vaativia töitä; yllämainittujen lisäksi tyypillinen esimerkki voisi olla virtaköysien vaihto paksumpiin. Rikkoutuneet eristinyksiköt eivät ole tavallisesti akuutteja korjaustoimenpiteitä vaativia vikoja, sillä 110 kV-jännitetasolla käytössä oleva eristinketju kestää usean eristinlautasen rikkoutumisen lyömättä vielä läpi.

### **7.6 Maadoitustyöt**

Maadoitukseen liittyviä töitä ovat esimerkiksi lisämaadoitusten teko ja katkenneen maadoitusjohtimen vaihto. Lisämaadoitusten teosta on kerrottu aiemmin kohdassa 5.6 Lisämaadoitusten teko.

Maadoitusjohtimen katkeaminen on varsin yleinen ongelma. Maadoituskupari saattaa katketa pylväsjalan ja maan välistä helposti esimerkiksi metsäteiden varsilla ja pelloilla. Asentajien työtunteihin menee tietenkin tämän takia verkkoyhtiöltä paljon rahaa. Asian voisi korjata asentamalla uusiin linjoihin jokaiseen tai ainakin herkimpiin pylväisiin, maadoituskuparille suojakourun. Vanhoihin pylväisiin tällaisen voisi asentaa

aina viallisen kuparin korjauksen yhteydessä, tai pylväisiin joiden huoltohistoriasta löytyy tällaisia vikatapauksia. Tällainen kouru on halpa investointi, eikä sitä tarvitsisi kaivaa kuin esimerkiksi 20 cm syvyyteen paikasta riippuen. Suoja jaettaisiin kahteen osaan siten, että välille jäävästä ”tarkastusaukosta” voisi esimerkiksi sormella vetämällä tarkistaa maadoitusjohtimen jatkuvuuden helposti ja nopeasti. Korjausryhmä tarvitsisi tähän tehtävään tarvikkeiksi ainoastaan kupariliittimiä, suojakourun, lapion, 16 neliösenttimetrin kuparia ja asiaan sopivat leikkurit. Tämä tehtävä sopisi hyvin teetettäväksi esimerkiksi maadoitusmittausten yhteydessä.

## **8 JOHDON PURKU**

110 kV alueverkon linjaosuudet eivät ole ikuisia: ennemmin tai myöhemmin ne tul- laan purkamaan. Purkupäätöksen tekemiseen vaikuttavat yhdessä linjan kunto ja käyt- tötarve. 2010-luvun ympäristötietoisuus on mukana tällä osa-alueella: purkujäte tulee mahdollisuuksien mukaan uusiokäyttää tai asianmukaisesti jatkokäsitellä.

### **8.1 Johdon käyttötarve**

110 kV linja voi jäädä joskus kokonaan tarpeettomaksi. Tällainen tilanne voi tulla vastaan esimerkiksi tehtaan tai sähköaseman poistuessa käytöstä. Tällaisissa tapauk- sissa on syytä tarkastella voisiko johdolle olla tulevaisuudessa jotakin käyttöä. Johdon purkamista on kuitenkin harkittava tarkkaan, sillä johdon purku tarkoittaa myös lunas- tusoikeuden raukeamista. Mikäli jälkikäteen johdolle ilmaantuu käyttöä, on johdon purku, linjakadun uudelleen lunastaminen ja uuden linjan rakentaminen todella raskas prosessi verrattuna vanhan käyttämättömän linjan saneeraukseen toimintakuntoiseksi. JSE ei ole vielä luopunut yhdestäkään lunastamastaan linjan maa-alueesta, vaikka sillä onkin tätä kirjoittaessa hallinnassa yksi käyttämätön linjaosuus: Aittasuo-Joroinen /1./

### **8.2 Uuden johdon suunnittelu entisen tilalle**

Johdon ylläpitokustannusten ja häviöiden lähestyessä kriittistä pistettä, voidaan alkaa harkita vanhan linjan purkua ja uuden rakentamista tilalle. Vuonna 2011 JSE:n alue- verkkoon rakennettavan 110 kV linjan eliniäksi arvioidaan noin 40 vuotta, mutta käy- tännössä käyttövuosia on noin 60. Näiden lukujen perusteella voidaan arvioida johdon

saneeraustarvetta ennen purkua. Erilaisilla linjatyypeillä on omat ominaisvikansa, jotka tulee huomioida uuden johdon rakentamisperusteissa /1./

Raskaampien virtaköysien vaihto vanhaan linjaan yhdistettynä kohonneisiin ylläpito-kustannuksiin voisi olla esimerkkitilanne uuden johdon rakentamisperusteesta vanhan tilalle. Uuden johdon rakennus vanhalle johtoaukealle on varsin nopeaa ja helppoa, sillä vanha lunastus säilyy voimassa, eikä uusia lupia tai lausuntoja tarvita. Poikkeuksen muodostavat peltoaukealla sijaitsevat pylvää, sillä näistä on erikseen sovittu maanomistajan kanssa erilliskorvaus. Pylvään siirtyessä esimerkiksi aikaisempaa hankalampaan paikkaan, on syytä sopia uudesta korvauksesta tai kompensoinnista esimerkiksi jonkun pylvään poiston muodossa. Tätä kirjoittaessa muutamalla urakoitsijalla on käytössään laitteet, joilla voi maastossa liikkeessä tarkistaa mahdollisuudet pylvään siirtoon peltoalueilla /1./

Lisälunastus tulee tarpeelliseksi silloin, jos vanhan pellolla sijaitsevan linja-aukean lunastuksessa ei ole lunastettu reunavyöhykkeitä. Nykyinen käytäntö JSE:llä on, että myös reunavyöhykealueet lunastetaan tällaisilta alueilta, sillä nykyiset pellot voivat tulevaisuudessa kasvaa metsää. Tällainen lisälunastus ei ole suuri operaatio ja se sujuu tyypillisesti ongelmitta /1./

### **8.3 Purkaminen ja purkujätteen kierrätys**

Purkaminen suunnitellaan aina linjakohtaisesti purkajaurakoitsijan tai tilaajan toimesta. Purkamisen suunnittelu on tärkeää siksi, että maastossa suoritettavat työt sujuisivat mahdollisimman sujuvasti ja turvallisesti. Ensimmäisenä otetaan alas johtimet ja köydet, jonka jälkeen pylväs lasketaan alas osien irrottamista varten /5./

Tavallisesti puretusta (puuporttaali)linjasta jäävät kierrätettäväksi sinkityt teräsosat. Ennen kierrätystä sinkki täytyy poistaa teräsosista, mikä hieman heikentää kierrätyksen kannattavuutta. Kreosootilla kyllästetyt pylvää ovat ongelmajätettä, jonka voi hyödyntää energiantuotannossa. Tämä tapahtuu hakettamalla pylvää ja polttamalla hake korkeassa lämpötilassa jätteenpolttolaitoksessa /5./

Hyväkuntoiset johtimet ja eristinvarusteet voidaan hyödyntää uusien linjojen rakentamisessa tai vanhojen korjauksessa. Eristinvarusteista voidaan tavallisesti hyödyntää

kaikki muu paitsi posliinieristeet. Luonnollisesti ympäristö kuitenkin kuormittaa osaa eristinvarusteista nopeammin. Kaikki purettavat ja uusiokäyttöön suunnitellut osat tulee silmämääräisesti tarkistaa ja erottaa huonokuntoiset kierrätettäviksi /5./

Johtimet voidaan yleensä uusiokäyttää sellaisenaan, sillä ne kuluvat vain kannatuspidikkeen kohdalta ympäristön vaikutuksen vuoksi. Hankaus kannatuspidikettä vasten voi aiheuttaa säievikoja, jotka voidaan korjata säiepuikkokorjaussarjalla. Puretun ja uusiokäytettävän johtimen poikkipinta-ala voi kuitenkin olla moniin kohteisiin riittämätön, mikä tulee ottaa huomioon suunnittelussa /5./

## 9 RISKIANALYYSI

Riskianalyysin tavoitteena on asettaa kunnossapidon näkökulmasta tärkeysjärjestykseen JSE:n hallinnoimat 110 kV alueverkon johto-osuudet. Tämän järjestyksen avulla on mahdollista esimerkiksi arvioida huoltotoimenpiteiden kohdistamista. Riskianalyysissämme olemme halunneet vertailla linjoja toistensa kanssa olennaisiksi näkemiemme osa-alueiden perusteella, jotka ovat tarkemmin yksilöitynä omien otsikkojensa alle alempana. Linjoja olisi helppo vertailla esimerkiksi pelkän siirrettävän tehon perusteella, mutta kokonaiskuvan saamiseksi on välttämättä otettava huomioon myös muita tekijöitä. Riskianalyysi ei siis kuvasta vain johto-osuuden todennäköisyyttä vikaantua vaan siinä on otettu huomioon myös mahdollisen tapahtuvan vian aiheuttamat seuraukset.

Taulukko 1 sisältää johto-osuudet kategorioituna kolmeen pääryhmään riskin mukaisesti. ”Korkea”-otsikon alla on eniten riskiä sisältävät johto-osuudet lueteltuna suurimmasta pienimpään. ”Keski”-otsikon alla ylimpänä oleva johto-osuus on vähemmän riskialtis kuin ”Korkea”-otsikon alin johto-osuus; vastaavasti myös ”Matala”-otsikko noudattaa samaa kaavaa. Korkeimman riskin omaava johto-osuus on siis ”Korkea”-otsikon alla ylimpänä ja vastaavasti pienimmän riskin sisältävä ”Matala”-otsikon alla alimpana.



**TAULUKKO 1.** Riskianalyysin tulokset

<b>Korkea</b>	<b>Keski</b>	<b>Matala</b>
Juva-Tammenlahti	Savonlinna-Kyrönniemi	Rauvanniemi-Savonranta
Visulahti-Sairila	Hoho-Lieve	Metsolahti-Toivakka
Sairila-Survaanniemi	Aholahdi-Kuusniemi	Talanniemi-Laukunkangas
Mikkeli-Visulahti	Juva-Vehmaa	Särkemäki-Kieppi
Juva-Visulahti	Mäntyharju-Kuortti	Iskola-Kulennoinen
Kauppila-Kangasniemi	Hyötynen-Haukivuori	Joutsa-Tammijärvi
Kangasniemi-Joutsa	Kallislahti-Sulkava	Haravanniemi-Taipale
Kallislahti-Aholahdi	Anianniemi-Anttola	Aittasuo-Joroinen
Siikasaari-Vaajakoski	Huuha-Hankasalmi	

Riskianalyysissä keskityimme luomaan jokaiselle johto-osuudelle erikseen riskiarvon. Tämä riskiarvo perustuu erilaisiin luokituksiin, joilla johto-osuuksien ominaisuuksia voi arvioida. Alla on lueteltuna kategorioittain millä perusteella mikäkin kategoria on arvosteltu. Jokainen kategoria on saanut arvon välillä 1-4 siten, että pienempi numero ilmaisee korkeampaa riskiä ja korkeampi numero pienempää riskiä. Jokaisen kategorian kohdalla on todettu sen saama painoarvo prosentteina loppuarvolle; kaikki kategoriat eivät siis ole yhtä tärkeitä loppuarvon muodostamisessa. Iskola-Kulennoinen – johto-osuudella on syytä huomioida, että huipputeho ja vuosienergiat ovat arvioita.

### **9.1 Vuosienergia**

Käytössämme oli johto-osuuksien siirtämät vuosienergiatiedot, joista siis nimensä mukaisesti selviävät linjojen kautta kulkevat vuotuiset energiamäärät (liite 4(1)). Tämä tieto kuvaa mielestämme hyvin sitä, kuinka oleellinen johto-osuus on alueverkossa. Energiakategoriat on annettu siten, että keskiarvon ollessa 54,3 GWh (painottamaton keskiarvo), on keskiarvo jaettu sekä kerrottu kahdella ja näin saatu kategoria-arvoiksi taulukossa 2 näkyvät arvot. Vuosienergia-arvo muodostaa 15 % arvioinnista.

**TAULUKKO 2.** Vuosienergia /1/

<b>Energia (GWh/a)</b>	<b>Kategoria</b>
	4
27,15	
	3
54,3	
	2
108,6	
	1

## 9.2 Maksimiteho

Maksimiteho on megawatteina (MW) ilmaistuna se luku, jolloin johto-osuus on kovimmalla kuormituksellaan (liite 4(1) ja 4(2)). Tällaisia tehopiikkejä voi syntyä esimerkiksi talvipakkasilla, jolloin tarve lämmityssähkölle on suuri. Maksimiteho kuvaa mielestämme hyvin johdon hetkellistä tärkeyttä, mutta saattaa antaa kokonaiskuormitusta ajatellen vääristyneen kuvan johdon käytöstä; tästä syystä se on erillisenä arviointikriteerinä. Jaoinme kategoriat taulukon 3 mukaisesti. Tehokategorialle olemme antaneet painotukseksi 15 %.

**TAULUKKO 3.** Maksimiteho /1/

<b>Maksimiteho (MW)</b>	<b>Kategoria</b>
	4
6,82	
	3
13,64	
	2
27,28	
	1

## 9.3 Kuormitus

Kuormitusosuutta tarkastelimme johdon syöttämän kuormituksen laatua (liite 4(2) ja 4(5)). Laadulla tarkoitamme tässä yhteydessä sitä, että tarkastelimme onko syötettävänä esimerkiksi maaseutua vai keskeytymätöntä sähkönsyöttöä vaativaa teollisuutta. Tässä kategoriassa on syytä painottaa, että arvioinnin ovat suorittaneet tämän opinnäytetyön tekijät eikä niitä näin ollen ole syytä esimerkiksi jatkokäyttää sellaisenaan. Alla käyttäjäkategoriat:

1. Kaupunki, keskeytymätöntä sähkönsyöttöä vaativa teollisuus, isot voimalaitokset
2. Iso taajama, keskeytyksen salliva teollisuus
3. Pieni taajama
4. Maaseutu

Käyttäjät ovat tärkeysjärjestyksessä: 1 tärkein, 4 vähiten tärkeä. Liitteestä 1 selviään tarkemmin, millaista kuormaa johto syöttää. Kuormituskategorian olemme painottaneet 20 % mukaan.

#### 9.4 Linjan pituus

Yksinkertaistettuna voidaan todeta, että mitä enemmän johtoa, sitä enemmän vikaaltista pinta-alaa. Tässä osuudessa kirjasimme linjan pituuden ja jaoimme kategorioihin sen perusteella (liite 4(2) ja 4(3)). Huomioitavaa on se, että olemme suorittaneet jaon ainoastaan pituuden perusteella, emmekä näin ollen ottaneet huomioon esimerkiksi erilaisia pylväsrakenteita (teräs, puuporttaali..), harusrakenteita tai muita rakenteellisia tai maastollisia ominaisuuksia. Jaon rajat löytyvät taulukosta 4. Linjan pituus on painotettu loppuarvossa 15 % verran.

**TAULUKKO 4.** Johdon pituus /1/

Linjan pituus (km)	Kategoria
	4
8	
	3
15,9	
	2
31,9	
	1

#### 9.5 Rakentamisvuosi

Laskimme kaikkien 110 kV linjojen painottamattoman keskiarvon johdon iän perusteella. Rakennusvuoden perusteella jaoimme johtimet neljään kategoriaan (liite 4(3)). Pylväiden rakennusvuosi on oleellinen siksi, että johto-osuudet ovat jatkuvasti säiden

armoilla ja näin ollen ne oikein huollettunakin kuluvat ajan saatossa. Esimerkiksi kreosootilla kyllästettyjen pylväiden lahoaminen ajan myötä on väistämätöntä ja yksittäiset pylväänvaihdotkaan eivät korjaa täysin kokonaistilannetta. Johto-osuuden peruskorjaus sisältää esimerkiksi vaakasiteiden vaihtoa, mutta uutta vastaavaksi ei peruskorjauksella johto-osuutta saa. Olemme kuitenkin huomioineet mahdollisen peruskorjauksen suorittamisen nostamalla peruskorjatun johto-osuuden kategoriaa yhdellä. Mielestämme tällä toimenpiteellä otetaan riittävässä laajuudessa huomioon laskenut vikaantumisriski korjatulla osuudella. Kategorialuokitteluperusteet löytyvät taulukosta 5. Iän vaikutusta olemme painottaneet 15 %.

**TAULUKKO 5.** Ikäkatgoria /1/

<b>Rakentamisvuosi</b>	<b>Kategoria</b>
	1
1970	
	2
1980	
	3
1990	
	4

## 9.6 Korvattavuus

Korvattavuudella olemme halunneet arvioida kuinka hyvin linjassa aiheutuneen vian pystyy korvaamaan huippukuormituksen aikana. Emme ota tässä kantaa siihen, millä kautta korvaus tapahtuu eli rengassyötön kautta tapahtuva korvaaminen on samanarvoista 20 kV linjojen kautta korvaamisella.

Korvattavuuden arviointikriteereiksi olemme ottaneet korvattavuuden nopeuden ja keskeytyksen kokevan alueen koon. Karkeasti sanoen esimerkiksi pienen alueen kokeva, nopeasti korvattava katkos saa suuremman korvattavuusluvun kuin hitaasti korvattava suuri alue.

Liitteessä 4(4) ja 4(6) on luetteloitu eri linjaosuudet, niiden korvattavuusmenetelmät ja vikaantumisen aiheuttaman keskeytyksen kokevat alueet karkeasti. Näiden tietojen perusteella olemme asettaneet linjat korvattavuuden mukaan järjestykseen.

Linjojen korvattavuutta arvioidessamme jouduimme jakamaan osan johto-osuuksista hieman pienempiin osiin kuin riskianalyysin lopputuloksissa. Teimme näin siksi, koska joihinkin johto-osuuksiin on muodostettu jakorajoja, jotka helpottavat vikojen rajaamista pienemmille alueille. Lopputulokseen olemme näistä muutamasta poikkeuksesta laskeneet painottamattoman keskiarvon.

Korvattavuus on kuormituksen tapaan vaikeasti arvosteltava ominaisuus, sillä saadut arvot perustuvat työryhmän näkemyksiin. Näitäkään arvoja ei siis tule jatkokäyttää tällaisenaan ja ne ovat tarkoitettu vain tässä työssä suoritettavan riskianalyysin tarpeita varten. Korvattavuutta olemme painottaneet lopputuloksessa 20 % verran.

## **10 LOPPUPÄÄTELMÄT**

Loppupäätelmät on jaettu kahteen osioon niiden eriävien sisältöjen vuoksi. Ne sisältävät tulokset, jatkotoimenpide-ehdotukset ja työryhmän omia tuntemuksia tämän opinäytetyön luomisesta.

### **10.1 110 kV elinkaaren loppupäätelmät**

Työmme kattaa perustiedot 110 kV elinkaaresta aina rakentamistarpeen pohtimisesta purkujätteen jatkokäsittelyyn asti. JSE:llä ei aiemmin ole ollut tiedossa perusteita kertovaa tietolähdettä, joten katsomme työn tulleen todelliseen tarpeeseen. Vaikka työn eräät osa-alueet, varsinkin tietotekniikkaan liittyen, tulevat suurella todennäköisyydellä vanhenemaan nopeasti, ovat erityisesti esisuunnittelu- ja suunnittelutyövaiheet pysyneet jo useita vuosia samankaltaisina. Luonnollisesti on myös mahdollista, että lainsäädännölliset muutokset vanhentavat työn aikanaan. Näistä pienistä puutteista huolimatta uskomme työn olevan käytössä tietolähteenä vielä pitkään. Emme myöskään näe mahdottomana, että työtä käyttäisivät urakoitsijat, jotka haluavat paremmin selvillä urakoiden taustoista ja urakoitsijan valintaperusteista.

Meille työn kirjoittaminen oli varsin antoisa kokemus. Työtä tehdessä kertautuivat vanhat töissä opitut asiat ja uudet aihealueet tuntuivat täydentävän pohjatietoja järkeenkäyvällä tavalla. Selvää on, että koko työn sisällön täydellinen hallitseminen ei ole mahdollista ilman vuosia kestävästä työkokemuksesta, mitä kumpikaan työryhmän jäsenistä ei toistaiseksi sähkönsiirron alueelta omaa. Tietojen kasaaminen eri lähteistä

oli ajoittain hankalaa, sillä informaatio on usein vanhentunutta tai tietoa ei yksinkertaisesti löytynyt kirjallisista lähteistä. Asiantuntijoiden haastattelut olivat myös verrattain haastavia, sillä aikataulujen sopeutus oli toisinaan hankalaa ja ajatuksella sähköpostiedusteluihin vastaaminen vaatii yllättävän paljon aikaa. Kokonaisuutena katsoimme työn onnistuneen odotusten mukaisesti.

Ennalta oli arvattavissa, että tämä opinnäytetyö tulee paljastamaan monta seikkaa, jotka vaativat jatkoselvitystä esimerkiksi uusien opinnäytetöiden muodossa. Näiden seikkojen tutkiminen olisi epäilemättä myös JSE:n edun mukaista, koska selvitysten perusteella on mahdollista löytää esimerkiksi entistä tehokkaampia menetelmiä huoltoon liittyen.

Kuten kappaleessa 2.3 Sähköaseman tarve todetaan, tärkein syy 110 kV alueverkon rakentamiselle on uuden sähköaseman rakentaminen. Sähköasema on varustettava nopealla tietoliikenneyhteydellä, jotta kiskokatkaisijoiden, erottimien jne. kaukokäyttö käyttökeskuksesta onnistuu nopeasti ja varmasti. Mikäli ei ole erityistä syytä käyttää laajakaista- tai vastaavia tiedonsiirtopalveluja tuottavaa yritystä yhteyden saamiseksi, on OPGW:n rakentaminen tarpeellista 110 kV alueverkon uutta haaraa rakennettaessa. Kuidun käyttö voi olla perusteltua myös sillä perusteella, että rakennettavan/saneerattavan linjan kuitu toimii yhdistävänä tietoväylänä mahdollisesti myöhemmin rakennettavalle johtohaaralle. Suositamme jatkoselvityksiä kuidun vuokrausmahdollisuudesta laajakaistaoperaattoreille.

3D-kuvauksen hyödyntäminen 110 kV:n linjojen suunnittelu- ja tarkastustoimenpiteissä vaikuttaa mielestämme lupaavalle. Menetelmällä voidaan todennäköisesti pienentää tarkastuskustannuksia ja saada aiempaa tarkempaa tietoa johdon kunnosta. Jos 3D-kuvaaminen todetaan toimivaksi tarkastusmenetelmäksi, on mahdollista, että se tulee korvaamaan lentotarkastuksen lähitulevaisuudessa. JSE:n kannattaa etsiä ja testata aktiivisesti uusia tarkastusmenetelmiä linjoilleen, koska tämä edesauttaa tekniikan kehittymistä tällä saralla. Suositammekin tarkemman selvityksen tekoa 3D-kuvaukseen liittyen.

Perustarkastusten puuttuminen JSE:n alueverkon huoltotoimenpiteistä nousi työn aikana esille. Perustarkastuksien lisääminen huoltotoimenpiteisiin parantaisi mielestämme turvallisuutta ja siirtovarmuutta. Suosittelemme perustarkastusten suorittamista

alueverkon linjoille harvennetuin väliajoin, esimerkiksi kahdeksan vuoden välein. Lisäksi lahotarkastusten aikaväliä voisi lyhentää. Tällä tavalla lahot pylväävät paljastuisivat nopeammin.

Uusien kevyiden johtoratkaisujen (esim. slimline) tutkiminen ja kehittäminen olisi suotavaa. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että myös JSE:n alueverkon alueelle rakennetaan tuuli- ja/tai aurinkopuistoja, jotka hyödyntävät 110 kV siirtojännitettä. Uusien johtoratkaisujen avulla nämä siirtolinjat voitaisiin rakentaa kustannustehokkaasti ja ympäristöä ajatellen.

Suosittamme jatkoselvitystä taloudellisesta tarkastelusta vanhan johdon ylläpidon ja uuden rakentamisen välillä. JSE:n alueverkon ikääntyessä tulee entistä oleellisemmaksi suorittaa saneeraustoimenpiteet oikeaan aikaan. Tällä voidaan saada merkittäviä säästöjä tinkimättä siirtovarmuudesta tai turvallisuudesta.

Esitämme PDA-laitteen käyttöönoton mahdollisuuden selvittämistä kunnossapidon modernisoimiseksi. Mahdollisuuksien mukaan tässä suunnittelussa tulisi olla yhteistyössä Suur-Savon Sähkötyö Oy:n ja muiden urakoitsijoiden kanssa, jotta laitteista ja niiden käyttämisestä tietokannoista saisi yhteensopivat. PDA-pohjainen huoltotoiminta vähentäisi merkittävästi maastossa tehtäviä paperitöitä ja mahdollistaisi nopeat päivitykset linjan tietoihin. Laitteesta voisi myös esimerkiksi nähdä edellisten tarkastusten huomionarvoiset asiat ja näin esimerkiksi lahotarkastajilla olisi käytössään yleistarkastajien kirjoittamat tiedot. Maadoitusmittausten tulokset olisi myös mahdollista kirjata suoraan tietokantaan hankalien ja helposti vahingoittuvien paperilappujen sijaan. Urakoitsijoille voisi tarpeen mukaan avata ja poistaa käyttöoikeuksia tietokantaan, riippuen esimerkiksi tarjouskilpailun tuloksista.

Tällä hetkellä käyttämättömänä oleva Aittasuo-Joroinen –johto-osuus olisi mielestämme syytä purkaa ja purkujäte uusiokäyttää mahdollisuuksien mukaan. Tätä suosittelemme muun muassa siksi, että mielestämme ympäristöön ei tulisi unohtaa käyttökelpoista materiaalia. Lisäksi linja olisi esteettisistä syistä hyvä purkaa; tämän lisähyötynä olisi myös positiivinen julkisuus, sillä JSE:n kuva vastuunsa kantavana energia-yhtiönä vahvistuisi etenkin linjan läheisyydessä asuvien silmissä.

Pylväsjalkojen vaihdon yhteydessä olisi helppoa toteuttaa tunnustekylttien lisäys pylväsrakenteisiin, jotka sijaitsevat niin epäselvällä paikalla tai niin lähekkäin, että linjojen sekoittuminen on mahdollista. Tunnustekyltissä on ilmoitettu linjalle annettu väri, pylvään numero, linjan nimen lyhenne, ja yleensä neljä tai viisinumeroinen pylvään tunnusnumero. Pylväiden kunnossapitotaulukkoon on merkitty linjan väritieto, jolloin asentaja näkee sen sieltä. Tien yli kulkevien linjojen pylväiden numerot olisi tielle päin suunnattujen kylttien avulla nopea havaita. Tunnustekylttien lisäyksellä olisi mahdollista esimerkiksi alentaa linjan huoltokustannuksia. Tunnustekyltin esimerkkikuva on liitteessä 2.

Pylvästä alas tulevat maadoituskuparit olisi syytä suojata pelloilla ja teiden varsilla noin puolen metrin pituisilla suojakouruilla. Suojakourut vähentäisivät maadoitusjohdinten katkeamista juurestaan merkittävästi. Lisäksi pelloilla voisi siirtyä käyttämään vahvempia harusmerkkejä, koska pellolla laidunnettavilla eläimillä on tapana kuluttaa harusmerkkejä hankaamalla. Kourujen asennus ja harusmerkkien vaihto olisi järkevintä toteuttaa jonkun tarkastuksen yhteydessä.

## **10.2 Riskianalyysin loppupäätelmät**

Teimme riskianalyysin JSE:n hallinnoimista alueverkon osuuksista. Riskianalyysin lopputulokset olivat mielestämme varsin mielenkiintoiset, sillä odotimme riskianalyysin tulosten kertovan suurimmista riskeistä Savonlinnan kaupunkialueella. Numeeriset loppuarvot löytyvät liitteestä 4(4). Lähinnä suurten siirrettävien tehojen ansiosta linjaosuudet Juvan ja Mikkelin lähiympäristöissä saivat korkeimmat analyysitulokset. 400 kV muuntoaseman läheisyys voi olla merkittävä seikka tehoihin liittyen. Kuitenkin korostamme, että riskianalyysin tulokset ovat vertailukelpoiset ainoastaan listattuihin johto-osuuksiin nähden, eikä niitä pidä soveltaa sellaisenaan esimerkiksi kantaverkolle tai toisen siirtoyhtiön alueverkon johtoväleille.

JSE:n käyttöön luovutettavan Excel-taulukon avulla on mahdollista vertailla myös uusia, listaamattomia linjoja riskipitoisuuden kannalta jo olemassa oleviin linjoihin nähden. Käytetyt arviointiperusteet selviävät liitteen 4 osioista. Riskianalyysiä voi teoriassa suorittaa jopa vasta suunnitteilla olevalle johdolle, mutta tällöin on kyettävä arvioimaan suhteellisen luotettavasti suunnitellun linjan huipputeho ja vuosienergia.



Erityistä huomiota huolto- ja saneeraustoimiin tulisi mielestämme kiinnittää ”Korkea”-otsikon alla oleviin johto-osuuksiin. Tällä tavoin voidaan em. toimenpiteillä saada maksimaalinen hyöty, koska toimet kohdentuvat kokonaismerkityksiltään tärkeimpiin johto-osuuksiin.

Haluamme kuitenkin painottaa, että vaikka ”Matala”-otsikon alla olevat linjaosuudet ovatkin näkemyksemme mukaisesti vähemmän riskiä sisältäviä, ei niiden huoltotoimenpiteitä tule kuitenkaan laiminlyödä.

Aittasuo-Joroinen –linjaosuuden tulos oli odotettu, sillä linja ei ole enää käytössä eikä näin ollen tarvitse suuria huoltotoimenpiteitä.

Jatkossa riskianalyysiä on mahdollista samoin periaattein soveltaa myös muille jännitetasolle JSE:n hallinnoimassa sähköverkossa. Ymmärrettävästi jakeluverkkoon siirtäessä lisääntyy työn määrä riskianalyysin suorittamiseksi, joten analyysin suorittamisella saavutettava hyöty voi kustannuksiin nähden olla kannattamatonta. Riskianalyysimme hyviin puoliin kuuluu helppo laajennettavuus ja muutettavuus. Erilaisia arviointikriteerejä ja niiden kertoimia voi lisätä ja painottaa tarpeen mukaan.

## LÄHTEET

/1/: Järvi-Suomen Energia Oy. Haastattelut 2009-2011.

/2/: INSKO 1990. DI Pentti Salomaa. Jakelusähkölaitoksen yleissuunnittelu. Moniste.

/3/: Optical ground wire. 2010. WWW-dokumentti.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_ground\\_wire](http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_ground_wire). Päivitetty 8.8.2010. Luettu 20.12.2010.

/4/: INSKO 1990. DI Erkki Vilen. 110 kV:n pylvää ja perustukset. Moniste.

/5/: Voimatel Oy. Haastattelut 2010-2011.

/6/: INSKO 1990. DI Ilkka Alm. Voimajohdon suuntatutkimus. Moniste.

/7/: INSKO 1990. Varat. Pekka Suikkari. Johtoalueiden hankinta. Moniste.

/8/: INSKO 1990. Rak.ins. Harri Osara. Johdon rakentaminen. Moniste.

/9/: Fingrid Oy 1998. Voimajohdot ja magneettikentät. Helsinki: K-Print Oy.

/10/: INSKO 1990. Ins. Juhani Ahonen. Kunnossapito. Moniste.

/11/: Fingrid Oy 2007. Reunapuiden käsittely voimajohtoalueilla.

/12/: Fingrid Oy 2005. Naapurina voimajohto. Loimaa: Primus Paino Oy.

/13/: INSKO 1990. DI Ilmo Nousmaa. Eristimet, ukkosjohtimet, maadoitukset. Moniste.

/14/: FCG Planeco Oy 2009. Ristiina-Mustalampi 110 kV johto, luontoselvitys.

/15/: Eltel Networks Oy 2009. Ristiina-Mustalampi 110 kV Ympäristöselvitys.

/16/: Kymenlaakson Sähkö Oy. Haastattelut 2011.

/17/: SFS 6001 2009. 9.8 Maadoitusjärjestelmien tarkastus ja valvonta.

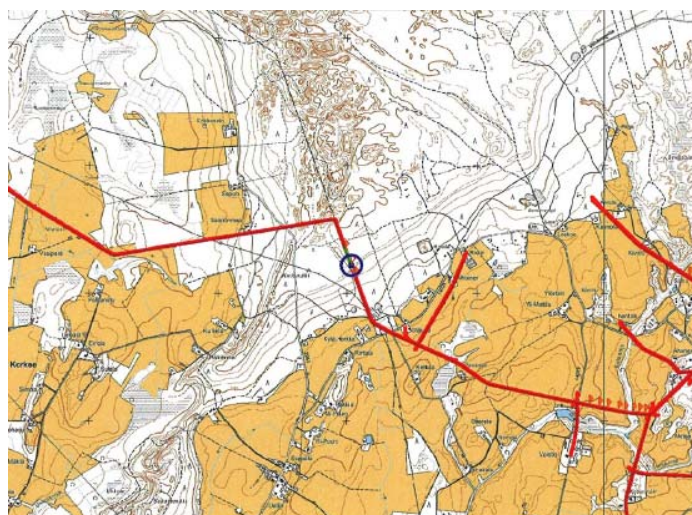
/18/: Sähköturvallisuuslaki (410/96). WWW-dokumentti.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517>. Ei päiväystietoa. Luettu 28.3.2011.

**LIITE 1.**

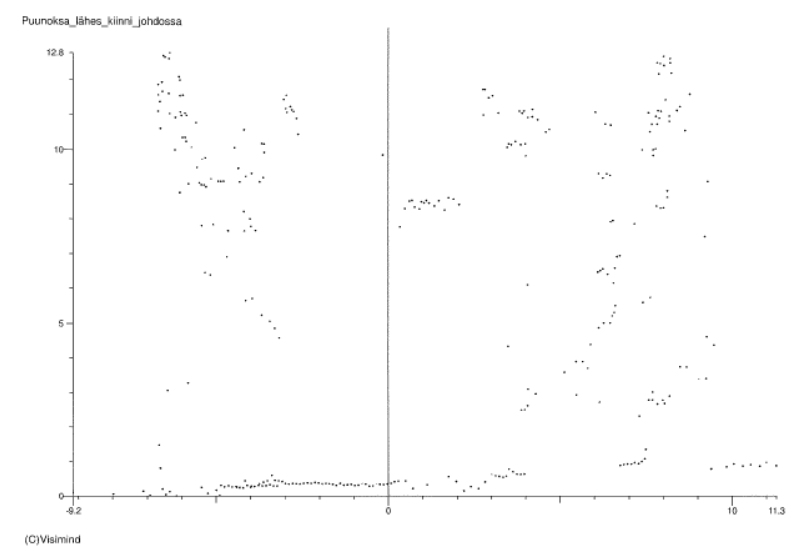
**3D-kuvauksen liitteet**



Kuva 1.



Kuva 2.



Kuva 3.

**LIITE 2.**  
**Tunnistekyltti**





**LIITE 4(1).**  
**Riskianalyysin liitteet**

<b>Johdon nimi</b>	<b>Vuosienergia(GWh)</b>	<b>Energiakategoria</b>	<b>Maksimiteho (MW)</b>
Juva-Tammenlahti	157,3	1	37
Aittasuo-Joroinen	0	4	0
Hoho-Lieve	45,6	3	11
Siikasaari-Vaajakoski	12,4	4	4
Mikkeli-Visulahti	121,6	1	31
Visulahti-Sairila	149,5	1	32
Sairila-Survaanniemi	88,8	2	25
Kauppila-Kangasniemi	134,9	1	35
Juva-Vehmaa	39,1	3	8
Kangasniemi-Joutsa	58	2	20
Kallislahti-Aholahti	105,5	2	32
Hyötynen-Haukivuori	20,5	4	5
Mäntyharju-Kuortti	32,9	3	7
Huuha-Hankasalmi	42,6	3	9
Kallislahti-Sulkava	31,2	3	8
Aholahti-Kuusniemi	70	2	20
Rauvanniemi-Savonranta	16,3	4	4
Joutsa-Tammijärvi	16,3	4	4
Anianniemi-Anttola	28,5	3	6
Talanniemi-Laukunkangas	18,7	4	5
Haravanniemi-Taipale	25,5	4	6
Särkemäki-Kieppi	35,8	3	8
Metsolahti-Toivakka	22,1	4	6
Savonlinna-Kyrönniemi	49,4	3	14
Juva-Visulahti	rengasverkossa	1	rengasverkossa
Iskola-Kulennoinen	35	3	4

**LIITE 4(2).**  
**Riskianalyysin liitteet**

<b>Johdon nimi</b>	<b>Tehokategoria</b>	<b>Kuormituskategoria</b>	<b>Linjan pituus (km)</b>
Juva-Tammenlahti	1	1	37,4
Aittasuo-Joroinen	4	4	0,7
Hoho-Lieve	3	2	2,9
Siikasaari-Vaajakoski	4	1	3,7
Mikkeli-Visulahti	1	1	5,1
Visulahti-Sairila	1	1	9,6
Sairila-Survaanniemi	2	1	42,6
Kauppila-Kangasniemi	1	1	29,9
Juva-Vehmaa	3	2	8,6
Kangasniemi-Joutsa	2	2	38
Kallislahti-Aholahdi	1	1	13,1
Hyötynen-Haukivuori	4	3	20,5
Mäntyharju-Kuortti	3	2	23,5
Huuha-Hankasalmi	3	3	9,3
Kallislahti-Sulkava	3	3	19,1
Aholahdi-Kuusniemi	2	2	5,8
Rauvanniemi-Savonranta	4	3	20,2
Joutsa-Tammijärvi	4	4	23,8
Anianniemi-Anttola	4	3	12,6
Talanniemi-Laukunkangas	4	4	16,7
Haravanniemi-Taipale	4	3	2,2
Särkemäki-Kieppi	3	4	3,6
Metsolahti-Toivakka	4	3	15,1
Savonlinna-Kyrönniemi	2	1	2,2
Juva-Visulahti	1	2	39
Iskola-Kulennoinen	4	3	9,2

## Riskianalyysin liitteet

Johdon nimi	Pituuskategoria	Rakentamisvuosi	Ikäkattegoria	Peruskorjaus
Juva-Tammenlahti	1	1950	2	1989
Aittasuo-Joroinen	4	1971	3	1984
Hoho-Lieve	4	1953	1	
Siikasaari-Vaajakoski	4	1962	1	
Mikkeli-Visulahti	4	1973	2	
Visulahti-Sairila	3	1964	1	
Sairila-Survaanniemi	1	1964	1	
Kauppila-Kangasniemi	2	1988	3	
Juva-Vehmaa	3	1966	1	
Kangasniemi-Joutsa	1	1968	2	1998
Kallislahti-Aholahdi	3	1972	2	
Hyötynen-Haukivuori	2	1977	2	
Mäntyharju-Kuortti	2	1977	2	
Huuha-Hankasalmi	3	1979	2	
Kallislahti-Sulkava	2	1981	3	
Aholahdi-Kuusniemi	4	1982	3	
Rauvanniemi-Savonranta	2	1983	3	
Joutsa-Tammijärvi	2	1984	3	
Anianniemi-Anttola	3	1985	3	
Talanniemi-Laukunkangas	2	1985	3	
Haravanniemi-Taipale	4	1987	3	
Särkemäki-Kieppi	4	1992	4	
Metsolahti-Toivakka	3	1998	4	
Savonlinna-Kyrönniemi	4	2002	4	
Juva-Visulahti	1	1949	1	
Iskola-Kulennoinen	3	2010	4	



<b>Johdon nimi</b>	<b>Korvattavuuskategoria</b>	<b>Loppuarvo</b>
Juva-Tammenlahti	2	1,350
Aittasuo-Joroinen	4	3,850
Hoho-Lieve	3	2,650
Siikasaari-Vaajakoski	2	2,550
Mikkeli-Visulahti	1	1,600
Visulahti-Sairila	2	1,500
Sairila-Survaanniemi	2	1,500
Kauppila-Kangasniemi	3	1,850
Juva-Vehmaa	4	2,700
Kangasniemi-Joutsa	3	2,050
Kallistahti-Aholahdi	4	2,200
Hyötynen-Haukivuori	2	2,800
Mäntyharju-Kuortti	4	2,700
Huuha-Hankasalmi	4	3,050
Kallistahti-Sulkava	3	2,850
Aholahdi-Kuusniemi	3	2,650
Rauvanniemi-Savonranta	3	3,150
Joutsa-Tammijärvi	4	3,550
Anianniemi-Anttola	2	2,950
Talanniemi-Laukunkangas	3	3,350
Haravanniemi-Taipale	4	3,650
Särkemäki-Kieppi	3	3,500
Metsolahti-Toivakka	2	3,250
Savonlinna-Kyrönniemi	2	2,550
Juva-Visulahti	3	1,600
Iskola-Kulennoinen	4	3,500

## Riskianalyysin liitteet

<b>Juva-Tammenlahti</b>	Syöttää Savonlinnaa ja sulkavaa. On rengasyhteydessä kantaverkon kautta.
<b>Aittasuo-Joroinen</b>	Joroisten sähköasema purettu. Johto varalla.
<b>Hoho-Lieve</b>	Iso taajama.
<b>Siikasaari-Vaajakoski</b>	Vaajakoskella iso voimalaitos.
<b>Mikkeli-Visulahti</b>	Visulahteen syöttö 400 kV linjasta. Mikkelin kaupunki takana.
<b>Visulahti-Sairila</b>	Pellosniemi, Anttola, Ristiina.
<b>Sairila-Ristiina</b>	Ristiina, Anttola ja Pellosniemi.
<b>Ristiina-Survaanniemi</b>	Yhteydessä kantaverkkoon, ei kulje tehoa, vika aiheuttaa keskeytyksen esim. Otavaan.
<b>Kauppila-Kangasniemi</b>	Johdon takana Kangasniemi, Kälä, Joutsa ja Tammijärvi.
<b>Juva-Vehmaa</b>	Keskeytyksen sallivaa teollisuutta (Ruokatehdas ym. liiketeollisuutta).
<b>Kangasniemi-Joutsa</b>	Johdon takana Kälä, Joutsa ja Tammijärvi.
<b>Kallisolahti-Aholahdi</b>	Syöttää Savonlinnan keskustaa ja tärkeää teollisuutta.
<b>Hyötynen-Haukivuori</b>	Pieni taajama.
<b>Mäntyharju-Kuortti</b>	Iso taajama.
<b>Huuha-Hankasalmi</b>	Pieni taajama.
<b>Kallisolahti-Sulkava</b>	Pieni taajama, paljon mökkiasutusta.
<b>Aholahdi-Kuusniemi</b>	Iso taajama, pienteollisuutta.
<b>Rauvanniemi-Savonranta</b>	Pieni taajama.
<b>Joutsa-Tammijärvi</b>	Maaseutu.
<b>Anianniemi-Anttola</b>	Pieni taajama.
<b>Talanniemi-Laukunkangas</b>	Haja-asutusta.
<b>Haravanniemi-Taipale</b>	Terveysthuoltopalveluja tukeva varajohto, taajaman reuna.
<b>Särkemäki-Kieppi</b>	Kuormitus voi tulevaisuudessa nousta Mäntyharjun kasvun vuoksi.
<b>Metsolahti-Toivakka</b>	Pieni taajama.
<b>Savonlinna-Kyrönniemi</b>	Keskeytymätöntä sähkönsyöttöä vaativa teollisuus.
<b>Juva-Visulahti</b>	Tärkeä yhteys, joka on rengasyhteydessä kantaverkon kautta.
<b>Iskola-Kulennoinen</b>	Pieni taajama.

## Riskianalyysin liitteet

Johto-osuuden nimi	Korvattavuus suurimman kuormituksen aikaan	Ohjattavuus
Juva-Kallislahti	110 kV varasyöttö Tammenlahden kautta. Aiheuttaa keskeytyksen Halttulan sähköasemalle, jonne varasyöttö 20 kV kautta.	Kauko
Kallislahti-Tammenlahti	Aiheuttaa keskeytyksen kantaverkkoon Huutokoski-Savonlinna välille. Rantasalmi saa lyhyen keskeytyksen; vika pystytään rajaamaan 110 kV erottimilla.	Käsin
Aittasuo-Joroinen	Ei käytössä.	
Hoho-Lieve	Takana Liepeen sähköasema, vika kantaverkkoon, voidaan korvata 95% ajasta 20 kV varasyötöllä.	Käsin
Siikasaari-Vaajakoski	20 kV varasyöttö Vattenfallilta sähköasemalle ja voimalaitokselle. Voimalaitoksella pikasulku. Ajan kanssa korvattavissa.	Käsin
Mikkeli-Visulahti	Keskeytyksen koko Mikkelin kaupunkiin, Pursiala pysähtyy. Vika pystytään rajaamaan 110 kV erottimilla.	Käsin
Visulahti-Sairila	Keskeytyksen Ristiinaan, Anttolaan, Pellokselle. Varasyöttö Survaanniemiä.	Käsin
Sairila-Anianiemi	Keskeytyksen Ristiinaan, Anttolaan, Pellokselle. Varasyöttö Survaanniemiä. Anttolaan varasyöttö 20 kV:n kautta	Käsin
Anianiemi-Ristiina	Keskeytyksen Ristiinaan, Anttolaan, Pellokselle. Varasyöttö Survaanniemiä. Viikoon varasyöttö 20 kV:n kautta	Käsin
Ristiina-Survaanniemi	Keskeytyksen kantaverkkoon. Keskeytyksen Otavaan, osaan Mäntyharjua. Korvattavissa osittain 20 kV ja 110 kV:lla	Kauko
Kaupilla-Kangasniemi	Keskeytyksen Kangasniemelle, Joutsaan ja Luhankaan. 110 kV vastasyöttö Vattenfallilta	Kauko
Juva-Vehmaa	Lyhyt keskeytyksen osaan Juvaa. Varasyöttö 20 kV.	Kauko
Kangasniemi-Joutsa	Keskeytyksen Kangasniemelle, Joutsaan ja Luhankaan. 110 kV vastasyöttö Vattenfallilta. 20 kV varasyöttö Kälän sähköasemalle.	Kauko
Kallislahti-Aholahdi	Keskeytyksen osaan Savonlinnaa. 20 kV varasyöttöjä.	Kauko
Hyötynen-Haukivuori	Keskeytyksen kantaverkkoon. Rajattava käsin kantaverkosta irti. Keskipitkä keskeytyksen Haukivuoren keskustaan ja Virtasalmelle.	Käsin
Mäntyharju-Kuortti	Korvattavissa 20 kV varasyötöllä 95% ajasta.	Kauko
Huuha-Hankasalmi	Aiheuttaa keskeytyksen kantaverkkoon. Korvattavissa 20 kV varasyötöllä 95% ajasta.	Kauko
Kallislahti-Sulkava	Lyhyt keskeytyksen osaan Savonlinnaa. Korvattavissa 20 kV varasyötöllä 90% ajasta.	Kauko
Aholahdi-Kuusniemi	Lyhyt keskeytyksen osaan Savonlinnaa. Korvattavissa 20 kV varasyötöllä.	Kauko
Rauvanniemi-Savonranta	Lyhyt keskeytyksen Kenmaelle. Savonrantaan 20 kV varasyöttö.	Kauko
Joutsa-Tammijärvi	20 kV varasyötöt Tammijärvelle.	Kauko
Anianniemi-Anttola	Keskeytyksen Ristiinaan, Anttolaan, Pellokselle. Varasyöttö Survaanniemiä. Anttolaan varasyöttö 20 kV:n kautta	Käsin
Talanniemi-Laukunkangas	Keskeytyksen Enonkoskelle ja Kelonharjuun. 20 kV varasyötöt. Keskeytyksen myös kantaverkkoon (Rantasalmi).	Kauko
Haravanniemi-Taipale	Keskeytyksen Suikakoskelle ja Taipaleelle (puolet Juvasta). 20 kV varasyöttö Taipaleelle. Haravanniemiä alueverkon rajaus (Suikakoskelle sähköt).	Kauko/käsin 110
Särkemäki-Kieppi	Keskeytyksen kantaverkkoon. Keskeytyksen Otavaan, osaan Mäntyharjua. Korvattavissa osittain 20 kV ja 110 kV:lla	Kauko
Metsolahti-Toivakka	Keskeytyksen kantaverkkoon (Lieve, Leppälähti) ja Toivakkaan. Rajattavissa 110 kV erottimilla.	Käsin
Savonlinna-Kyrönniemi	Keskeytyksen voimalaitokseen ja lastulevytehtaalle, kunnes vika korjattu	
Juva-Haravanniemi	Keskeytyksen Suikakoskelle ja Taipaleelle (puolet Juvasta). 20 kV varasyöttö Taipaleelle. Haravanniemiä alueverkon rajaus (Suikakoskelle sähköt).	Kauko/käsin 110
Haravanniemi-Visulahti	Keskeytyksen Suikakoskelle ja Taipaleelle (puolet Juvasta). 20 kV varasyöttö Suikakoskelle. Taipaleelle 110 kV käsin.	Kauko/käsin 110
Iskola-Kulennoinen	Kulennoisin 20 kV varasyöttö.	Kauko