

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Opinnäytetyö

Hannu Leppämäki

## **PIRKKALAN KUNNAN ALUEEN TAVOITEVERKKOSUUNNITELMA**

Työn ohjaaja Lehtori, Diplomi-insinööri Seppo Järvi

Työn teettäjä Vattenfall Verkko Oy

Tampere 2008

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Leppämäki Hannu

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Huhtikuu 2008

Hakusanat

Pirkkalan kunnan alueen tavoiteverkkosuunnitelma

78 sivua + 22 liitesivua

Lehtori, Diplomi-insinööri Seppo Järvi

Vattenfall Verkkoy, valvojana verkostosuunnittelija Kimmo Järvinen

Tavoiteverkkosuunnitelma, sähkönjakeluverkko, keskijänniteverkko

## Tiivistelmä

Tavoiteverkkosuunnitelma on pitkänaikavälin verkostosuunnitelma, jonka tarkoituksena on helpottaa ja tukea suunnittelijoiden tehtävää nyt ja tulevaisuudessa.

Pirkkalan kunnan alueen tavoiteverkkosuunnitelman tavoitteena oli saada mahdollisimman realistisia tietoja Pirkkalan tulevaisuudesta: teollisuudesta, kaavoituksista, tielinjauksista ja erinäisistä hankkeista, joilla on merkittävää vaikutusta suunniteltavaan alueeseen. Näiden tietojen perusteella rakennetaan ja kehitetään verkkoa tulevaisuuden tarpeiden ja vaatimusten mukaisesti.

Kun Pirkkalan asema saa uuden päämuuntajan, lähtöjä on mahdollista jaotella siten, että tehoja jaotellaan lähtöjen kesken tasaisemmin huomioon ottaen tulevaisuuden alueelliset sekä ajalliset kuormitusten kasvut ja siten että pyritään pitämään teollisuus, maaseutu ja kaupunkialue erillään.

Pirkkalan kunnan kaavoituksia ja suunnittelijoiden näkemyksiä apuna käyttäen voidaan kunnan alue jakaa kuuteen eri painopistealueeseen. Näistä alueista ehkä tärkeimmäksi ja suurimmaksi nousi Linnakorpi. Tämän hetkisten tietojen mukaan tulevaisuuden hankkeet pystytään ratkaisemaan keskijänniteratkaisuna ilman sähköasemainvestointia.

Tämän ratkaisi Tampere-Pirkkala-logistiikkakeskuksen ensimmäisen vaiheen rakentamisen jääminen Vattenfall Verkon toimialuerajan ulkopuolelle.

Tulevaisuuden tarkkailukohteeksi voikin nostaa Linnakorven liikealueen paisumisen Autokaupan keskuksen ja myös Tampere-Pirkkalan-logistiikkakeskuksen mahdollisen toisen vaiheen rakentamissuunnan myötä.

TAMPERE POLYTECHNIC  
Electrical Engineering  
Electrical Power Engineering  
Leppämäki Hannu  
Engineering Thesis  
Thesis Supervisor  
Commissioning Company  
April 2008  
Keyword

Target system plan of Pirkkala municipality area  
78 pages + 22 appendices  
Seppo Järvi (Lecturer, M.Sc)  
Vattenfall Verkko Oy, Supervisor: Kimmo Järvinen (B.Sc)  
Target system plan, main system, medium voltage network

## Abstract

The target system plan is the long-term network plan, which purpose is to relieve and support network planners' tasks now and in the future. The objective of the target system plan of the Pirkkala`s municipality area was to get as realistic information as possible about the future of Pirkkala: from industry, town planning, road definitions of policy and particular projects which have a significant effect on the area to be planned.

On the basis of this information one builds and develops the network according to the needs and demands for the future. When the electric station of Pirkkala gets a new head transformer, it will be possible to divide starts so that the effects will be divided more evenly between the starts considering regional and chronological growths of the future loads so that an attempt is made to keep the industry, countryside and urban area separately.

Using the planning of the municipality of Pirkkala and the planners' views as help the area of Pirkkala can be divided into six different focus areas. From these areas, it was perhaps Linnakorpi that seemed to be the most important.

According to the present information, it is possible to solve the future projects as a medium voltage solution, without the electric station investment. This is because the first stage of Tampere-Pirkkala-logistics centre stayed out of operating ranges of Vattenfall Network.

If the Linnakorpi business area will spread in the future because of the centre of car shops and also with the building direction of the second possible stage of the Tampere-Pirkkala-logistics centre the Linnakorpi area could be raised as an observation target of the future.

# Alkusanat

Tämä insinöörityö on tehty Vattenfall Verkko Oy:lle. Työn aiheen Pirkkalan kunnan alueen tavoiteverkkosuunnitelma, jonka sain syksyllä 2007. Tämän mahdollisti verkonsuunnittelun suunnittelupäällikkö Jouni Pylvänäinen.

Työn on ohjannut lehtori, diplomi-insinööri Seppo Järvi ja sitä on valvonut verkostosuunnittelija Kimmo Järvinen.

Haluan kiittää valvojaani Kimmo Järvistä hyvästä työn valvomisesta sekä Seppo Järveä hyvästä työn ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää koko Vattenfall Verkko Oy:n verkonsuunnittelutiimiä ja teknistä suunnittelutiimiä lukuisista hyvistä neuvoista, joita olen työhöni saanut.

Tampereella 21. Huhtikuuta 2008

---

Hannu Leppämäki

## Sisällysluettelo

<b>Tiivistelmä</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Alkusanat</b> .....	<b>4</b>
<b>Sisällysluettelo</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Vattenfall Suomessa /1/</b> .....	<b>9</b>
2.1 Vattenfall Verkko Oy .....	9
<b>3. Keskijänniteverkon suunnittelu</b> .....	<b>10</b>
3.1 Yleistä.....	10
3.2 Verkkotietojärjestelmä.....	10
3.3 Sähkönjakeluverkkojen yleissuunnittelu .....	11
3.4 Tavoiteverkon suunnittelu .....	12
3.4.1 Verkon suunnittelun kriteerit.....	13
3.4.2 Verkon nykyisen tilan selvittäminen .....	14
3.4.3 Luotettavuus .....	14
3.4.4 Korvaustarkastelu .....	16
<b>4. Keskijänniteverkon sähköinen suojaaminen</b> .....	<b>17</b>
4.1 Keskijänniteverkon relesuojaus .....	17
4.2 Keskijänniteverkon johtosuojaus.....	18
4.2.1 Oikosulkusuojaus .....	18
4.2.2 Maasulkusuojaus .....	20
4.2.2.1 Maasta erotetun verkon suojaus .....	20
4.2.2.2 Kompensoidun verkon suojaus.....	20
4.2.2.3 Jälleenkytkennät /3;14/ .....	21
<b>5. Verkon nykytila ja ongelmakohdat</b> .....	<b>23</b>
5.1 Sähköasemien nykytila.....	23
5.1.1 Sähköasema kapasiteetin riittävyys .....	23
5.1.2 Sähköasemien yleiskunto .....	24
5.1.3 Reletyyppien ja releiden ominaisuuksien ajantasaisuus.....	25
5.1.4 Katkaisijat ja niiden ajantasaisuus.....	25
5.2 Verkoston nykytila .....	25
5.2.1 Perustiedot verkosta.....	26
5.2.2 Verkon nykytilan mukaiset kytkennät.....	28
5.2.3 Nykytilanteen luotettavuustiedot.....	33
5.2.4 Sähkötekniinen tila .....	33
5.2.4.1 Ongelmakohdat.....	33
5.2.4.2 Tehonsiirron pullonkaulat .....	35
5.2.4.3 Jakeluverkon mekaaninen kunto .....	38
5.2.4.4 Kriittiset verkko kohdat .....	42
5.2.5 Tulevaisuuden releasettelut johtolähdöittäin .....	43
5.2.6 110 kV johtojen varaukset ja suunnitelmat .....	45
5.3 Korvaustarkastelu nykytilassa .....	46
5.4 Erityiskohteet.....	47
<b>6. Ympäristön aiheuttamat muutostekijät</b> .....	<b>48</b>
6.1 Kaavasunnitelmat .....	48
6.1.1 Linnakorpi (1).....	48
6.1.2 Tampere – Pirkkala lentoasema (2) .....	49

Hannu Leppämäki

6.1.3 Turri ja Naistenmatka (3) .....	49
6.1.4 Kurikka (4) .....	49
6.1.5 Kyösti, Lepomoisio ja Huovi (5) .....	49
6.1.6 Takamaa (6) .....	49
6.2 Tiehankkeet .....	50
6.3 Teollisuuden suunnitelmat .....	52
6.3.1 Autokaupan keskus .....	52
6.3.2 Logistiikkakeskus .....	52
<b>7. Verkon kehittäminen kytkentämuutoksin .....</b>	<b>53</b>
<b>8. Investointeja vaativat verkon kehittämissuunnitelmat .....</b>	<b>61</b>
8.1 Linnakorpi .....	61
8.2 Turri – Naistenmatka yhdyslinkki .....	66
8.3 Tuottotie – Huovintie yhdyslinkki .....	67
8.4 Kurikka .....	68
8.5 Takamaa .....	69
8.6 Tampere-Pirkkala lentoasema .....	70
8.7 Maasulkuvirran kasvaminen kehityssuunnitelmien myötä .....	72
8.7 Kriittisten kohteiden kehitysehdotukset .....	73
<b>9. Korvaustarkastelu kehittämissuunnitelmien jälkeen .....</b>	<b>74</b>
<b>10. Tulevaisuuden tarkastelun kohteet .....</b>	<b>74</b>
<b>11. Yhteenveto .....</b>	<b>75</b>
<b>Lähdeluettelo .....</b>	<b>76</b>

## LIITTEET

- 1 Pirkkalan ja Sorkkalan sähköasemien pääkaaviot
- 2 Nykytilan luotettavuustiedot
- 3 Nykytilan korvaustarkastelu
- 4 Kytkentämuutosten luotettavuustiedot
- 5 Linnakorven suunnitelman luotettavuustiedot
- 6 Kehittämissuunnitelmien jälkeinen korvaus

## 1. Johdanto

Pirkkalan kunnan alueen tavoiteverkkosuunnitelmalla tarkoitetaan sähkön jakelun verkostosuunnitelmaa, jonka tarkoituksena on antaa suuntaviivat sähkön jakeluverkoston kehittämisestä tulevana vuosina noin 5-10 vuotta eteenpäin. Tähän verkoston kehittämiseen kuuluu taloudellista, sähkönjakelun keskeytysten lukumäärää, kestoaikaa ja keskeytyksistä aiheutuvia kustannuksia pienentävää ja toimivan verkon verkostosuunnittelua. Tavoiteverkkosuunnitelman päätarkoituksena on helpottaa, tukea ja antaa suuntaviivoja kyseisen alueen verkostosuunnittelijalle tulevaisuuden suunnitelmien varalle.

Suunnitelman tavoitteena on määrittää Pirkkalan sähkönjakeluverkon nykytilanne ja sen toimintakyky sekä saada mahdollisimman ajanmukaiset ja realistiset tiedot ympäristön kehittymisestä mm. kaavoituksista, teollisuudesta, tiehallinnosta ja erinäisistä hankkeista, joilla on oleellista vaikutusta verkonsuunnittelulle. Näiden edellä mainittujen asioiden avulla on tavoitteena tehdä alueesta verkonkehittämissuunnitelma, joka pystyy mukautumaan tulevaisuuden mahdollisesti tuomiin muutoksiin.

Verkonsuunnittelussa ja kehittämisessä käytetään Vattenfall Verkko Oy:n (VFV) menettelyohjeen ja SFS 6001-standardin mukaisia suunnittelukriteereitä.

Tavoiteverkkosuunnitelman voi pääasiassa jakaa kuuteen pääosaan:

Suunnittelussa tarkastellaan sähköasemien ja sähköverkkojen nykytilaa, verkon suunnitteluun vaikuttavia ympäristöllisiä muutostekijöitä, ongelmakohtia, kehittämissuunnitelmia ja sähköasemien korvaustilanteita ennen ja jälkeen muutoksien.

Maantieteellisesti alueellinen tavoiteverkkosuunnitelma rajautuu Pirkkalan kunnan rajoihin. Poikkeuksen tekevät sähköasemien johtolähdöt, jotka menevät kaupungin rajojen ulkopuolelle. Verkostollisesti alueen pystyy rajaamaan Pirkkala- ja Sorkkala-nimisten sähköasemien lähtöihin.

Sähköasemien nykytilaa arvioitaessa tarkastellaan mm. sähköasemien yleiskuntoa, jolla pystytään esimerkiksi määrittelemään katkaisijoiden ja releiden ajantasaisuus.

Sähköasemakapasiteetin riittävyys ja mahdolliset varaukset uusista sähköasemista kuuluvat myös sähköasemien nykytilan tarkasteluun.

Sähköverkoston nykytilan tarkastelussa tarkasteltavasta verkosta saadaan pohjatiedot, joiden perusteellinen tunteminen ovat edellytyksenä sähkön jakeluverkonsuunnittelulle ja kehittämiselle. Verkkotietojärjestelmän avulla saaduista sähkön jakeluverkon nykytilan laskentatuloksista saadaan hyvä tuntuma verkon suorituskyvystä. Silloin lasketaan myös verkon nykyiset luotettavuustiedot lähtökohtaisesti. Nämä tiedot toimivat hyvänä vertailupohjana tulevaisuuden verkonsuunnittelussa.

Verkoston nykytilan tarkastelussa otetaan myös lähtötiedot verkon sähköisestä tilasta. Tämä on tärkeää verkon sähköisen suojaamisen ja mekaanisen kunnon tarkkailemisen kannalta.

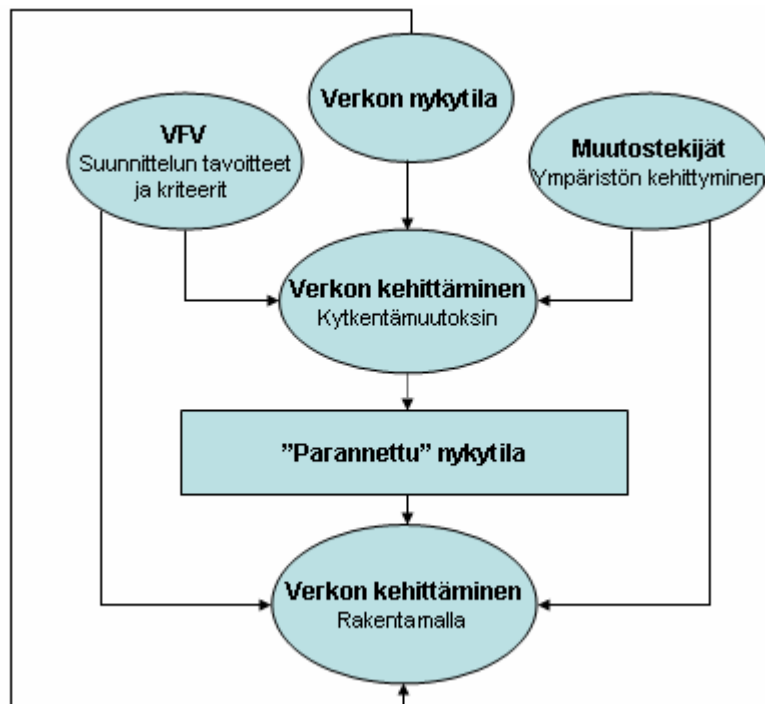
Hannu Leppämäki

Verkkoon ja verkon suunnitteluun vaikuttavia ympäristöllisiä muutostekijöitä ovat mm. alueen kasvuennusteet, kaavasunnitelmat, suuret tiehankkeet ja teollisuuden suunnitelmat. Nämä tiedot yleensä näyttävät suuntaa verkon rakentamiselle ja kehittämiselle.

Verkon ongelmakohdat saadaan selville yleensä verkon nykytilaa määriteltäessä ja verkkoon vaikuttavista toteutuvista muutostekijöistä.

Verkon kehittämissuunnitelmissa huomioidaan verkkoon vaikuttavat muutostekijät ja ongelmakohdat. Suunnitelmissa tuodaan esille toteutuvat hankkeet ja niiden ratkaisuvaihtoehdot.

Alla on esitettyä kaaviokuva selventämään lukijalle työn sisältöä ja sen etenemistä.



Kaavio 1. Työn rakenne

## 2. Vattenfall Suomessa /1/

Vattenfall on Euroopan neljänneksi suurin sähköntuottaja ja suurin lämmöntuottaja. Sen konserni toimii tällä hetkellä Suomessa, Tanskassa, Saksassa, Puolassa ja Ruotsissa. Konsernin emoyhtiö Vattenfall AB on kokonaan Ruotsin valtion omistuksessa.

Suomessa Vattenfall Oy tarjoaa energia palveluita sekä kotitalouksille että yrityksille. Suomen Vattenfall toimii neljällä energia-alan alueella:

- Sähkönmyynnissä
- Verkko toiminnassa
- Sähköntuotannossa
- Lämpö toiminnassa.

Vattenfall tunnetaan Suomessa johtavana energia-alan osaajana ja edelläkävijänä. Työntekijöitä Suomen Vattenfallissa on noin 530 kpl ja asiakkaita noin 381 000. Sen avainlukuja vuodelta 2006 ovat seuraavat:

- Liikevaihto oli 389 miljoonaa euroa ja liikevoitto noin 39 miljoonaa euroa.
- Suomen Vattenfall kuuluu eurooppalaiseen Vattenfall-konserniin, jolla työntekijöitä on yhteensä noin 32 300 kpl ja jonka liikevaihto vuonna 2006 oli 16,1 miljardia euroa.

### 2.1 Vattenfall Verkko Oy

Vattenfall Verkko Oy (VFV) on yksi Suomen suurimmista sähköverkkoyhtiöistä, joka palvelee asiakkaitaan yli sadan kunnan alueella Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa ja Pohjanmaalla.

Se uudistaa ja pitää kunnossa sähkönjakeluverkkoaan ja rakentaa uusia sähköliittymiä kumppaniyhtiöidensä kanssa. Sähkönjakeluverkkoa VFV:n hallinnoimana Suomessa on noin 60 600 km, josta noin 21 700 km on keskijänniteverkkoa.

Päätoimipiste verkkotoiminnalle on Tampereen Sarankulmassa, missä tämäkin tavoiteverkkosuunnitelma on valtaosin tehty./2/

VFV on ikään kuin toiminut edelläkävijänä verkon kehittämisessä toimitusvarmuuden parantamisessa ja uuden teknologian hyödyntämisessä sähköverkoissa. Uuden teknologian hyödyntämisessä VFV:lla on esimerkiksi tavoitteena saada kaikkien verkkoasiakkaidensa sähkönmittaus automaattisesti luettavaksi tämän vuoden aikana.

VFV on investoinut vuosien saatteessa huomattavia summia sähkön jakeluverkoston kehittämiseen siten, että sen tulisi kestää muuttuvan ympäristön ja ilmaston vaatimukset. Tästä esimerkkinä ovat laajamittaiset säävarman verkon rakentamiset, jossa avojohto ilmalinjat vaihdetaan maakaapeliksi ja verkkoon sijoitetaan myös kauko-ohjattavia erottimia sekä verkkokatkaisijoita, joiden avulla vikapaikkoja saadaan erotettua huomattavasti nopeammin kuin perinteisillä mekaanisilla ratkaisuilla. /1/

### **3. Keskijänniteverkon suunnittelu**

#### **3.1 Yleistä**

Suomessa sähkönjakeluverkkoihin investoidaan vuosittain jopa satoja miljoonia euroja. Tämä summa koostuu monista pienistä investoinneista toisin kuin muilla teollisuuden aloilla. Sähköverkon suunnittelu hyvin suppealla mittakaavalla tekniset vaatimukset täyttäväksi on melko helppoa varsinkin nykyisin, kun käytössä on hyvät verkkotietojärjestelmät. Huomattavasti vaativampaa verkon suunnittelusta tulee, jos suunniteltava alue on laaja ja siinä joudutaan ottamaan huomioon muun verkon, ympäristön ja sähköntarpeen muutosten asettamat vaatimukset. Tämän kaltaisesta suunnitelmasta tehty joustava, mutta myös taloudellisesti edullinen suunnitelma vaatii todellista asiantuntemusta verkon suunnittelusta. Verkkotietojärjestelmien mukaantulo sähköyhtiöihin ja niiden huima kehittyminen viime vuosina on vienyt verkon suunnittelun aivan uudelle tasolle. Verkkoyhtiöissä verkkotietojärjestelmä on keskeinen tiedonlähde kaikelle verkkotiedolle ja se tarjoaa tehokkaat työkalut reaaliaikaiseen tiedon jakamiseen yrityksen sisällä. Verkkotietojärjestelmien osaava käyttö voi esimerkiksi mahdollistaa perinteisten kalliiden investointien lykkäämistä tai niiden korvaamista huomattavasti taloudellisesti edullisimmilla ratkaisuilla./3/

#### **3.2 Verkkotietojärjestelmä**

Verkkotietojärjestelmän (VTJ) oleellinen perustoiminnallisuus on verkoston suunnittelu. Verkon suunnittelua varten verkkotietojärjestelmä sisältää verkon laskennalliseen tarkasteluun tarvittavat parametrit, joihin kuuluu mm. ohjelmassa olevat toiminnot ja ohjelman sisältämät laajat tietokannat. Tietokannat sisältävät teknillisiä tietoja koko sähköverkosta, siirtoverkoista aina pienjänniteverkkojen asiakasliittymiin saakka. Verkkotietojärjestelmässä käytetyt yleisimmät toiminnot ovat suunnittelu, ylläpito, seuranta, kunnossapito ja rakentamistoiminnot./4/

*"Verkkotietojärjestelmä perustuu usein paikkatiedon hallintaan, ja graafisen käyttöliittymän avulla informaatio voidaan havainnollistaa karttapohjalla paikkatietojärjestelmän (GIS, Geographical Information System) tapaan GIS-toiminnallisuudella." /4/*

Eli verkkotietojärjestelmässä verkostosuunnittelua tehdään aina maantieteellisen kartan päälle. Sähköverkon suunnittelu verkkotietojärjestelmään on tehty melko yksinkertaiseksi. Suunnittelija voi vain keskittyä itse verkon suunnitteluun, koska järjestelmässä oleva verkkomalli mukautuu siihen tehtäviin muutoksiin automaattisesti sitä mukaan kun suunnittelija sinne komponentteja piirtää. Suunnittelijan ei tarvitse luoda mitään erillistä verkopohjaa kytkentätilojen tai suunnitelmien mallintamiseksi, vaan suunnittelija voi vaivatta simuloida näitä eri tilanteita verkon "master" tietokantaan ja testata kytkentätilanteiden vaikutusta verkon käyttäytymiseen. /5/

Tämän tavoiteverkkosuunnitelman tekemisessä on hyödynnetty VFV:n käyttämää Tekla Oyj:n kehittämää verkkotietojärjestelmää nimeltä Xpower.

### **3.3 Sähkönjakeluverkkojen yleissuunnittelu**

Sähkönjakeluverkkoa suunnitellaan hyvin usein pieniä alueita kerrallaan ja tarvittaessa hyvinkin nopealla aikataululla. Verkostosuunnittelijan on näihinkin suppean kokosiin suunnitelmiin otettava aina huomioon verkon tulevaisuuden tarpeet ja ajateltava verkkoa hyvin pitkälle aikavälille.

Lakervi kirjoittaa kirjassaan, että sähkönjakeluverkon pitkän aikavälin suunnittelu on hyvin tärkeä ja keskeinen osa verkon yleissuunnittelua. Pitkän aikavälin suunnittelussa pyritään pääpiirteissään ottamaan selvää eri tietolähteitä käyttäen, millainen sähkönjakeluverkon tulisi olla sen suunnitteluajavälin lopussa ja mitä investointeja tulevana vuosina joudutaan tekemään. Tätä verkostosuunnittelua tehdään siten, että verkosto täyttäisi sille asetetut vaatimukset ja tavoitteet koko tarkasteltavan ajanjakson ajan./3/

Verkonsuunnittelussa on otettava erityisesti huomioon tulevaisuuden tuomat vaatimukset ja tavoitteet. Olennaisimpia tekijöitä tulevaisuuden tuomista vaatimuksista ovat esimerkiksi sähkönlaatu- ja luotettavuusvaatimukset. Yksi tärkeimmistä sähkönjakeluverkon yleissuunnitteluun ja erityisesti tavoiteverkonsuunnitteluun vaikuttavista asioista on verkon kehitystekijät. Verkon pitkän aikavälin suunnittelussa on olennaisena tekijänä otettava huomioon koko verkon tarkasteluajanjaksona vaikuttavat kehitystekijät.

Verkon suunnittelua ei voida tehdä siten, että tarkasteltaisiin verkkoa vain ja ainoastaan nykytilan kuormituksessa. Näin verkolle asetetut vaatimukset voidaan saada täytettyä

Hannu Leppämäki

hyvinkin helposti. Suunnittelussa on siis otettava verkkoon vaikuttavat kehitystekijät huomioon. Tällaisia keskeisiä suunnitteluun vaikuttavia kehitystekijöitä ovat kuormituksen tason ajalliset ja alueelliset muutokset sekä tulevaisuuden tuomat luotettavuusvaatimukset. /3/

Kuormituksen tason ajalliset vaikutukset verkko- ja tavoiteverkkosuunnittelussa otetaan huomioon siten, että pystytään varautumaan aina ns. ”pahimpaan” kuormituksen ajalliseen vaikutukseen. Tämä on vielä toistaiseksi ollut Suomessa tammi-helmikuun kylmän sään aiheuttama ajallinen tehonkasvu.

Erytiskohteita, joissa tämä ei pidä paikkaansa, löytyy aivan varmasti esimerkiksi sellaisilta teollisuuden aloilta, joilla on käytössä valtavat jäähdytyslaitteet. Tällöin ajallisen tehon huippu voi tulla myös kesä-aikaan.

Verkkotietojärjestelmää apuna käyttäen kyetään optimoimaan verkkoa tammi-helmikuun kuormituskäyrillä, jos suunnittelun ajankohta on esimerkiksi kesä.

Tavoiteverkkosuunnitelmaa tehdessäni laskin tehonmitoitusta lähinnä tuntimitauksiin perustuen, koska laskenta kohdistui tässä tapauksessa ajalle, jolloin verkkoa kuormitetaan eniten koko vuoden tarkastelu ajanjaksona.

Alueellinen tehonkasvu on verkonsuunnittelussa, mutta varsinkin tavoiteverkon-suunnittelussa avainasemassa. Suunnittelijalla on haastava tehtävä arvioida tulevaisuudessa tuleva tehonkasvu, mutta tätä arvioimista helpottaa, kun tekee yhteistyötä eri tahojen kanssa. Näin suunnittelija saa osviittaa mm. kaavoista ja teollisuuden sekä tiehallinnonhankkeista. Näillä työkaluilla tulevaisuuden tehontarpeen arvioiminen mahdollisimman realistiseksi on huomattavasti helpompaa.

### **3.4 Tavoiteverkon suunnittelu**

Tavoiteverkkosuunnitelmalla tarkoitetaan verkostosuunnitelmaa, joka antaa suuntaviivat verkoston kehittämisestä tulevana vuosina noin 5-10 vuotta eteenpäin.

Suunnitelma yleensä rajataan maantieteellisesti alueeksi, joka voi olla kunta, sähköaseman (sähköasemien) syöttöalue tai jokin muu rajattava alue.

Suunnitelmaa varten kerätään mahdollisimman ajanmukaiset lähtötiedot mm. kuntien kaavoittajilta, tiehallinnosta sekä omista verkkotietoaineistoista ja sopimuksista.

Tavoiteverkkosuunnitelman sisältöön kuuluvat olennaisena osana sähköasemien nykytila, verkoston nykytila, verkkoon vaikuttavat muutostekijät, verkon ongelmakohdat, sähköasemien korvauslaskenta ja verkon kehittämissuunnitelmat./6/

### 3.4.1 Verkon suunnittelun kriteerit

Tavoiteverkon suunnittelussa verkon osien mitoitus tulee täyttää samat vaatimukset ja kriteerit kuin verkon yleissuunnittelussa. Verkon nykytilasta ja verkosta kehittämissuunnitelmien jälkeen tarkastellaan mm. seuraavia vaatimuksia:

- Verkossa olevat jännitehäviöt [ $U_h$  %]
- Verkossa olevat tehohäviöt [ $P_h$  %]
- Verkon kuormitusasteet [k-aste%]
- Johto-osien oikosulkukestoisuudet [ $I_{k3}$  %]
- Suojauksen toimivuus [ $I_{max}$ ,  $I_{k2min}$ ,  $I>$ ,  $I>>$ ]
- Luotettavuus
- Turvallisuus
- Taloudellisuus

Verkossa olevat häviöt ovat yksi taloudellisiin seikkoihin vaikuttavista asioista. Ne ovat nimensä mukaisesti häviökustannuksia, joiden väheneminen pienentää myös niistä johtuneita kustannuksia. Jännitehäviön suuruus saa olla normaalitilassa 5% ja korvaustilanteessa 10% VFV:n menettelyohjeen mukaisesti.

Tehohäviöiden tarkastelussa verkkotietojärjestelmään (Xpower) on määritelty suurimmaksi tehohäviörajaksi 12 kW/km. Tämän raja-arvon ylittyttä tehohäviöt johto-osassa ovat suuret.

Verkon nykytilassa ja erityisesti verkon suunnittelussa, jossa rakennetaan uutta verkkoa, on johtojen oltava oikosulkukestoisia. Xpowerista saadaan oikosulkukestoisuustiedot johto-osittain siten, että alle 100% arvo ilmoittaa oikosulkukestoisuutta ja yli 100% arvo oikosulkukestottomuutta.

Suojauksen toimivuutta tarkastellaan maksimivirran ( $I_{max}$ ) ja pienimmän kaksivaiheisen oikosulkuvirran ( $I_{k2min}$ ) suhdetta aikalaukaisuun ( $I>$ ),

Ensimmäisen portaan laukaisuvirta (aikalaukaisu) asetellaan siten, että normaalitilanteessa ( $I>$ ) on vähintään 2,5-kertainen johdon kuormitusvirtaan ( $I_{max}$ ) verrattuna ja johtolähdön pienin kaksivaiheinen oikosulkuvirta  $I_{k2min}$  vähintään  $2,0 \times (I>)$ . Korvaustilanteessa ( $I>$ ) on oltava vähintään  $2,0 \times (I_{max})$  ja ( $I_{k2min}$ ) vähintään  $1,3 \times (I>)$ .

Näitä asetteluarvoja vaatimuksia ei voida yleistää vaan ne ovat VFV:n menettelyohjeen ja tavoitteen mukaisia arvoja.

Kun nämä edellä mainitut vaatimukset toteutuvat, saamme parannettua kolmea tärkeää verkon perusvaatimusta: suorituskykyä, käyttövarmuutta ja turvallisuutta.

### 3.4.2 Verkon nykyisen tilan selvittäminen

Sähkönjakeluverkon nykyisen tilan ja sen toimintakyvyn perusteellinen tunteminen on lähtökohtia verkon yleissuunnittelussa. Sen tunteminen helpottaa yleissuunnittelua monin eri tavoin.

Verkkotietojärjestelmää ja sen laskentaa apuna käyttäen saadaan tuntuma verkon suorituskyvystä ja esimerkiksi kuormituksen ajalliset ja alueelliset kasvun vaikutukset voidaan määrittää helpommin tarkastelun kohteena olevasta verkon osasta.

Myös verkon kehittämisestä aiheutuvien kustannusten arviointi on helpompaa, jos olemassa oleva verkko tunnetaan kunnolla./2/

### 3.4.3 Luotettavuus

Tekla Oyj:n Xpowerin RNA/AM (Reliability based Network Analysis / Asset Management)-laskenta työkalu on tarkoitettu keski- ja pienjänniteverkon luotettavuuden ja kriittisyyden laskentaan sekä elinkaarikustannusten määrittämiseen.

RNA on Xpower-verkkotietojärjestelmässä toimiva luotettavuuslaskentaosio, jolla voidaan määrittää esimerkiksi vikojen vaikutusten ja niiden aiheuttamat kustannukset sekä verkkoyhtiölle että asiakkaalle. RNA-laskennalla määritetään mm. komponenttien vika-, jälleenkytkentä- ja jännitekuoppamäärät komponentteittain sekä luodaan verkkotopologian (verkon kytkentätilan) kautta eri kohdissa tapahtuneiden vikojen vaikutukset asiakkaiden kokemiin keskeytyksiin sekä keskeytysaikoihin. Seuraavat tekijät vaikuttavat asiakkaiden kokemiin keskeytysmääriin:

- Vikaantuvan lähdön vikakohta
- Vikaantuvan lähdön komponenttirakenne ja laajuus
- Lähdön varasyöttöyhteydet samalta tai muilta lähdöiltä
- Automaation määrä verkossa (esim. kauko-ohjattavat erottimet)
- Sähköasemien rakenne (kuoppatarkasteluiden osalta)

RNA-työkalulla lasketaan myös verkon luotettavuuteen liittyviä suureita, kuten toimitusvarmuutta kuvaavat indeksit (SAIFI, SAIDI, CAIDI, MAIFI), asiakaskerrat jälleenkytkennöistä, keskeytyksistä ja jännitekuopista sekä saadaan keskeytyksiin ja jälleenkytkentöihin liittyvät kustannukset keskeytyksistä aiheutuvien haitta-arvojen (KAH) perusteella./7/

Lisäksi RNA-osioon on liitetty kriittisyystarkastelua, jolla voidaan määrittää jakeluverkon luotettavuus (asiakaslaatu), sähkötekniinen kunto sekä mekaaninen kunto komponentteittain sekä verkonosittain.

Hannu Leppämäki

AM-laskentatoiminnallisuuden avulla lasketaan puolestaan verkon häviökustannukset, kunnossapitokustannukset sekä luotettavuuslaskennassa saatavat viankorjaus- ja keskeytyskustannukset sekä verkkoyhtiön että asiakkaan näkökulmasta. AM-osuus on laskennan taloudellinen osuus, jolla lasketaan uudet investoinnit sekä tarkasteltavan verkon elinkaarikustannukset./7/

Alla on selitettynä toimitusvarmuutta kuvaavien indeksien (häiriön tunnusluvut) merkitykset.

SAIFI [System Average Interruption Frequency Index]:

Verkon keskeytysten keskimääräinen lukumäärän tietyllä aikavälillä, kappaletta/asiakas.

SAIDI [System Average Interruption Duration Index]:

Verkon keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kestoaika tietyllä aikavälillä tuntia/asiakas.

CAIDI [Customer Average Interruption Duration Index]:

Keskeytysten keskipituus tuntia/keskeytys.

MAIFI [Monetary Average Interruption Frequency Index]:

Tunnusluku lyhytaikaisten keskeytysten raportointiin, ottaa huomioon pikajälleenkytkentöjen ja aikajälleenkytkentöjen aiheuttamat keskeytykset (kappaletta/asiakas) tietyllä aikavälillä.

Sähkömarkkinalain 9 §:n yleisten velvoitteiden mukaan, jotka verkkotoiminnalle on asetettu, on asiakkaille turvattava riittävän hyvälaatuinen sähkö.

*”Verkonhaltijan tulee ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan sekä yhteyksiä toisiin verkkoihin asiakkaiden kohtuullisten tarpeiden mukaisesti ja turvata osaltaan riittävän hyvänlaatuisen sähkön saanti asiakkaille (verkon kehittämisvelvollisuus).”/25/*

Luotettavuustiedot ovat verkon kehittämisessä syytä ottaa huomioon, koska näillä tiedoilla pystytään osittain kuvaamaan verkon toimitusvarmuutta ja sähkö laatua. VFV on käyttänyt edellä mainittuja luotettavuustietoja eräänlaisena toimitusvarmuusmittarina. Tavoitteena VFV:lla on ollut parantaa luotettavuustietoja ja näin ollen myös toimitusvarmuutta vuotuisesti.

Energiamarkkinavirasto voi sähkömarkkinalain muutoksen (1172/2004) mukaan antaa verkkonhaltijoita koskien määräyksiä verkkotoiminnan tunnusluvuista. Muutoksen myötä Energiamarkkinavirasto voi velvoittaa verkkoyhtiöitä toimittamaan heille mm. edellä esitetyt tunnusluvut. Näitä lukuja voidaan käyttää esimerkiksi verkon kehittämisveloitteen ja verkkotoiminnan tehokkuuden arvioinnissa./26/

Työssä olevan verkon suppean koon myötä luotettavuustiedot eivät ole vertailukelpoisia sillä tasolla millä niitä yleensä vertaillaan. Työssä pääpaino luotettavuustietojen vertailussa on esimerkiksi kehittämissuunnitelmien vertailua sähköverkon nykytilan tilastoja vastaan. Näin pystymme osoittamaan verkon kehittämisen parantavan sähkön laatua sekä toimitusvarmuutta.

### 3.4.4 Korvaustarkastelu

Sähköaseman korvaustarkastelulla tarkoitetaan suunnitelmaa, jonka avulla selvitetään sähkönjakelun toimivuus tilanteessa, jossa häiriö aiheutuu vikatilanteen, huolto- tai korjaustöiden tai vastaavien vuoksi.

Korvaustilanteessa oletetaan, että yksi päämuuntaja on pois käytöstä ja sähköaseman kojeisto on ehjä ja käyttökunnossa. Tarkasteluun voi myös ottaa erityistapauksissa korvaustilanteet, joissa alue- tai kantaverkon häiriöt tai huollot aiheuttavat useamman sähköaseman korvaustarpeen (esim. haarajohto) tai sähköasemakojeisto otetaan jännitteettömäksi.

#### Sähköaseman nykytila

Kerrotaan teksti- ja taulukkomuodossa sekä karttapiirroksena korvattavan sähköaseman yleiskuvaus ennen korvaustilannetta. Mahdollisina lisätietoina kerrotaan mm. tärkeät asiakkaat ja kaukokäytettävät erottimet/erotinasemat.

- lähtöjen kuormitus, jännitteen alenema, oikosulkukestoisuus ja asiakasmäärä
- maasulkuvirta/kompensointi

#### Korvaavat sähköasemat

Kerrotaan korvaavien sähköasemien tilanne ennen korvausta ja korvaustilanteessa. Todetaan korvauksen toimivuus.

- syöttöalue kartalla korvaustilanteessa
- sähkötekkinen tila korvaustilanteessa
  - kuormitus (muuntaja/lähdöt)
  - jännitteen alenema
  - 2-vaiheinen oikosulkuvirta
  - maasulkulaskenta
- asiakasmäärät
- varasyöttöpisteet ja niiden tehot

### **Muutosehdotukset**

Mikäli korvausta ei saada hoidettua annettujen lähtöarvojen puitteissa, laaditaan suunnitelma asian korjaamiseksi. Pienet muutokset, esim. releasettelut tehdään välittömästi. Muista suunnitelmista laaditaan kannattavuustarkastelu, kustannusarvio ja ehdotus rakennusaikataulusta. Kerrotaan esim. taulukkomuodossa suunnitelman aiheuttama muutos korvaustilanteeseen. /6/

## **4. Keskijänniteverkon sähköinen suojaaminen**

Sähkönjakeluverkkoa suojataan vikatilanteiden varalta niin, että vikatilanne ei pääsisi aiheuttamaan verkolle pahoja mekaanisia vaurioita ja siten, että verkko on sähköturvallisuus määräysten- ja sähköturvallisuus lain mukainen eikä se aiheuta hengentai omaisuuden vaarantamistilanteita.

Yleisimpiä keskijänniteverkossa ilmeentyviä vikoja, joita varten suojuuksia verkolle asetellaan:

- kaksi ja kolmevaiheinen oikosulku
- maaosulku
- yksivaiheinen maasulku
- suuri-impedanssinen maasulku
- kaksoismaasulku./8/

### **4.1 Keskijänniteverkon relesuojaus**

#### **Yleistä**

Nyky-yhteiskunnassa sähkön saannin mahdollisimman häiriötön jatkuvuus on tavoite, jota sähkölaitokset yrittävät tavoitella sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Erityisen tärkeää se on teollisuudelle, jonka tuotantoprosessin pysähtymisessä voi aiheutua mittavia taloudellisia vahinkoja. Sähkön toimitusvarmuus pyritäänkin saamaan käytettävissä olevien keinojen ja taloudellisen tilanteen mukaan mahdollisimman hyväksi. Tapoja toimitusvarmuuden parantamiseksi on mm. säävarman verkon rakentaminen, verkkokatkaisijoiden- ja kaukokäyttöisten erottimien sijoittaminen optimaalisiin paikkoihin jakeluverkossa. Sähkönjakeluverkoissa tapahtuvat sähköiset häiriöt ovat mm. oikosulut, maasulut, ylikuormitukset ja hetkelliset jännitteenousut tai -laskut. Tällaisia häiriöitä vastaan sähköasemilla on suojuareleita, jotka valvovat jakeluverkon tilaa ja vian ilmetessä nopeasti erottavat viallisen osan muusta verkosta./9;11/

Relesuojauksen on pystyttävä toteuttamaan sille asetetut perusvaatimukset:

- Selektiivisyys
  - o Releiden on toimittava selektiivisesti, siten että vian ilmetessä vain pieni osa verkosta joutuu pois käytöstä.
- Nopeus
  - o Releen on toimittava nopeasti, ettei viasta koidu turvallisuusriskiä ihmisille tai eläimille ja etteivät häiriön aiheuttamat vahingot pääse kovin suuriksi.
- Aukottomuus
  - o Releiden on pystyttävä suojaamaan aukottomasti koko jakelujärjestelmää.
- Käyttövarmuus
  - o Releistyksen on oltava yksinkertainen ja käyttövarma.
- Taloudellisuus
  - o Suojauksen on oltava hankintakustannuksiltaan sopiva.
- Käytettävyys
  - o Käytettävyyden tulee olla hyvä ja riittävän yksinkertainen./9;11/

## **4.2 Keskijänniteverkon johtosuojaus**

Sähkönjakeluverkossa johdonsuojaus toteutetaan pääasiassa oikosulkusuojauksella, maasulkusuojauksella ja jälleenkytkentäreleistyksellä.

### **4.2.1 Oikosulkusuojaus**

Jakeluverkossa olevien eri komponenttien mitoituksessa, oikosulkusuojauksen suunnittelussa ja turvallisen verkon käytön suunnittelussa on oikosulkuvirrat tunnettava eri käyttötilanteissa ja oikeastaan myös kaikissa verkonosissa.

Jakeluverkon ja siellä olevien komponenttien tulee kestää normaalitilassa oikosulun aiheuttamat dynaamiset sekä termiset rasitukset./10/

Säteittäisenä käytettävän keskijänniteverkon oikosulkusuojauksessa käytetään yleensä vakioaikaylivirtareleitä. Jos verkkoa käytetään silmukoidusti, kuten esimerkiksi kantaverkkoa tai 110 kV:n jakeluverkkoa, niin suojaus siellä yleensä toteutetaan distanssi- ja apuyhteysvertoreleillä./11/

Yleensä joudumme toteuttamaan suojauksen olemassa olevan suojausjärjestelmän avulla, jolloin jotkut toteutukset verkostoon voivat jäädä toteutumatta ilman uusia rele investointeja. Esimerkiksi verkkokatkaisijoiden sijoittaminen vanhan releistyksen omaavaan verkkoon on mahdotonta, koska suojaus ei tällöin toimisi selektiivisesti.

Hannu Leppämäki

Pitkän tähtäimen suunnittelussa, kuten esimerkiksi tekemässäni tavoiteverkko-suunnitelmassa on pystyttävä ajattelemaan laajasti ja on otettava huomioon myös muita suojausmahdollisuuksia, kuin se joka on sillä hetkellä käytävissä.

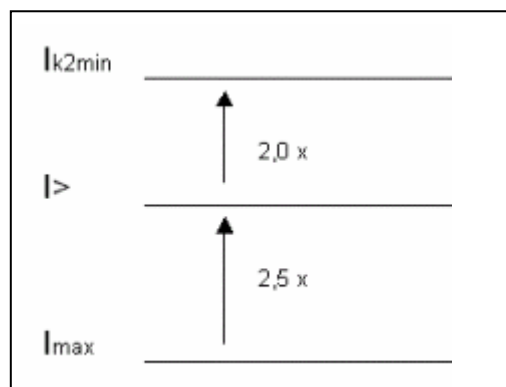
Oikosulkurasituksen pieneneminen jakeluverkossa saattaa olla taloudellisesti merkittävässä asemassa, kun valitaan suojausjärjestelmää tai kun asetellaan vanhaan järjestelmään uusia asetteluarvoja, koska näin voidaan välttää esimerkiksi johdinten poikkipinta-alan kasvattamisesta koituvia investointeja.

*”Jo pelkästään suojauksen asetuksilla voidaan monesti pienentää verkon oikosulkurasituksia. Mm. seuraaviin seikkoihin on syytä kiinnittää huomiota:*

- laukaisuaajat ja niiden porrastus asetellaan mahdollisimman pieniksi
- pikalaukaisua käytetään mahdollisimman paljon
- selektiivisyyden kannalta tarpeettomia hidastuksia vältetään
- AJK:n jännitteetön väliaika asetellaan mahdollisimman pitkäksi sellaisilla johdoilla, joilla oikosulkulujuus muodostuu ongelmaksi.” /12/

Yksi keskeisimmistä tarkasteluohjeista uutta verkkoa suunniteltaessa tai vanhaa verkkoa muutettaessa on ylivirtareleiden aikalaukaisu ( $I>$ ) ja pikalaukaisu ( $I>>$ ) asetteluarvojen tarkastelu.

Alla olevassa kuvassa 1 on osoitettuna Vattenfallin oman menettelyohjeen mukaiset vaatimukset ylivirtareleiden aikalaukaisulle ( $I>$ ) maksimivirran ( $I_{\max}$ ) ja pienimmän kaksivaiheisen oikosulkuvirran ( $I_{k2\min}$ ) ehdoilla verkon ollessa normaalitilassa.



**Kuva 1. Normaalitilan vaatimukset releen aikalaukaisulle. /6/**

## 4.2.2 Maasulkusuojaus

*"Maasulku on sähköturvallisuus määräyksissä (StM) määritelty käyttömaadoittamattoman virtajohtimen ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan väliseksi eristysviaksi." /13/*

Suomessa keskijänniteverkko on joko maasta erotettu tai vaihtoehtoisesti sammutuskuristimen kautta maahan kytkettynä. Maasta erotetussa verkossa ja sammutetussa eli kompensoidussa verkossa maasulkuvirtojen ja nollajännitteiden määrittämiseen tarvitsee tuntea koko galvaanisesti yhteen kytketty verkko.

Sähköverkon maadoitukset rakennetaan siten, että ne täyttävät SFS 6001 standardin vaatimukset. Vanhoissa asennuksissa sovelletaan lisäksi myös StM:n 10 § vaatimuksia, jotka maadoitusten pitää täyttää.

### 4.2.2.1 Maasta erotetun verkon suojaus

Selektiivinen maasulkusuojaus edellyttää johtolähtökohtaista releistystä. Maasta erotetussa verkossa maasulkusuojaus voidaan toteuttaa suuntareleiden avulla, jotka mittaavat nollavirtaa, nollajännitettä ja niiden välistä vaihesiirtokulmaa.

Sähköverkon ollessa "terveessä" tilassa verkon vaihejännitteiden summa maahan nähden on joka hetki nolla. Maasulun sattuessa vaihejännitteet kasvavat maahan nähden ja niihin tulee epäsymmetriaa. Maasulun sattuessa verkossa olevien varausvirtojen summa poikkeaa nolasta epäsymmetrian johdosta. Tämän virran kulkiessa vikapaikan kautta maahan, muodostaa se maasulkuvirran  $I_e$ . /13/

### 4.2.2.2 Kompensoidun verkon suojaus

Sammutetulla verkolla on maasulkuvirtaan huomattavasti virtaa pienentävä vaikutus. Sammutetussa verkossa muuntajan tähtipisteen ja maan väliin kytketään kuristin. Kuristin valitaan siten, että sen induktiivisen reaktanssin tulisi olla samansuuruinen kuin maakapasitanssien muodostava kapasitiivinen reaktanssi. Tällöin vikapaikassa ei käytännössä kulje kuin verkosta syntyvistä häviöistä aiheutuva jäännösvirta. Koska tämä virta on niin pieni, niin verkossa syntyvät maasulut sammuvat käytännössä itsestään, eikä laukaisua tarvitse tehdä. /13/

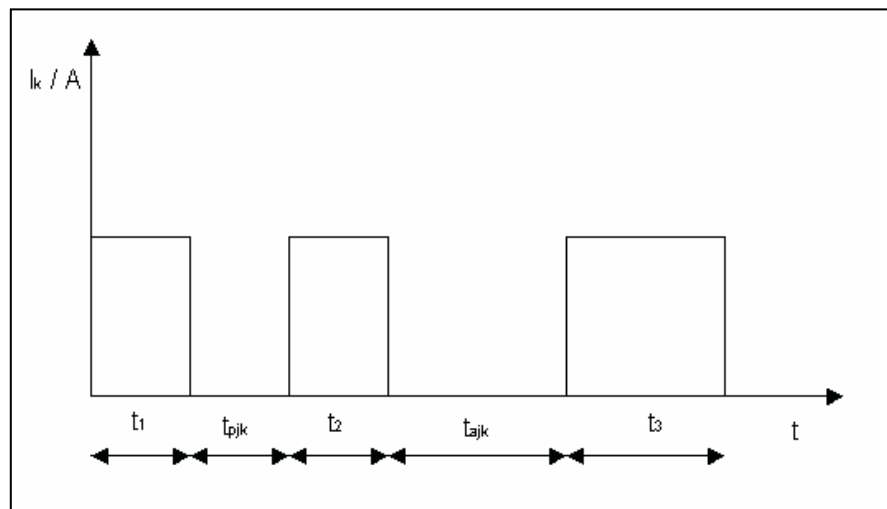
Kompensoidusta verkosta on muutakin hyötyä verkon kannalta kuin maasulkuvirran pieneneminen. Ensinnäkin luotettavuuden kannalta sammutetussa verkossa pika- ja aikajälleenkytkennät voivat vähentyvät jopa 80-90 %. Toisena hyötynä sammutuksella on, että maasulun vikapaikassa esiintyvät askel- ja kosketusjännitteet pienenevät jolloin turvallisuus myös paranee vikapaikalla.

Kompensoidussa verkossa maasulkuvirran mittaaminen tapahtuu suunnatuilla releillä, joiden toiminta perustuu kulmanmittausperiaatteeseen.

#### 4.2.2.3 Jälleenkytkennät /3;14/

Sähkönjakeluverkossa esiintyvistä vikatilanteista on vain pieni osa sellaisia, jossa joudutaan tekemään jotain korjaustoimenpiteitä. Valtaosa vioista varsinkin avojohtosuoksilla on sellaisia vikoja, jotka ovat keskeytyskestoltaan lyhyitä ja ne voivat poistua verkosta itsestään. Tästä syystä verkonsuojauksessa ja varsinkin avojohtoverkon suojauksessa käytetään jälleenkytkentöjä. Ne parantavat todistetusti sähkön toimitusvarmuutta ja lyhentävät oleellisesti asiakkaan kokemaa keskeytysaikaa. Keskijänniteverkon suojauksessa käytetään yleensä kahta eri jälleenkytkentää: pika- ja aikajälleenkytkentää.

Yli 60% keskijänniteverkon vioista ovat valokaarivikoja, jotka pikajälleenkytkentä (PJK) pystyy poistamaan. PJK suoritetaan tavallisesti noin 0,2-0,5 sekunnin kuluttua katkaisijan laukeamisesta. Jos verkossa oleva vika ei poistu PJK:n aikana, suoritetaan seuraavaksi aikajälleenkytkentä (AJK). AJK suoritetaan tavallisesti 30-120 sekunnin kuluttua PJK:sta. VFV:n tilastot vuodelta 2005 kertovat, että 66% keskijänniteverkon vioista poistui PJK:n aikana. 15% vioista poistui AJK:n aikana ja loput 19% jäivät pysyväksi viaksi. Keskijänniteverkossa käytetyt jälleenkytkentä-ajat ovat havainnollistettu kuvassa 2.



**Kuva 2. Keskijänniteverkon jälleenkytkennät./3/**

Kuvassa 2 olevien symbolien merkitys:

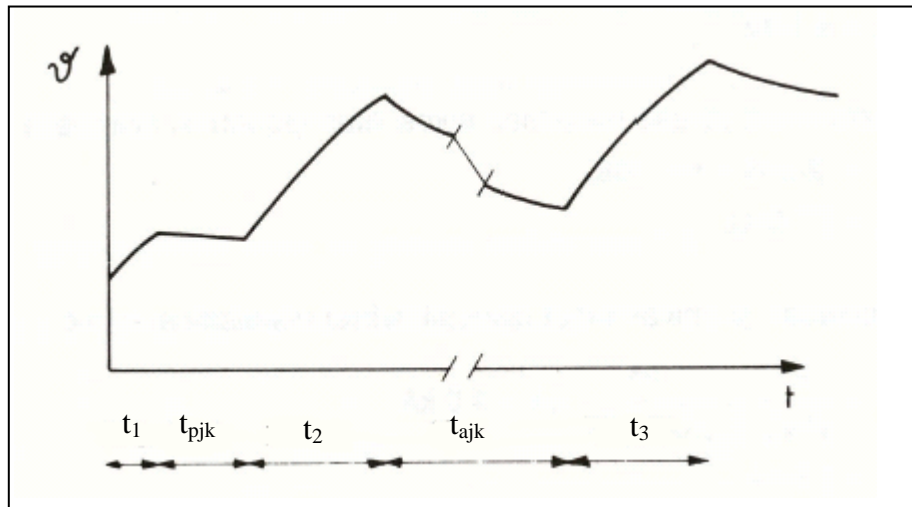
$t_1$  = aika ennen pikajälleenkytkentää

$t_2$  = aika pikajälleenkytkennän jälkeen

$t_3$  = aika aikajälleenkytkennän jälkeen

$t_{pjk}$  = pikajälleenkytkennän jännitteetön aika

$t_{ajak}$  = aikajälleenkytkennän jännitteetön aika



**Kuva 3. Keski-jänniteverkon jälleenkytkentöjen vaikutus johtimen lämpenemiseen. /3/**

Jälleenkytkentöjä käytettäessä on otettava huomioon vikavirtojen aiheuttamat lämpenemät johtimiin. Johdinten lämpeneminen kasvaa jälleenkytkentöjen määrän, pitkien polttoaikojen ja lyhyiden jännitteettömien aikojen suhteessa. Kuvan 3 kuvaaja osoittaa kuinka johdinten lämpötila käyttäytyy sekä jännitteisenä aikana että jännitteettömänä aikana.

Myös lyhyillä asetteluajoilla on huonoja puolia, vaikka johdinten lämpenemä ei lyhyellä polttoajalla nouse niin paljon kuin pitkällä. Jos asettelu-aika on liian lyhyt, ei vika välttämättä ehdi poistua verkosta PJK:n aikana. Esimerkiksi avojohtojen päälle puusta lentänyt risu ei ehdi lyhyellä polttoajalla palamaan johtojen päältä pois ja näin pieni vika voi tällöin aiheuttaa katkaisijan lopullisen laukeamisen.

Laukaisuaikojen on vaikea yleistää ja määrittää yleisellä tasolla, koska niiden alueelliset erot Suomessa ovat melko suuria. Yleensä laukaisuaikat sijoittuvat välille 0,1-0,9 sekuntia.

Luvussa 5 kohdassa 2.5 on esitelty tämän hetkiset VFV:n tavoitteen mukaiset releasetteluarvot, jotka tullaan tulevaisuudessa asettamaan ja koestamaan myös Pirkkalan sähköasemalle.

## 5. Verkon nykytila ja ongelmakohdat

### 5.1 Sähköasemien nykytila

#### 5.1.1 Sähköasema kapasiteetin riittävyys

Pirkkalan sähköjakelu on ollut vuosien saatteessa vain yhden sähköaseman toiminnan varassa. Vuonna 2002 Pirkkalaan rakennettiin 110 kV:n linjan alle Lentoaseman tien varteen uusi sähköasema nimeltä Sorkkala. Tämän jälkeen Pirkkalan kuormituksia siirrettiin huomattavasti Sorkkalan asemalle. Tämän vuoden toukokuussa Pirkkalan sähköaseman päämuuntajan vaihdon jälkeen kuormituskapasiteetti kasvaa Pirkkalan asemalla ja tarvittaessa on mahdollista siirtää kuormituksia takaisin Pirkkalan asemalle.

Pirkkalan ja Sorkkalan sähköasemien päämuuntajat:

Pirkkala	16 MVA	→	25MVA
Sorkkala	25 MVA		

Pirkkalan sähköaseman päämuuntaja vaihtoa on kaavailtu toukokuulle 2008.

Päämuuntaja vaihdetaan 16 MVA:isesta 25 MVA:iseen.

Pirkkalan aseman kuormitusaste putoaa muuntajavaihdon myötä 85:sta 55 %:iin.

Näin ollen sähköaseman kapasiteetti kuormitettavuuden puolesta kasvaisi suhteellisen paljon. Sorkkalan sähköaseman päämuuntajan nimellisteho on 25 MVA ja sen kuormitusaste on nykytilassa 35 %.

Koska Pirkkalan sähköaseman päämuuntajan vaihto on tulossa lähitulevaisuudessa, oletetaan tähän tavoiteverkkosuunnitelmaan, että Pirkkalan aseman päämuuntaja on jo 25 MVA.

Työssä esiintyvissä suunnitelmissa VTJ:n suunnittelupohjiin on vaihdettu Pirkkalan aseman päämuuntajan arvot vastaamaan 25 MVA muuntaja-arvoja. Nämä uudet muuntaja-arvot ovat katsottu ABB:n (ttt-käsikirja) teknisiä tietoja ja taulukoita-käsikirjasta, kohdasta tehomuuntajat/.15/

Pirkkalan sekä Sorkkalan sähköasemien pääkaaviot ovat esitettyinä liitteessä 1.

Pääkaaviokuvat (liite 1) ovat tulostettu Scada ( Supervisory Control And Data Acquisition) ohjelmistosta, joka tunnetaan paremmin nimellä käytöntukijärjestelmä.

## 5.1.2 Sähköasemien yleiskunto

### Pirkkala

Pirkkalan sähköaseman päämuuntaja on nimellisteholtaan 16 MVA. Muuntaja tullaan suurentamaan siis ensi kesänä 25 MVA:iseksi. Muuntajan vaihdon myötä myös ylijännitesuojat vaihdetaan muuntajan kannelle.

Maasulkuvirta asemalla on 51,5 A. Sammutusta tällä sähköasemalla ei ole, eikä lähitulevaisuudessa olevissa rakennusohjelmissa sitä ole suunnitteilla.

Energian tarpeen kasvaessa myös maakaapelin määrä sähköverkoissa kasvaa nopeaa vauhtia. Maakaapelilla varsinkin on suuri vaikutus sen päämuuntajaan vaikuttavaan maasulkuvirtaan, joten kehittämissuunnitelmissa jatkossa tulemme varmasti törmäämään Pirkkalan aseman maasulkuvirran kasvuun.

### Sorkkala

Sorkkalan sähköaseman yleiskunnossa ei ole mitään moitittavaa, koska asema on melko uusi. Maasulkuvirta tällä asemalla on 68,2 A. Sorkkalan asemalla on sammutus.

Oikeasti maasulkuvirta Sorkkalan asemalla ei ole 68,2 A, mutta verkkotietojärjestelmä perusasetteluilla olettaa aina, että laskettava verkko on maasta erotettu. Tästä syystä sammutetun verkon maasulkulaskennassa pitää määrittää maadoitusten mitoitusvirta, jotta siihen saadaan otettua sammutuksen aiheuttamat vaikutukset huomioon.

Kompensoidun verkon maasulkuvirran jäännösarvojen määrittämiselle käytetään standardin SFS 6001 mukaisesti alla esitettyä mitoitusta:

Maasulkuvirta $I_e / A$ (maasta erotettu verkko)		Maasulkuvirta $I_e / A$ (kompensoitu verkko)
0 – 50	⇒	5
50 – 100	⇒	10
yli 100	⇒	15

### 5.1.3 Reletyyppien ja releiden ominaisuuksien ajantasaisuus

#### **Pirkkala**

Pirkkalan sähköasemalla releistys on tyyppiä SPAJ 3C5 J3, joka on elektroninen ja sähkömekaaninen rele, jolle voi asettaa vain kiinteitä laukaisuaikoja.

Huonona puolena on, että releistys ei sovi sammutettuun verkkoon. Näiden releiden toinen huono puoli on, että verkkokatkaisijoita ei voida asentaa näiden releiden perään, koska releiden asetteluparametrit ovat kiinteitä. Releistys ei siis toimisi selektiivisesti.

#### **Sorkkala**

Sorkkalan sähköasemalla releistys on tyyppiä REF, joka on numeerinen rele ja ottaa häiriötallenteet. Tämä reletyyppi soveltuu sammutukseen. Releistys on ajantasainen.

### 5.1.4 Katkaisijat ja niiden ajantasaisuus

Pirkkalan asemalla lähtöjen katkaisijoina toimivat OSAM 24D2-vähäöljykatkaisijat, jotka ovat vuodelta 1984. Vähäöljykatkaisijat ovat yleisiä vanhoilla sähkö- tai kytkinasemilla. Uusille asemille niitä ei enää asenneta, koska ne ovat ns. vanhentuneita katkaisijamalleja. Uudemmissa asemilla katkaisijat ovat yleensä tyhjökatkaisijoita tai SF6-katkaisijoita.

Sorkkalan asemalla lähtöjen katkaisijoina toimivat ABB AX1-tyhjökatkaisijat, jotka ovat vuodelta 2002. Tämä on suhteellisen uusi katkaisijamalli, mutta niitä ei enää nykyään valmisteta. Tämän katkaisijatyypin huolto onnistuu siitä huolimatta, vaikka niitä ei enää valmisteta, koska valmistaja pystyy tarjoamaan varaosia kyseiseen katkaisijaan.

## 5.2 Verkoston nykytila

Sähköverkoston nykytilaa määritettäessä tarkastelemme verkkoa verkkotietojärjestelmällä (Xpower), jonka avulla saamme verkosta johtolähdöittäin laskentatietoja.

Laskentatiedoista tärkeimpiä ovat, oikosulku-, tehonjako-, maasulku- ja luotettavuuslaskennat. Verkon luotettavuustiedoista merkittävimpinä voisi nostaa vika- ja jälleenkytkentä kustannukset (KAH), jännitekuoppakustannukset, asiakaskerrat (vika- ja jälleenkytkentäkerrat) ja muut olennaiset luotettavuustiedot.

Verkoston ns. "sähkötekniistä" tilaa tarkastelemme samoja parametreja, kuin johtolähdöittäin katsotuista, mutta myös verkon korvattavuutta huolto tai vikatilanteiden varalta sekä verkon mekaanista kestävyyttä ja kuntoa.

Hannu Leppämäki

Mekaanisen kestävyuden tarkastelussa pärjäämme hyvin pitkälti verkkotietojärjestelmällä. Maastossa tehtävien kunnossapitotarkastusten ansiosta, saamme verkkotietojärjestelmään realistiset ja ajantasaiset kunnossapitotiedot.

Merkittävin asia keskijänniteverkon mekaanisen kunnan tarkastelussa on pylväiden ja pylväissä olevien komponenttien ikääntyminen ja kunnan huonontuminen.

## 5.2.1 Perustiedot verkosta

Perustiedot verkosta saadaan periaatteessa verkkotietojärjestelmään ladattavasta tarkasteltavan alueen verkkokuvasta ja sen tekniset tiedot: oikosulku-, tehonjako-, maasulku- ja luotettavuuslaskennasta.

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty Pirkkalan ja Sorkkalan sähköasemien Xpowerin avulla saadut laskennalliset tiedot johtolähdöittäin.

$P_{laskettu}$	Päämuuntajaan vaikuttava kokonaisteho [kW]
$K\text{-aste}$	Päämuuntajaan vaikuttava kuormitusaste [%]
$I_{max}$	Maksimi virta [A], (tässä tapauksessa johtolähtöön vaikuttava)
$P_{max}$	Maksimi teho [kW], (tässä tapauksessa johtolähtöön vaikuttava)
$U_h$	Jännitehäviö [%]
$I>$	Aikalaukaisun virta-arvo [A]
$I>>$	Pikalaukaisun virta-arvo [A]
$I_{k3}$	3-vaiheinen oikosulkuvirta-arvo johto-osissa [%], ( $I_{k3} < 100\%$ oikosulkukestoinen, $I_{k3} > 100\%$ oikosulkukestoton.)
$I_{k2min}$	Pienin 2-vaiheinen oikosulkuvirta [A], (johtolähdöittäin)

**Taulukko 1. Pirkkala Sähköasema 25 MVA**

$P_{laskettu}$ (kW)	13 659
$K\text{-aste}$ (%)	55
Maasulkuvirta (A, 0 Ω)	51,5

Lähdöt	$I_{max}$ (A)	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
03 Sikojoki	36	1291	1,0	405	250	3000	104	897
04 Ojala	114	4029	0,5	114	300	3000	76	3358
07 Haikka	238	8339	2,3	3404	300	2900	71	2612
08 Naistenmatka	-	-	-	-	400	2400	-	-
09 Sankila	-	-	-	-	300	2400	-	-

Pirkkalan aseman lähdöt Naistenmatka ja Sankila syötetään nykytilassa Sorkkalan asemalta.

Hannu Leppämäki

**Taulukko 2. Sorkkalan Sähköasema 25 MVA**

$P_{laskettu}$ (kW)	8728
K-aste (%)	35
Maasulkuvirta (A, 0 Ω)	10

Lähdöt	$I_{max}$ (A)	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
04 Säijä	18	655	0,7	223	300	2000	96	883
06 Pirkkala	17	589	0,2	106	400	2300	118	2333
11 Lentoasema	52	1829	0,2	2	300	2000	68	1989
13 Arola	11	405	0,1	80	400	2500	111	2949
14 Tambest	20	701	0,0	1	300	4000	45	5003
15 Valkila	130	4549	3,1	1222	400	2500	96	1576

Edellä olevissa taulukoissa 1 ja 2, on kerättyä Pirkkalan ja Sorkkalan sähköasemien lähtöjen nykytilanteen sähköteknisiä tietoja. Taulukoissa on lihavoituna ja ympyröitynä niitä kohtia, jotka ylittävät Vattenfall Verkon tavoitteellisia raja-arvoja ja tästä syystä näille kyseisille johto-osille on tehtävä muutos tai parannusehdotuksia, jotta "viat" saadaan poistettua verkosta.

Pirkkalan aseman Haikan lähdön ylivirtareleen aikalaukaisu ( $I>$ ) asetteluarvoa pitää korjata, jotta suojaus saadaan toimimaan vaatimusten mukaisesti.

Aikalaukaisun ( $I>$ ) asetteluarvon pitäisi normaalitilassa olla 2,5-kertainen lähdön maksimivirtaan nähden. Nykytilassa olevalla ajallisella tehon huippuarvolla tämä suojaus ei toteudu.

Oikosulkukestottomia johto-osia nykytilassa on Pirkkalan aseman Sikojoen lähdössä ja Sorkkalan aseman Pirkkalan ja Arolan lähdöissä. Näissä kohdissa oikosulkuvirta-arvo ( $I_{k3}$ ) ylittää prosentuaalisesti vaaditun 100 % arvon.

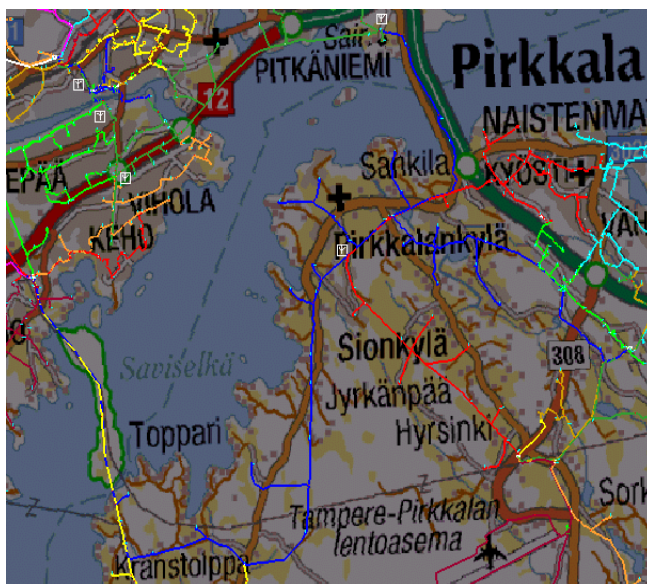
Haikan lähtö on nykytilassa kohtalaisen korkeassa kuormassa, koska maksimi teho on jo yli 8 (MW) Megawattia.

Tämä lähtö on otettava nykytilan kehittämissuunnitelmissa tarkastelun alle.

## 5.2.2 Verkon nykytilan mukaiset kytkennät

### *Pirkkalan aseman lähtö Sikojoki.*

Sikojoen lähtö kulkee Keskisentielle saakka samoissa pylväissä kahden muun (PAS70) lähdön kanssa. Lähtö jatkaa Keskisentietä luoteeseen aina Sikojoelle saakka, jossa lähtö haarautuu mennessä Pitkänniemen erotinasemalle ja Tervasuon sähköasemalle Anian



lähtöön. Kuluttajia lähdöllä on 405 kappaletta ja koko verkon johtopituus on n. 28 km, josta valtaosa on avojohtoa.

Vierellä olevassa kuvassa 3 on verkkotopologialla kuvattuna sinisellä värillä Sikojoen lähtö.

Kuva 3. Sikojoen lähtö.

### *Pirkkalan aseman lähtö Ojala.*

Ojalan lähtö haarautuu heti asemalta mennessä Vaitintien päähän olevaan Golf-Pirkkalaan ja Vaitintietä koilliseen mennessä lentoaseman tien alitse. Lentoaseman tien jälkeen lähtö haarautuu mennessä Metallitietä kiinni Kolmostiehen, jossa on jakoraja Haikan lähdön kanssa. Toinen haara menee Turkkitien päähän yli valtatie 3 (VT 3) päättyen Tuottotien puistomuuntamoon, jossa on jakoraja Sorkkalan sähköasemalta tulevan Lentoaseman

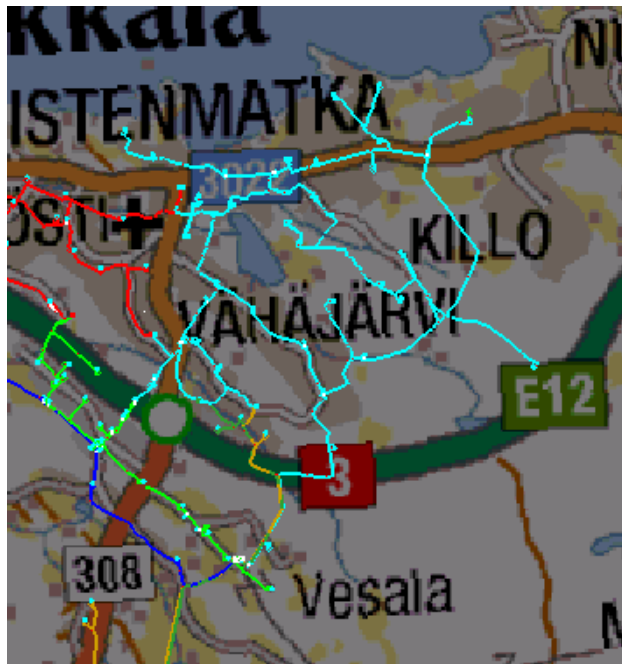


lähdön kanssa. Kuluttajia Ojalan lähdöllä on 117 kappaletta ja koko verkon johtopituus on 4,5 km. Lähdössä on avojohtoa, maakaapelia ja eniten kaikista päällystettyä avojohtoa (PAS). Ojalan lähtö on kuvattuna vieressä olevassa kuvassa 4 verkkotopologialla vihreällä värillä.

Kuva 4. Ojalan lähtö.

### ***Pirkkalan aseman lähtö Haikka.***

Haikan lähtö lähtee pohjoiseen yli VT 3, josta se menee kiinni Ollikantiellä olevaan



Seiväskorven erotinasemaan. Erotinasemalta lähtö haarautuu siten, että toinen haara kiertää Pirkkalan keskustassa sijaitsevat Vähäjärven itäpuolelta ja toinen haara kiertää järven länsipuolelta. Järven pohjoispuolella Naistenmatkan ja Haikan välissä haarat yhdistyvät yhdeksi isoksi renkaaksi.

Vieressä olevassa kuvassa 5 on verkkotopologialla kuvattuna vaaleansinisellä värillä Haikan lähtö.

**Kuva 5. Haikan lähtö.**

Haikassa Vattenfallilla on varasähkönsyöttöpiste Tampereen Sähkölaitoksen sähköverkon kanssa Lukonlahden kiinteistömuuntamolla.

Asiakkaita lähdöllä on 3294 kappaletta ja koko verkon johtopituus on n. 20 km.

Haikan lähtö on keskusta lähtö ja on valtaosin maakaapelia.

### ***Pirkkalan aseman lähtö Naistenmatka.***

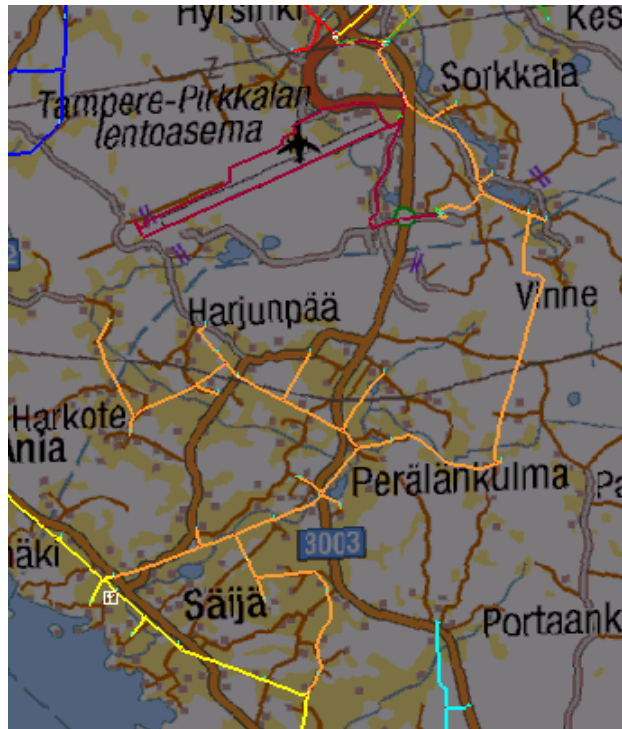
Pirkkalan asemalla lähdön naistenmatka katkaisija on auki. Tätä lähtöä syötetään Sorkkalan asemalta lähdöstä Arola.

### ***Pirkkalan aseman lähtö Sankila.***

Pirkkalan asemalla lähdön Sankila katkaisija on auki. Tätä lähtöä syötetään Sorkkalan asemalta lähdöstä Pirkkala.

### **Sorkkalan aseman lähtö Säijä.**

Säijän lähtö syöttää Pirkkalan eteläosia, mennen aina Lempäälään saakka. Ensimmäinen pieni haarautuminen verkossa tulee Lentoaseman varasyöttöpisteelle. Loppuverkko jatkaa Perälänkulmaan haarautuen taas Pirkkalantien läheisyydessä. Toinen haara päättyy



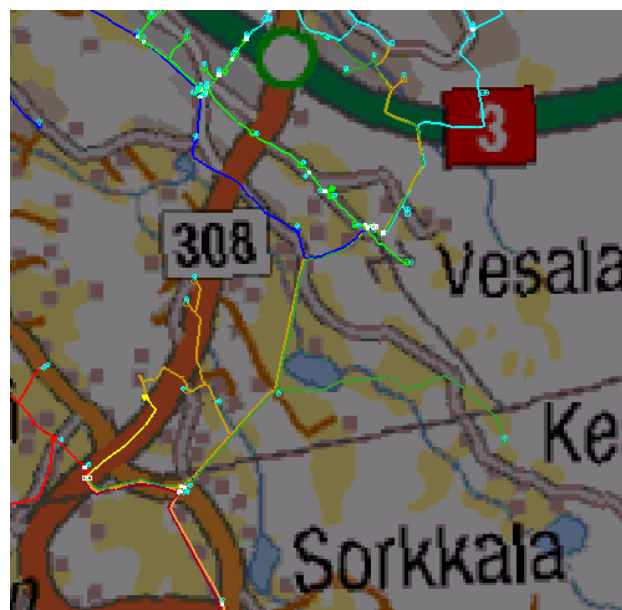
Kuva 6. Säijän lähtö

Kastariin Hongistontielle, toinen haara menee Säijään kiinni Tervasuon sähköasemalta tulevaan Vesilahden lähtöön tehden jakorajan Kiukaisen erottimella ja Säijän lähtö menee myös n. 3 km alempana kiinni Tervasuon Vesilahden lähtöön tehden toisen jakorajan Sullan erottimella.

Säijän lähtö on 90% avojohtoa, kuluttajia lähdön perässä on 223 kpl. Vieressä olevassa kuvassa 6 on verkkotopologialla kuvattuna oranssilla värillä Säijän lähtö.

### **Sorkkalan aseman lähtö Pirkkala.**

Tämä lähtö menee myös Pirkkalan sähköasemalle samaa reittiä samoissa pylväissä Arolan lähdön kanssa. Lähtö syöttää Pirkkalan asemalla olevaa Sankilan lähtöä. Pirkkalan asemalta lähtö jatkaa edelleen samoilla pylväillä Arolan lähdön kanssa aina yli VT 3,



Kuva 7. Pirkkalan lähtö.

kunnes lähdöt haarautuvat erisuuntiin Hopeatäpläntien päässä. Pirkkalan lähtö päättyy Hopeatäpläntiestä 300 m päässä sijaitsevaan puistomuuntamoon Keisarinviihtantiellä, tehden jakorajan Haikan lähdön kanssa. Vieressä olevassa kuvassa 7 on verkkotopologialla kuvattuna tumman vihreällä värillä Pirkkalan lähtö.

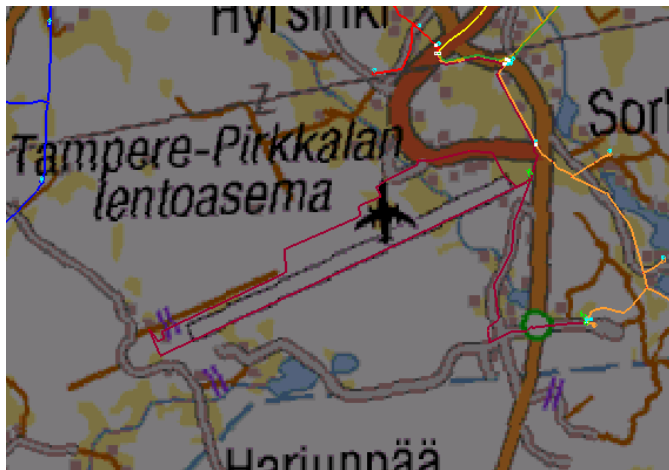
### ***Sorkkalan aseman lähtö Lentoasema.***

Lentoaseman lähtö on nimensä mukaisesti Pirkkalan lentoasemaa syöttävä lähtö.

Kotojärven erotinasemalta verkkoa on noin 750 m PAS-johtoa, muuten koko lähtö on maakaapelia. Kuluttajia lähdöllä on vain 2 kappaletta.

Lähdöllä on kaksi varasyöttöpistettä, kuluttaja 1 ja kuluttaja 2 varasyöttöpisteet.

Varasyöttöpisteiden välissä kulkeva 20kV maakaapeli on kuluttajien oma johto.



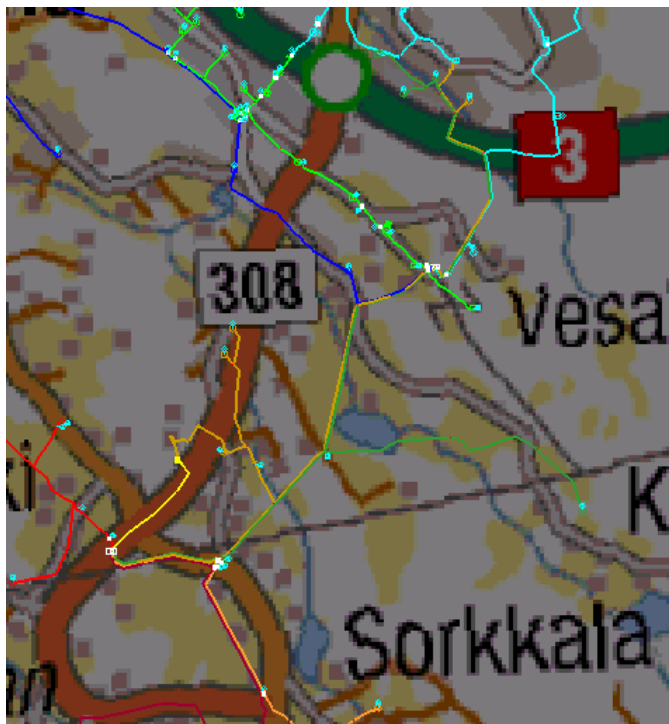
Vieressä olevassa kuvassa 8 on esitettyä verkkotopologialla tumman punaisella värillä Lentoaseman lähtö.

**Kuva 8. Lentoaseman lähtö.**

### ***Sorkkalan aseman lähtö Arola.***

Arolan lähtö lähtee pohjoiseen, kohti Pirkkalan sähköasemaa, Naistenmatkan lähtöön.

Matkalla lähtö haarautuu kerran menen Lentoasemantien alitse Tambestin muuntamolle.



Lähtö on renkaassa Tambestin lähdön kanssa.

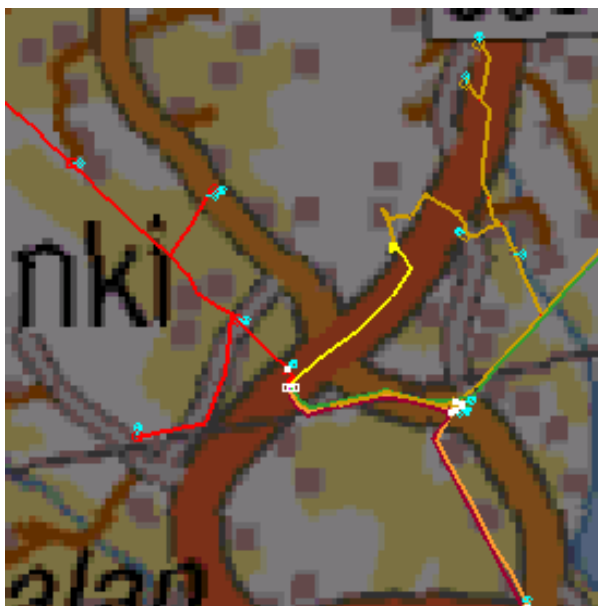
Pirkkalan sähköaseman Naistenmatkan lähdöstä, lähtö jatkaa kohti Pirkkalan keskustaa yli VT 3 päättyen Takamaantiellä sijaitsevaan Täplänkehräjän puistomuuntamoon. Lähtö on pääosin päällystettyä avojohtolinjaa(PAS), menen valtaosin teiden sivussa metsässä.

Kuluttajia lähdöllä on noin 80 kappaletta. Vieressä olevassa kuvassa 9 on verkkotopologialla kuvattuna Arolan lähtö vaalean oranssilla värillä.

**Kuva 9. Arolan lähtö.**

### ***Sorkkalan aseman lähtö Tambest.***

Tambest lähtö lähtee Lentoasemantien vierustaa maakaapelilla pohjoiseen n. 600 m alittaen sen jälkeen Lentoasemantien päättyen asiakasmuuntamoon. Tambestin lähdöllä



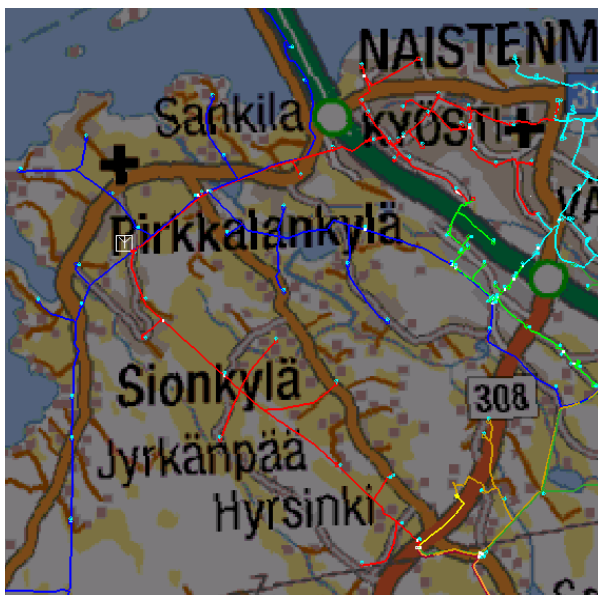
on vain yksi kuluttaja.

Vieressä olevassa kuvassa 10 on esitettyä Tambestin lähtö verkkotopologian keltaisella värillä korostettuna.

**Kuva 10. Tambestin lähtö.**

### ***Sorkkalan aseman lähtö Valkila.***

Valkilan lähtö lähtee kohti koilista n. 3,9 km Korteniityntiellä olevalle Karin kaukokäyttö-



erotinasemalle. Siitä lähtö jatkaa itään yli VT 3 aina Naistenmatkaan asti, jossa lähtö yhtyy Haikan lähtöön tehden jakorajan.

Kuluttajia tällä lähdöllä on 1222 kappaletta. Koko johtolähdön pituus on n. 18 km ja valtaosa lähdöstä on avojohtoa.

Vieressä olevassa kuvassa 11 on esitettyä Valkilan lähtö korostettuna verkkotopologian punaisella värillä.

**Kuva 11. Valkilan lähtö.**

### 5.2.3 Nykytilanteen luotettavuustiedot

Pirkkalan ja Sorkkalan sähköasemien nykytilanteen mukaiset luotettavuustiedot ovat esitettyinä johtolähdöittäin liitteessä 2.

Nämä nykytilan mukaiset luotettavuustiedot toimivat hyvänä vertailupohjana verkon kehittämiselle, koska verkon kehittämissuunnitelmilla on tavoitteena ja kriteerinä parantaa verkon luotettavuutta.

Alla on seuraavaksi selitettynä VFV:n käyttämiä keskeisimpiä ja tärkeimpiä RNA-laskennalla saatavia luotettavuustietoja:

**”Asiakkaita [kpl]** Asiakkaiden lukumäärä.

**Vikoja [kpl/a]** Vikataajuus kerrotaan korjaukseen vaadittavalla ajalla.

**Sähköttömiä ajanjaksojen summa [min/a]** Vikataajuus kerrotaan korjaukseen vaadittavalla ajalla.

**Työkeskeytyksiä [kpl/a]** Verkon osan työkeskeytystaajuus kerrotaan yhteenlasketulla pituudella tai määrällä.

**Pikajälleenkytkentöjä, Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]** Verkon osan jälleenkytkentätaajuus kerrotaan yhteenlasketulla pituudella tai määrällä.

**Vika-asiakaskerrat [kpl/a]** Verkon osan vikojen määrä kerrotaan verkon osan asiakkaiden määrällä.

**Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]** Verkon osan jälleenkytkentöjen määrä kerrotaan verkon osan asiakkaiden määrällä.

**Vikakeskeytysten kustannukset [€]** Vikakeskeytysten kustannukset saadaan laskemalla yhteen asiakas luokittain kunkin keskeytystä koskevan asiakkaan KAH-arvot.

**Jälleenkytkentä kustannukset [€]** Jälleenkytkentäkustannukset sisältävät AJK-kustannukset ja PJK-kustannukset.”[27]

### 5.2.4 Sähkötekniinen tila

#### 5.2.4.1 Ongelmakohtat

Tässä työosiossa määritetään verkon nykytilan ongelmakohtia, oikosulkua kestäättömien ja suurihäviöisten johtojen-, jännitteen aleneman-, tehonsiirron pullonkaulojen- ja verkon mekaanisen kunnon osalta. Nämä edellä mainitut asiat ovat tärkeitä kriteereitä verkon suunnittelussa ja mitoituksessa, joiden tavoitteiden ja vaatimusten mukaiset arvot pitää sähköverkon nykytilassa täytyä. Jos esimerkiksi verkon nykytilassa oikosulkukestoisuus johdolla ylittyy tai tehohäviöt ovat jollain johdolla suuret, niin on tämä verkolle ongelmakohta.

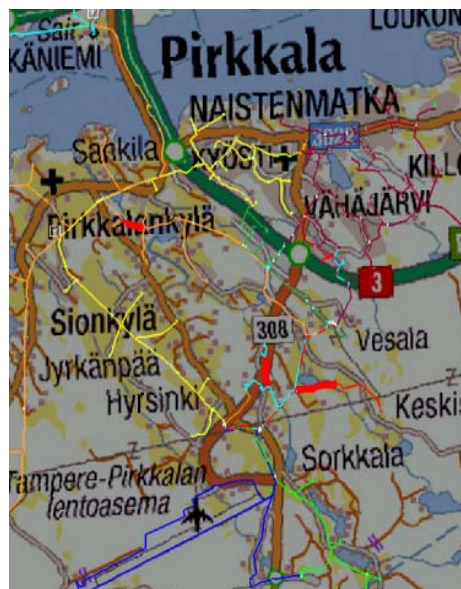
Alla olevassa vasemmanpuoleisessa kuvassa 12 on merkattuna punaisella vahvistetulla viivalla Pirkkalan alueen sähkönjakeluverkon oikosulkua kestävämmät johdot normaali tilassa.

Oikosulkua kestävämmiä johtoja on Pirkkalan aseman lähdössä Sikojoki ja Sorkkalan aseman lähdöissä Arola ja Pirkkala.

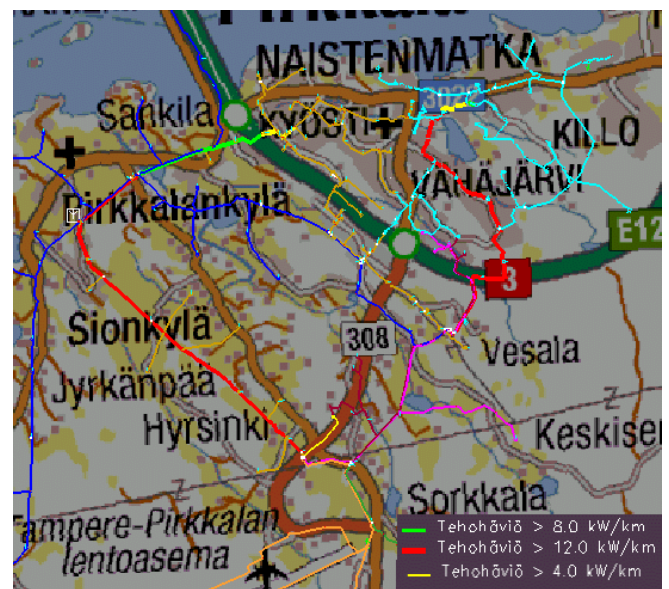
Suurihäviöisiä johtoja normaalitilassa on Haikan ja Valkilan lähdöissä. Tämä johtuu siitä, että kummatkin lähdöt ovat suhteellisen suuressa kuormassa ja ennen kuin kuorma hajoo säteittäiseksi, se kulkee yhtä runkojohto-osaa myöten, jossa häviöitä sitten syntyy.

Verkossa olevat suuret tehohäviöt ovat kuvattuna kuvassa 13.

Liian suurella jännitteen alenemalla olevia johtoja normaalitilassa ei Pirkkalan kunnan jakelualueella ole.



Kuva 12. Oikosulkua kestävämmät johto-osat.



Kuva 13. Tehohäviöt.

Xpowerin AM-laskennalla pystytään laskemaan tehohäviöiden aiheuttamat kustannukset johto-osa- tai johtolähtökohtaisesti.

Alla on esitettyä AM-laskennan tehohäviöiden aiheuttamat kustannukset vuodessa, kuvan 13 punaisella vahvistettujen johto-osien osalta, joiden tehohäviöt ovat vuodessa yli 12 kW/km.

AM-laskennassa käytetyt parametrit:

- Pitoaika 1 vuosi
- Häviöhinta 0,021 €/kWh.

Taulukko 3. Tehohäviöiden aiheuttamat kustannukset.

Johto-osan tunnus	Pituus yhteensä [m]	Tehohäviökustannukset, a [€]
APY 185	81	112
PAS 120	1604	3598
APY 120	2074	2284
<b>Yhteensä</b>	<b>3759</b>	<b>5994</b>

Kuten taulukosta 3 voi havaita, on tehohäviöiden aiheuttama vuotuinen kustannus noin 6000 €.

Tästä voidaan päätellä, että korjaustoimenpiteet tämän asian korjaamiseksi tulisi maksamaan itsensä häviökustannuksilla takaisin hyvinkin nopealla tahdilla. Yhtenä korjaustoimenpiteenä voisi olla vaikka runkojohdon vahvistaminen. Tämä on vain hankala ratkaista käytännössä, koska valtaosa runkojohdosta on maakaapelia ja maakaapelin rinnalle vahvistaminen on huomattavasti vaikeampaa ja harvinaisempaa kuin ilmalinjan.

#### 5.2.4.2 Tehonsiirron pullonkaulat

Keskijänniteverkon tehonsiirron pullonkauloja etsiessä, tarkastellaan verkosta esimerkiksi sellaisia tilanteita tai sellaisia johto-osia, jotka rajoittavat verkon tehonsiirtoa.

Keskijänniteverkon tehonsiirron pullonkauloja etsiessä tarkastelun kohteeksi lähdössä otin johto-osien kuormitusasteet, jännitteen alenemat ja tehohäviöt.

Nykytilan tarkastelussa ainoastaan Pirkkalan sähköaseman Haikan lähdössä on sen korkean kuormituksen ansiosta syntynyt tehonsiirron pullonkaula.

Haikan lähdössä kaikki energia ajetaan yhtä maakaapelia (APY 120) pitkin keskustaan, missä se silmukoituu eri haaroihin jakaen sähköä koko Pirkkalan keskustaan.

Tässä maakaapelissa (APY 120) on nykytilassa 120% kuormitusaste ja sen tehohäviöt ovat yli 12 kW/km.



**Kuva 14. Nykytilassa olevat suuret kuormitusasteet johto-osissa.**

Sinisellä kuvaan piirretty Haikan lähdön ”jakoraja”, joka on korkean kuormitusasteen takia tarkastelun alla. Kuvassa 14 punaisella pienemmässä renkaassa on johto-osa (APY 120), jonka kuormitusaste nykytilassa on noin 120 %.

### **Tehojen kasvaessa**

Lisäsin tehoja Pirkkalan verkkoon tavoiteverkkosuunnitelmani mukaisesti, jotta pystytään seuraamaan tuleeko pullonkauloja lisää verkkoon kun tehot kasvaa.

Pääasiallinen kuormitusten kasvu kohdentuu nykytilassa olevaan Haikan lähtöön, koska se sähköistää periaatteessa koko Pirkkalan keskustan. Tästä syystä tehonkasvu muissa lähdöissä ei tule olemaan niin suurta ja tämä tehonkasvun tarkastelu keskittyy siis pääasiassa Haikan lähtöön.

Tehoja kasvattaessa mikään ei oleellisesti muutu, vaan edelleen pullonkaulaksi muodostuu johto-osa joka syöttää yhdestä kohtaa sähköä koko Pirkkalan keskustaan.

Jos tehot lisääntyisivät tulevaisuudessa oleellisesti Kurikassa, voisi Kurikkaa syöttävä maakaapeli (AHXAMK-W 95) tulla tehonsiirron pullonkaulaksi. Tässä kyseisessä johto-osassa kuormitusten kasvaessa Kurikassa noin 1 MW:n on verkon jännite noin 19,90 kV. Jos kuormitukset vielä kasvaisivat Kurikan alueella voisi jännitteen alenemasta ja johdon kuormitettavuudesta sillä johto-osuudella tulla ongelma.

### Korvaustilanteessa

Pirkkalan aseman korvaustilanteessa kuvan 15 Arolan (turkoosi) lähtö korvaa suuritehoista Haikan lähtöä. Tästä suuresta kuormituksesta ja suhteellisen pitkästä syöttömatkasta johtuen Arolan lähdössä punaisella merkityssä kohdassa tehohäviöt kasvavat yli 12 kW/km. Mustalla ympyrällä on merkitty Arolan lähtöön korvaustilanteessa esiintyvä ”pullonkaula”. Tämä merkitty kohta on Sparrow 40-johto-osa, mikä rajoittaa tehonsiirtoa. Muut johto-osat Arolan lähdössä ovat päällystettyä ilmajohtoa (PAS70, PAS120) ja maakaapelia (AHXAMK-W 185).



Kuva 15. Korvaustilanteessa esiintyvät tehohäviöt lähdöissä.

Valkilan lähdössä esiintyy myös korvaustilanteessa suuria tehohäviöitä, jotka ovat merkittynä yllä olevaan karttaan punaisella vahvistetulla värillä. Tehohäviöt kasvavat normaalitilanteeseen verrattuna siksi, koska Valkilan lähtö korvaa osan suuri-kuormaisesta Haikan lähdöstä. Tehonsiirron pullonkaula syntyy Valkilan lähtöön mustalla ympyrällä merkittyyn paikkaan, koska siinä kohdassa pienineliöinen ilmajohto (Sparrow 40) rajoittaa tehonsiirtoa oleellisesti. Muu linja Valkilan lähdössä on (Pigeon 99) ilmajohtoa.

### 5.2.4.3 Jakeluverkon mekaaninen kunto

Verkon mekaanista kuntoa tarkastetaan laajamittaisesti noin 6 vuoden väliajoin kunnossapitotarkastuksilla, ulkopuolisia tarkastajia hyväksi käyttäen. Ennakoiva kunnossapito on suunnitelmallista toimintaa, jonka tarkoituksena on varmistaa turvallisuutta, ehkäistä häiriöitä ja ylläpitää käyttövarmuutta. Kunnossapitotarkastuksissa kerätään tietoa verkostokomponenttien kuntoisuudesta. Tällä tavalla on helpompi määrittää tulevat verkon huoltoinvestoinnit ja samalla saadaan verkolle mahdollisimman pitkä elinkaari.

Näissä kunnossapitotarkastuksissa tarkastetaan pien- ja keskijänniteverkon osalta erinäisiä verkostokomponentteja, esimerkiksi jakokaapit, muuntajat, erottimet ja katkaisijat yms. Tarkastuksessa tehdään pylväiden osalta pylväille mm. lahoisuustarkastus. Tämä tehdään yleensä 30 vuotta vanhoille ja sitä vanhemmille pylväille, jos sitä vielä ei ole tehty. Lahoisuustarkastus tehdään siis vain kerran pylvään eliniän aikana./6/ Nämä saadut kuntotarkastustulokset päivitetään verkkotietojärjestelmään, jonka avulla verkonsuunnittelija saa mahdollisimman tuoreen ja realistisen kuntotiedon suunnittelukohteena olevasta verkosta. Myös maastossa tehtävät työt ja lentämällä kuvattu verkkodokumentti kartoittaa verkon mekaanista kuntoa.

Verkostokomponenteille asetetaan pitoajat, jonka perusteella pystytään määrittämään sähköverkon käyttöikä. Pitoajan perusteella saadaan laskettua myös verkon tekninen nykyarvo ja elinkaarikustannukset.

Esimerkiksi laskutettavissa johdon siirtotöissä määritellään ensisijaisesti johdon jäljellä oleva käyttöikä, joka määrää asiakkaalle koituvan siirtokustannuksen.

Vattenfall Verkko Oy:n menettelyohjeen mukaiset pitoajat keskijänniteilmajohdolle ja keskijännitekaapelille on esitetty alla:

Keskijänniteilmajohdot	pitoaika 40 v
Keskijännitekaapelit	pitoaika 45 v

Energiamarkkinavirasto päivittää vuotuisesti kyselylomakkeella kaikkien Suomen verkonhaltijoiden sähköverkon komponenttien määrä - ja pitoaikatiedot, jolla saadaan määritettyä ilmajohtojen ja maakaapeleiden pitoaikojen keskiarvot.

Keski-ikä tiedotkin on ilmoitettu ennen tähän samaan kyselyyn, mutta tulevaisuudessa ikätietoa ei tarvitse ilmoittaa.

Alla on taulukossa 4 esitettyä 20 kV ilmajohtojen ja maakaapeleiden teknistaloudellisten pitoaikojen vaihteluvälit vuodelta 2005 energiamarkkinaviraston teettämän kyselyn mukaisesti.

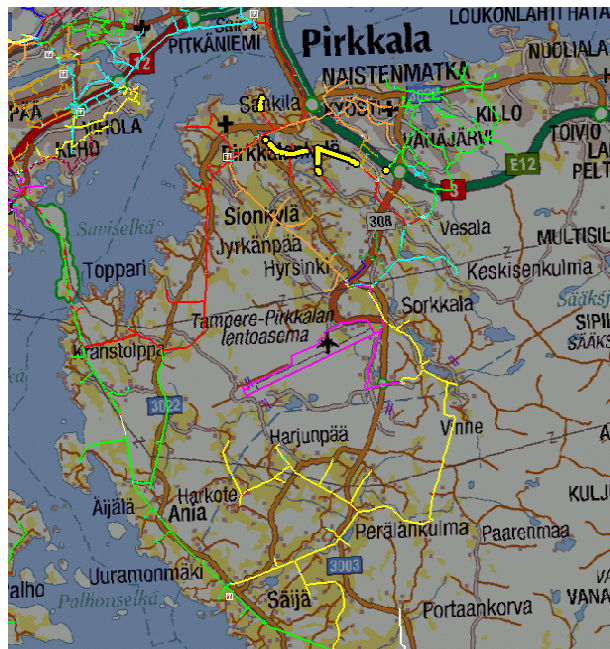
**Taulukko 4. Energiamarkkinaviraston ilmoittamat pitoaikojen vaihteluvälit vuonna 2005. /16/**

	Pitoaikojen vaihteluväli vastauksissa
Keskijänniteilmajohdot	<b>30 - 45 v</b>
Keskijännitekaapelit	<b>30 - 45 v</b>

Verkkotietojärjestelmän (Xpower) hakuohjelmaa apuna käyttäen verkosta pystyy etsimään tietyillä hakukriteereillä erinäisiä verkostokomponentteja, kuten mm. kuluttajia, johto-osia, muuntamoita ja erottimia.

Alla esitettyihin kuviin on haettu Pirkkalan kunnan jakelualueelta ikääntyviä keskijännitepylväitä.

Kuvassa 16 on esitettyä keltaisella vahvistetulla värillä keskijännitepylväitä, jotka ovat



vuodelta 1950-1953, eli noin 55 vuotta vanhoja. Näistä pylväistä valtaosa on merkitty yhdellä tai jopa kahdella keltaisella nauhalla. Näin vanhojen pylväiden uusiminen tulee varmasti eteen seuraavan 10 vuoden sisällä.

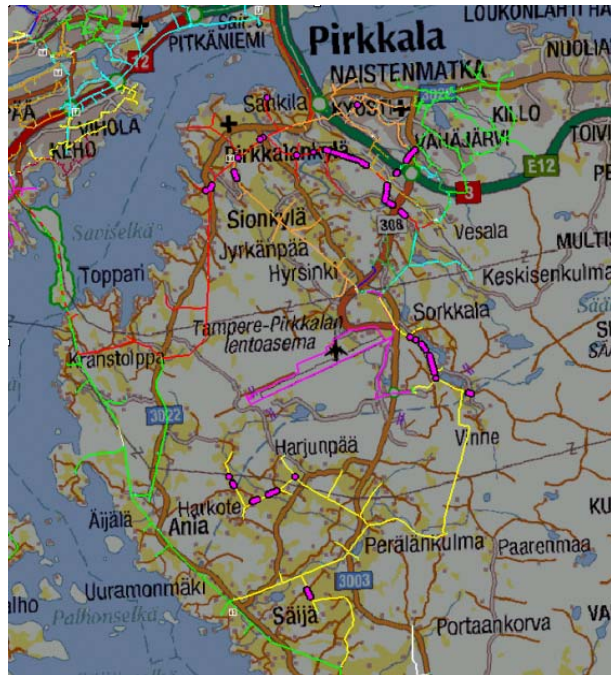
Käytännössä tämä Pirkkalan sähköaseman Sikojoen lähdön alku puretaan tulevaisuudessa vaiheittain pois ja rakennetaan uusi PAS-linja tai aurataan uusi maakaapeli-linja teiden varsille.

**Kuva 16. Keskijännitepylväät vuodelta 1950-1953.**

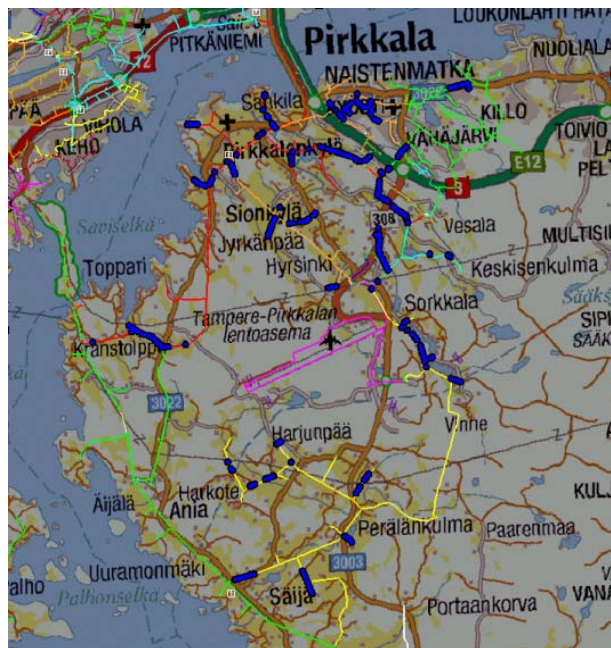
Kuvassa 17 on esitettyä violetilla vahvistetulla värillä keskijännitepylväitä, jotka ovat vuodelta 1950-1968, eli vähintään noin 40 vuotta vanhoja.

Periaatteessa näidenkin pylväiden pitoajat ovat tulleet tiensä päähän. Käytännössä 40 vuotta vanhat pylväät voivat olla vielä suhteellisen hyvässä kunnossa.

Riippuu hyvin pitkälti kyllästyksen laadusta ja maaperästä missä pylväs on, että kuinka nopeasti pylväs lahoaa.



**Kuva 17. Keskijännitepylväät vuodelta 1950-1968.**



**Kuva 18. Keskijännitepylväät vuodelta 1950-1978.**

Kuvassa 18 on esitettyä sinisellä vahvistetulla värillä keskijännitepylväitä, jotka ovat vuodelta 1950-1978, eli vähintään noin 30 vuotta vanhoja.

Kaiken kaikkiaan Pirkkalan kunnan alue on mekaanisen kuntonsa puolesta suhteellisen hyvässä kunnossa. Koko Pirkkalan keskusta on pääasiassa maakaapeliverkkoa, lukuun ottamatta harvoja avojohto tai PAS-johto-osia.

Hannu Leppämäki

Sikojoen ja Säijän lähdöt muistuttavat Pirkkalassa hieman maaseutuverkkoa, pitkien johtolähtöjensä ja valtaosin avolanka verkon ansiosta. Kummatkin lähdöt ovat melko kevyellä kuormalla, eikä niiden perässä ole teollisuutta tai keskusta-asutusta.

Runkojohdotkin kulkevat yleisesti teiden varsia ja peltoja pitkin, joten myrskyvikoja näillä peltojohto osuuksille hyvin harvoin tulee.

Mekaanisesti huonoimmassa kunnossa Pirkkalan alueella on Sikojoen lähdön kohta, jossa on noin 55 vuotta vanhoja pylviäitä, joista valtaosa on merkitty joko yhdellä tai kahdella keltaisella nauhalla.

Nämä keltaiset nauhat ilmaisevat pylvään kunnan tai itse asiassa sen heikkouden. Yhden nauhan pylväisiin saa vielä kiivetä, kunhan pylvästä lähtee ainakin kahteen eri suuntaan johtoja. Kahden nauhan pylväisiin ei saa kiivetä ollenkaan, ellei pylvästä tueta jollain ulkopuolisella voimalla, kuten nostopuomilla tai jollain muulla vastaavalla tuella./8/  
Pääasiassa tällaisiin pylväisiin mennään nostokorin avulla, jos maasto vain sen sallii. Yleensä vanhoja keskijännitepylväitä uusitaan vasta silloin, kun niiden heikkous tulee ns. ”ajankohtaiseksi”. Esimerkiksi jos kyseisellä johtolähdöllä esiintyy vikoja tai pylväiden kunto estää jonkin uuden ratkaisun rakentamisen.

Massiivista pylväiden uusintaa tai korvaamista maakaapelilla ei varsinaisesti tehdä, ellei kyseessä oleva paikka ole säävarma kohde. Mutta jos lähdön luotettavuustilastot ovat tavoitteen mukaiset eikä lähdöllä esiinny huonon mekaanisen kuntosensa vuoksi paljon vikoja, ei pylviäitä myöskään vaihdeta vaikka ne olisivatkin huonossa kunnossa ja lahoja.

#### 5.2.4.4 Kriittiset verkkonkohdat

Kriittisillä kohdilla tavoiteverkkosuunnitelmassa tarkoitetaan kohtia verkossa, jonka vikaantumisesta todennäköisesti aiheutuisi mittavia ja laajakestoisia keskeytyksiä. Tavoiteverkkosuunnitelman alueella voi nostaa esiin kaksi kriittistä kohtaa johtolähdöissä, jotka ovat esitettyinä kuvassa 19:

- Haikan lähdön nykytilan tehonsiirron pullonkaula kohta.
- 3 PAS-lähtöä samoissa pylväissä.



Kuva 19. Kriittiset kohdat lähdöissä.

## 5.2.5 Tulevaisuuden releasettelut johtolähdöittäin

Alla on esitettyä Pirkkalan sähköaseman oikosulkureleasettelut. Nämä asetteluarvot eivät ole vielä tällä hetkellä aseteltuna, koska ne ovat suunniteltu vuoden 2008 vaihteessa, tavoiteverkkosuunnitelman kytkentämuutoksia apuna käyttäen, jossa aseman johtolähdöt ovat jaoteltu uudelleen. Releet tullaan koestamaan tämän kevään aikana uusilla asetteluarvoilla johtolähtöjen osalta.

Tähän tavoiteverkkosuunnitelmaan uudet suojausasettelut otetaan huomioon kytkentämuutoksien tehtävissä kehittämissuunnitelmissa.

Releasettelut otetaan huomioon siksi vasta kehittämissuunnitelmissa, koska näin näemme parhaiten, mikä vaikutus näillä uusilla asetteluarvoilla on verkon nykytilanteeseen verrattuna.

$I > [A]$	Aikalaukaisu
$I >> [A]$	Pikalaukaisu
$t_1 [s]$	Aika ennen pikajälleenkytkentää
$t_2 [s]$	Aika pikajälleenkytkennän jälkeen
$t_3 [s]$	Aika aikajälleenkytkennän jälkeen
$t_{pjk} [s]$	Pikajälleenkytkennän jännitteetön aika
$t_{ajk} [s]$	Aikajälleenkytkennän jännitteetön aika

**Taulukko 5. Pirkkalan sähköaseman ylivirtareleasetteluarvot.**

Lähtö	$I > (A)$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$I >> (A)$	$t_1$	$t_2$	$t_3$
01 Vara	300	0,3	0,3	0,5	3000	0,15	-	-
02 Vara	300	0,3	0,3	0,5	3000	0,15	-	-
03 Sikojoki	300	0,3	0,3	0,5	3000	0,15	-	-
04 Ojala	400	0,3	0,3	0,5	3000	0,15	-	-
07 Haikka	600	0,3	0,3	0,5	3000	0,15	-	-
08 Naistenmatka	600	0,3	0,3	0,5	3000	0,15	-	-
09 Sankila	600	0,3	0,3	0,5	2500	0,15	-	-
11 Kondensaattori	120	0,25	-	-	800	0,15	-	-

Pikajälleenkytkennän jännitteettömät ajat kaikissa lähdöissä 0,3s ja aikajälleenkytkennän jännitteettömät ajat kaikissa lähdöissä 60s.

Pirkkalan sähköasemalla aikaa pikajälleenkytkennän jälkeen ( $t_2$ ) ja aikaa aikajälleenkytkennän jälkeen ( $t_3$ ) ei voida vanhan releistyksensä puolesta asettaa. Siksi nämä kohdat eivät ole yllä olevassa taulukossa 5 aseteltuna.

Hannu Leppämäki

Alla on esitettyä Pirkkalan sähköaseman maasulkureleasettelut.

**Taulukko 6. Pirkkalan sähköaseman maasulkureleasetteluarvot.**

Lähtö	$I_{Dir}(A)$	$t1$	$t2$	$t3$	$u0(\%)$
01 Vara	2	0,3	0,3	0,3	4
02 Vara	2	0,3	0,3	0,3	4
03 Sikojoki	2	0,3	0,3	0,3	4
04 Ojala	2	0,3	0,3	0,3	4
07 Haikka	1,5	0,3	0,3	0,3	4
08 Naistenmatka	1,5	0,3	0,3	0,3	4
09 Sankila	1,5	0,3	0,3	0,3	4

Seuraavaksi alla on esitettyä Sorkkalan sähköaseman suojausasettelut taulukossa 7.

Nämä asetteluarvot ovat tavoitteen mukaiset, eivätkä ole menossa koestukseen lähitulevaisuudessa.

**Taulukko 7. Sorkkalan sähköaseman ylivirtareleasetteluarvot.**

Lähtö	$I_{>}(A)$	$t1$	$t2$	$t3$	$I_{>>}(A)$	$t1$	$t2$	$t3$
04 Säijä	300	0,3	0,3	0,5	2000	0,15	0,15	0,25
06 Pirkkala	400	0,3	0,3	0,5	2300	0,15	0,15	0,25
11 Lentoasema	300	0,9	-	-	2000	0,25	-	-
13 Arola	400	0,3	0,3	0,5	2500	0,15	0,15	0,20
14 Tambest	300	0,9	-	-	4000	0,25	-	-
15 Valkila	400	0,3	0,3	0,5	2500	0,15	0,15	0,20

Pikajälleenkytkennän jännitteettömät ajat kaikissa lähdöissä 0,3s ja aikajälleenkytkennän jännitteettömät ajat kaikissa lähdöissä 60s.

Seuraavaksi alla on esitettyä taulukossa 8 Sorkkalan sähköaseman maasulkureleasettelut. (Tähtipiste maasta erotettu, kaksiportaisena)

**Taulukko 8. Sorkkalan sähköaseman maasulkureleasetteluarvot (maasta erotettu).**

Lähtö	$I_{0>>}(A)$	$t1$	$t2$	$t3$	$u0(\%)$
04 Säijä	2,2	0,15	0,15	0,15	3,5
06 Pirkkala	2,2	0,15	0,15	0,15	3,5
11 Lentoasema	1,0	0,8	-	-	3,5
13 Arola	2,2	0,15	0,15	0,15	3,5
14 Tambest	2,2	0,15	-	-	3,5
15 Valkila	2,2	0,15	0,15	0,15	3,5

Sorkkalan asemalla on sammutus, joten Sorkkalan asemalle on aseteltu sammutetun verkon taulukossa olevat asetteluarvot.

Maasta erotetun verkon asetteluarvotkin on esitetty taulukossa 8, koska ne ovat taustaasetteluna Sorkkalan releissä jos jostakin syystä sammutus pitää kytkeä pois käytöstä.

Sammutettu verkko, (kaksiportaisena)

**Taulukko 9. Sorkkalan sähköaseman maasulkureleasetteluarvot (sammutettu).**

<b>Lähtö</b>	<b><math>I_{0&gt;&gt;}(A)</math></b>	<b><math>t_1</math></b>	<b><math>t_2</math></b>	<b><math>t_3</math></b>	<b><math>u_0(\%)</math></b>
04 Säijä	2,2	0,5	0,5	0,5	15
06 Pirkkala	2,2	0,5	0,5	0,5	15
11 Lentoasema	1,0	0,8	-	-	15
13 Arola	2,2	0,5	0,5	0,5	15
14 Tambest	2,2	0,5	-	-	15
15 Valkila	2,2	0,5	0,5	0,5	15

Vattenfall Verkko Oy:n käyttämät tavoitearvot maasulkusuojausajan aika-asetteluihin ovat:

$t = 0,3 \text{ s} \rightarrow$  maasta erotettu verkko

$t = 0,5 \text{ s} \rightarrow$  kompensoitu verkko

Taulukoista 7, 8 ja 9 on lähdöistä Lentoasema ja Tambest jätetty ajat pikajälleenkytkennän jälkeen ( $t_2$ ) ja aikajälleenkytkennän jälkeen ( $t_3$ ) asettelematta. Tämä ei johdu siitä, että arvoja ei voisi asettaa vaan siitä, että joistain lähdöistä jälleenkytkentöjä jätetään tahallisesti asettelematta. Tämä johtuu siitä, että jotkut asiakkaat pitävät nopeita sähkökatkoksia pahempana asiana kuin pitkiä niiden tietoteknisten järjestelmien takia.

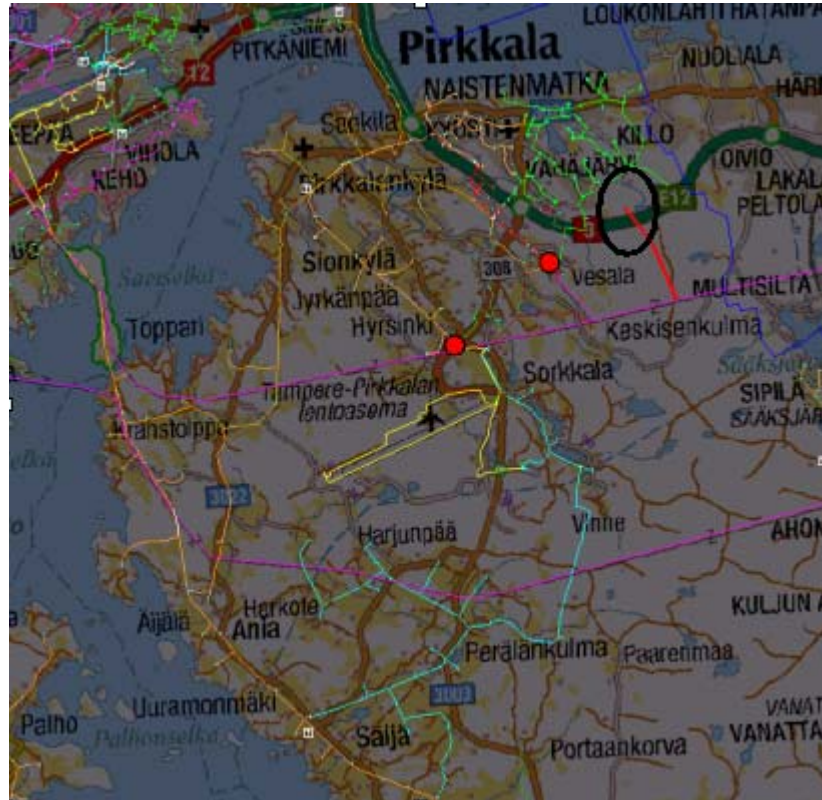
## 5.2.6 110 kV johtojen varaukset ja suunnitelmat

Pirkkalan yleiskaavaluonnoksessa 2020 ei ole merkittynä aluevarauksia 110 kV voimajohdoille eikä sähköasemille. Vattenfall Verkko Oy on antanut lausunnon 29.8.2006 Pirkkalan kunnalle 110 kV voimajohdon sekä sähköaseman aluevarauksista.

Uuden sähköaseman tarkempi sijainti tai johdon rakentamisaikataulu ei kyseistä lausuntoa laatiessa ollut tiedossa.

Pirkkalan kunnalta ei ole tullut 110 kV voimajohdon ja sähköaseman aluevarauslausunnon jälkeen Vattenfall Verkko Oy:lle palautetta kyseistä asiaa kohtaan. Yleensä jos Pirkkalan kunnalla olisi jotain lähetettyä suunnitelmaa vastaan, niin he ilmaisivat sen takaisin lähetetyllä lausunnolla, jossa kävisi ilmi nämä suunnitelman vastaiset "negatiiviset" seikat. Silloin kun Pirkkalan kunta ei vastaa lausuntoon voidaan yleensä olettaa, että kunnan kaavoittajat ottavat huomioon tämän lähetetyn lausunnon ja sen suunnitelmat tulevissa kaavoituksissa kyseisen alueen lähellä.

Alla olevassa kuvassa on kahdella punaisella pisteellä ilmaistu Pirkkalan sekä Sorkkalan sähköasemien paikat. Punaisella vahvistetulla viivalla kartalla on ilmaistu 110 kV johtoalueen varaus ja mustalla ympyrällä on kaavailtu aluetta, johon tulevaisuudessa voisi Pirkkalan kolmas sähköasema "Pirkkala itä" rakentua.



Kuva 20. 110 kV asema (Pirkkala itä) ja johtovaraus.

### 5.3 Korvaustarkastelu nykytilassa

Sähköaseman korvaustarkastelulla tarkoitetaan siis suunnitelmaa, jonka avulla selvitetään sähkönjakelun toimivuus tilanteessa, jossa häiriö aiheutuu vikatilanteen, huolto- tai korjaustöiden tms. johdosta.

Korvaustilanteessa oletetaan, että yksi päämuuntaja on pois käytöstä, eli noudatetaan yhden vian periaatetta (n-1).

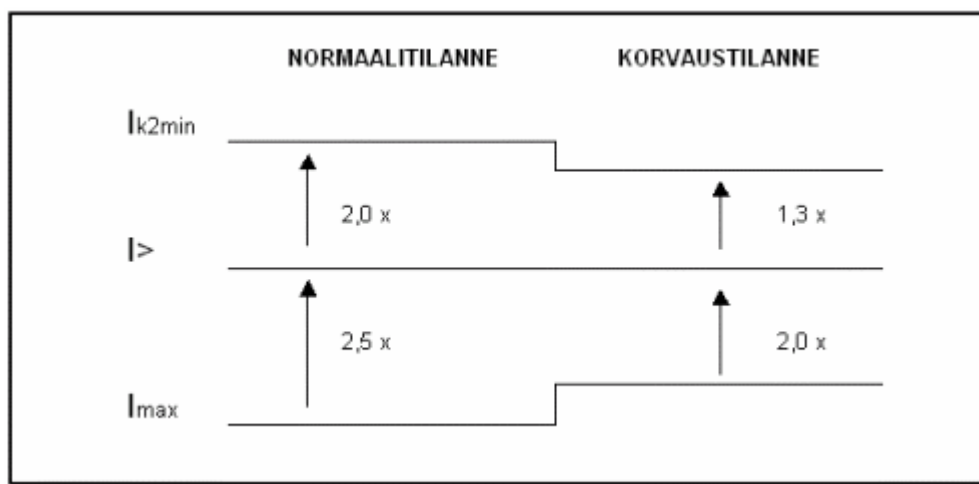
Tässä tavoiteverkkosuunnitelmassa esiintyvissä korvaustarkasteluissa on otettu korvaustarkasteluun erityistapaus, jossa kojeisto otetaan jännitteettömäksi päämuuntajan lisäksi. Tämä ei olisi välttämätöntä korvaustilanteessa, mutta tällä tilanteella varaudutaan ns. pahimpaan.

Nykytilanteen korvaustarkastelusta saadut tulokset ja karttakuvat ovat tarkemmin esitettyinä liitteessä 2.

Johtojen on kestettävä myös korvaustilanteessa 3-vaiheinen oikosulku ja myös ylivirtareleen pitää toimia lähdön pienimmällä 2-vaiheisella oikosulkuvirralla. Eli verkon pitää korvaustilanteessakin toimia turvallisesti.

Koska korvaustilanteessa oletetaan, että verkossa on jo yksi suuri vika, on korvaustilanteessa käytössä tämän takia aavistuksen pienemmät suojauskriteerit.

Alla olevassa kuvassa 21 on esitettyä kuinka aikalaukaisun virta-asettelut mitoitetaan normaali sekä korvaustilanteessa.



Kuva 21. Normaalitilanteen ja korvaustilanteen erot. /6/

Kuvan 21 mukaisesti ensimmäisen portaan laukaisuvirta ( $I_{>}$ ) asetellaan siten, että normaalitilanteessa  $I_{>}$  on vähintään 2,5-kertainen johdon kuormitusvirtaan ( $I_{max}$ ) verrattuna, ja johtolähdön pienin kaksivaiheinen oikosulkuvirta  $I_{k2min}$  vähintään  $2,0 \times I_{>}$ . Korvaustilanteessa  $I_{>}$  on vähintään  $2,0 \times I_{max}$ , ja  $I_{k2min}$  vähintään  $1,3 \times I_{>}$ .

## 5.4 Erityiskohteet

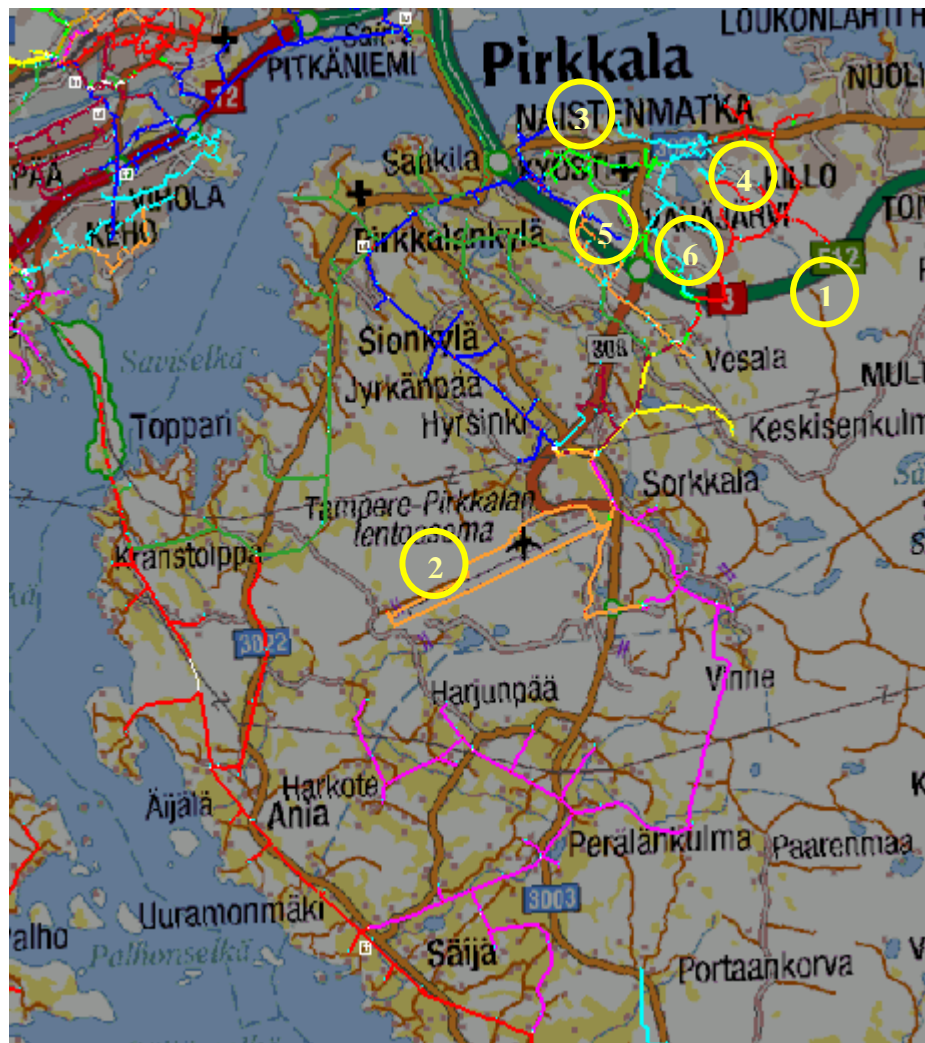
Pirkkala sähköjakelualueella ns. erityiskohteeksi voisi nostaa joitakin suurella liitännätehdolla olevia asiakkaita. Nämä asiakkaat voidaan lukea erityiskohteeksi, koska näillä kuluttajilla on liittymänä yleensä keskijänniteliittymä. Yleensä nämä asiakkaat ovat teollisuuden aloja, joiden valmistuslinjat eivät saa pysähtyä sähköhäiriön takia pitkäksi aikaa, näillä asiakkailla sähköntarve on ns. elinehto.

Tulevaisuuden suunnittelussa ja toimitusvarmuuden parantamisessa on luonnollisesti syytä ottaa huomioon myös näitä ns. "tärkeitä" kohteita jos niiden osalta jotain parannettavaa verkossa on.

## 6. Ympäristön aiheuttamat muutostekijät

### 6.1 Kavasuunnitelmat

Muutostekijöissä otetaan siis mm. huomioon tulevaisuuden alueellisia tehonkasvuja. Näihin painopistealueisiin päästään käsiksi kunnan kaavoituksia ja teollisuuden suunnitelmia apuna käyttäen.



Kuva 22. Pirkkalan alueen lähitulevaisuuden tehojen painopistealueet.

#### 6.1.1 Linnakorpi (1)

Linnakorven asemakaavan laajennus on tullut vireille vuonna 2003 ja on vielä vireillä vuoden 2007 kaavoituskatsauksessakin. Asemakaavan tarkoituksena on lisätä kunnan kaupallisia palveluita ja yritystoimintaa 4-7 suurehkolla tontilla Linnakorven eritasoliittymässä VT 3:n varrella. Alueella maanomistajat ovat valtio, kunta ja yksityiset maanomistajat. Kaavoituksella on tavoitteena tulla hyväksytyksi vuonna 2008. /17/

### **6.1.2 Tampere – Pirkkala lentoasema (2)**

Lentokentän asemakaava on tullut vireille vuoden 2006 kaavoituskatsauksessa. Pirkkalan kunta on käynnistänyt vuonna 2005 yhteistyössä ilmailulaitoksen ja muiden toimijoiden kanssa lentokentän kehittämishankkeen nimeltä Pirkkala CLX.

Pirkkala CLX hankkeen tavoitteena on kehittää lento- ja maantieliikenteen melualueelle kaupunkiseudun merkittävin työpaikka-alue hyödyntämällä kunnan maanomistusta, logistista asemaa ja kansainvälisen lentoaseman tarjoamia mahdollisuuksia. /17/

### **6.1.3 Turri ja Naistenmatka (3)**

Turrin (Kyöstin pohjoisosa) kaava on ollut osittain vireillä jo yli 10 vuotta. Kaavan muutoksella on ollut tarkoituksena selvittää venesataman kehittämismahdollisuudet, sekä virkistysalueen ja muun maankäytön suhde venesataman ja Kivirannan kurssikeskuksen alueella. Aloitteen tekijöitä tähän kaava muutokseen ovat Pirkkalan Pursiseura Ry, Tampereen NNKY sekä yksityinen maanomistaja.

Turrin alueen lähetyville Naistenmatkaan on myös tullut vireille asemakaavan laajennus vuoden 2007 kaavoituskatsauksessa. Asemakaava laatimisen tavoitteena on ollut kuntakeskuksen yleissuunnitelman mukaisesti laajentaa kuntakeskusta pyhäjärven ranta-alueelle. Asemakaavatyötä on ryhdytty valmistelemaan vuonna 2007. /18/

### **6.1.4 Kurikka (4)**

Kurikan asemakaavan laajennus on tullut voimaan 19.7 vuonna 2006. Asemakaavan laajennuksella Kurikkaan tulee asuinpientalo ja erillispientalo tontteja yhteensä noin 350-450 asukkaalle. Kurikan laajennuksen ala on n. 14 hehtaaria. /17/

### **6.1.5 Kyösti, Lepomoisio ja Huovi (5)**

Kyöstin, Lepomoisio ja Huovin asemakaava on tullut voimaan kuulutuksella 3.1.2007. Kaavalla on laajennettu Purotien asuinalueita, Turkkiradan ja Tuottotien teollisuusalueita. Kaavoituksen laajennuksen ala on yhteensä noin 39 hehtaaria. /17/

### **6.1.6 Takamaa (6)**

Takamaan asemakaava muutos ja laajennus ovat tulleet voimaan kuulutuksella 6.2.2008. Asemakaavan laajennuksen tarkoituksena on rakentaa asuinpientaloja jatkoksi Takamaantien kaakkoispuolelle kunnan omistamille maa-alueille. /18/

## 6.2 Tiehankkeet

Tie hankkeet ovat tavoiteverkkosuunnitelmassa tärkeässä osassa, sillä ne määräävät/näyttävät suuntaa jos uutta verkonrakentamista on tulossa rakennettavan tien lähipiirissä.

Myös olemassa olevat verkot tulevat tarkastelun kohteeksi jos kaavoitettu tiehanke tulee kulkemaan lähellä olemassa olevaa linjaa tai pahimmassa tapauksessa se kulkee sähkölinjan läpi. Pirkkalaan tulevia tiehankkeita löytyy kunnan kaavoista, tiehallinnosta ja Pirkanmaan liitosta.

Alla on Pirkanmaan liiton ja Pirkkalan kunnan kaavaluonnoksesta otetut kuvat, jossa näkyvät kaavoitetut tiehankkeet Pirkkalassa.



Kuva 23. Kulju-Pirkkala tiehanke. /19/

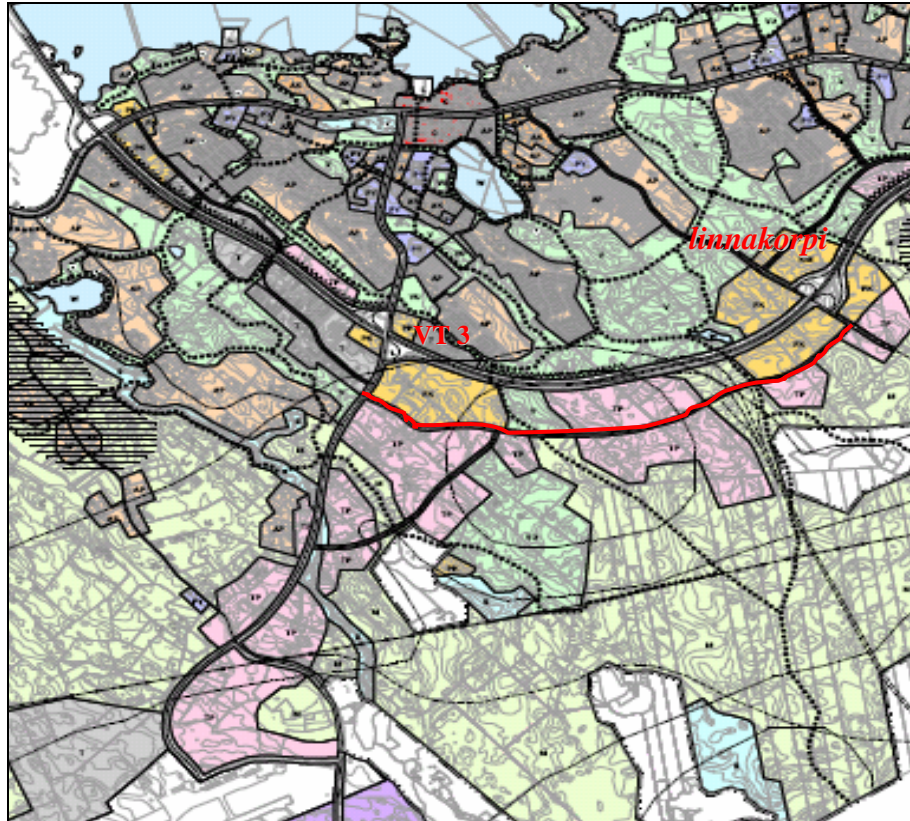
Kuvan 23 tiehanke Kuljusta Pirkkalaan (VT 3 b) ei aiheuta nykytilassa sähköverkkoon muutoksia.

Koska tiehanke Kuljusta Pirkkalaan kuuluu kolmen seuraavan tärkeän hankkeen sarjaan, on hyvinkin todennäköistä, että tämä tie rakentuu hyvin nopealla tahdilla.

Nykyverkkoa tiehankkeen tielle ei pitäisi tulla, joten tässä valossa tämä hanke ei aiheuta sähköverkkoon muospaineita.

Jos tarkoituksena olisi tulevaisuudessa rakentaa Linnakorvesta yhteys Pirkkalan sähköasemalle VT 3 eteläpuolelta niin tulee tämä tie sen hankkeen eteen.

Siksi kannattaa putkittaa tämä tuleva tienkohta valmiiksi Kulju-Pirkkala tiehankkeen aikana, niin VFV välttää suhteellisen mittavat tienalituskustannukset tällä tavoin.



**Kuva 24. Pirkkalan yleiskaava (luonnos 5.6.2006) vuoteen 2020. /20/**

Yllä olevassa kuvassa 24 on kuvattuna Pirkkalan yleiskaava (luonnos 5.6.2006) vuoteen 2020. Tästä kaavaluonnoksesta näkyy todella hyvin kaavaillut tiehankkeet Pirkkalaan. Erityiseksi tarkastelun kohteeksi tässä kaavaluonnoksessa voisi nostaa tien, joka on kuvassa 24 vahvistettuna punaisella värillä VT 3 eteläpuolella.

Jos Linnakorven teollisuus/liiketoiminta laajenee autokaupan keskuksen myötä kohti Vesalaa ja Pirkkalan sähköasemaa, on kunnan varmasti harkittava vakavasti yllä olevassa kuvassa olevan punaisella väritetyn tien rakentamista. Tiestä tulisi tämän liiketoiminta-alueen päätie ja tämän tien rakentaminen vähentäisi myös ruuhkaa VT 3.

Jos tämä tie rakentuu, on se hyvä reitti Vattenfall Verkolle, koska kaikki sähkölinjan rakentamiset tällä alueella päästään silloin rakentamaan tämän tien varteen. Tämä tiehanke olisi hyvä asia, koska VT 3 varteen on erittäin hankala tai miltei mahdoton päästä rakentamaan mitään.

## 6.3 Teollisuuden suunnitelmat

### 6.3.1 Autokaupan keskus

Suuria kuluttajia verkossa on yleensä teollisuuden kohteet. Autokaupan keskus on yksi mittavista projekteista Pirkkalassa lähivuosina, jonka tehontarve voi nousta hyvinkin suureksi sen valtavan suuren liiketilan ansiosta. Autokaupan keskusta pidetään osana Pirkkala CLX-projektia, vaikka sen sijainti ei aivan lentokentän läheisyydessä olekaan. Alla oleva kuva 25 on otettu aamulehdestä (perjantai 1.9.2006).

Autokaupan keskuksen myötä Linnakorpeen pitäisi nousta noin 100 000 neliötä liiketilaa. Kuvan katselukulma on korkealta Tampereen messu- ja urheilukeskuksen suunnasta.



Kuva 25. Autokaupan keskuksen arkkitehtikuva. /21/

### 6.3.2 Logistiikkakeskus

Tampere-Pirkkalan logistiikkakeskus on mittava hanke Pirkanmaalla seuraavan 10 vuoden sisällä. Pirkanmaan liitto, Tampereen kaupunki ja Pirkkalan kunta aloittivat keväällä vuonna 2006 selvitystyön Tampereen seudulle sijoitettavasta logistiikkakeskuksesta. Selvitystyö on edelleen käynnissä ja parhaillaan keskukselta ideoidaan ja laaditaan aluevaraus suunnitelmaa. Tämän vaiheen on odotettu valmistuvan kevään 2008 aikana, jonka jälkeen päätetään jatkotoimenpiteistä.

Sain hanketta vetävältä projektijohtajalta Pertti Fagerlundilta karkean viistokuvan Tampere-Pirkkala logistiikkakeskuksen sijaintialueesta sekä tavoitellusta alueen toiminnallisesta rakenteesta.



**Kuva 26. Tampere-Pirkkala-logistiikkakeskuksen 1. vaiheen sijaintialue./23/**

- 1. Vaiheessa ei näyttävästi vaikutusta Vattenfallin verkkoon
- Mikä on tulevaisuuden 2. vaiheen suunta?

Karttakuvan perusteella näyttää siltä, että logistiikkakeskuksen 1.vaiheen 100 hehtaarin alue ja sen tulevaisuudessa sisältämät toiminnot jäävät Vattenfall Verkon toimialuerajan ulkopuolelle. On kaavailtu, että logistiikkakeskus laajenisi vielä toisetkin 100 hehtaaria. Tämä tietää sitä, että silloin hanke laajenisi todennäköisesti Vattenfallin toimialueelle ja tällä tulee olemaan varmasti vaikutusta Pirkkalan alueen jakeluverkkoon.

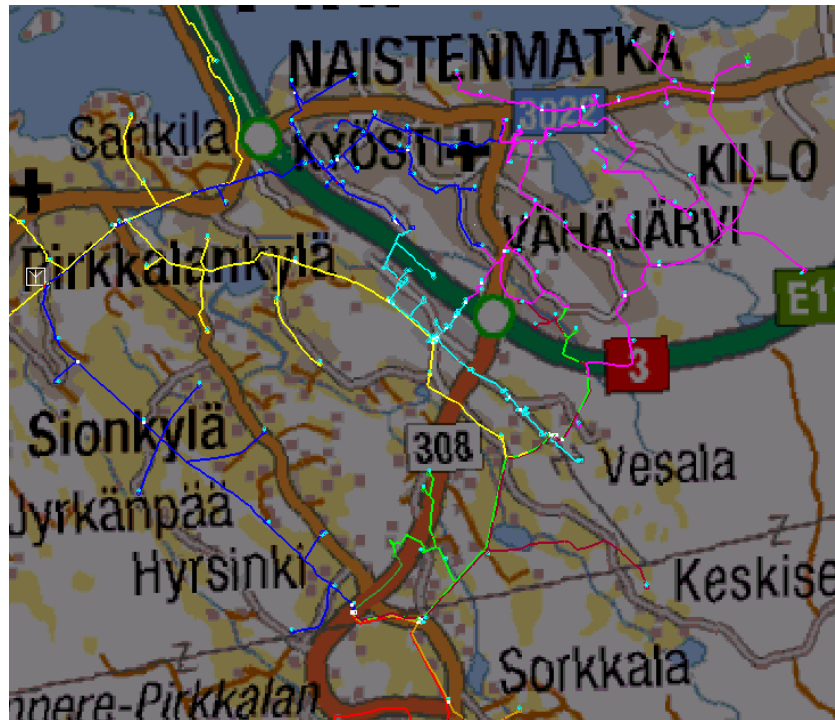
## 7. Verkon kehittäminen kytkentämuutoksin

Kuten edellä on ilmennyt, on Pirkkalan sähköaseman Haikan lähtö nykytilassa suuressa kuormassa. Sähköasema kapasiteetin kasvaessa Pirkkalassa uuden 25 MVA päämuuntajan myötä on mahdollista ja suotavaa tarkastella lähtöjenjako Pirkkalan aseman kohdalla uudelleen, uudelle tilanteelle optimaalisemmaksi.

Pirkkalan asemalla nykytilanteessa Naistenmatkan ja Sankilan lähdöt syötetään Sorkkalan asemalta lähdöistä Arola ja Pirkkala.

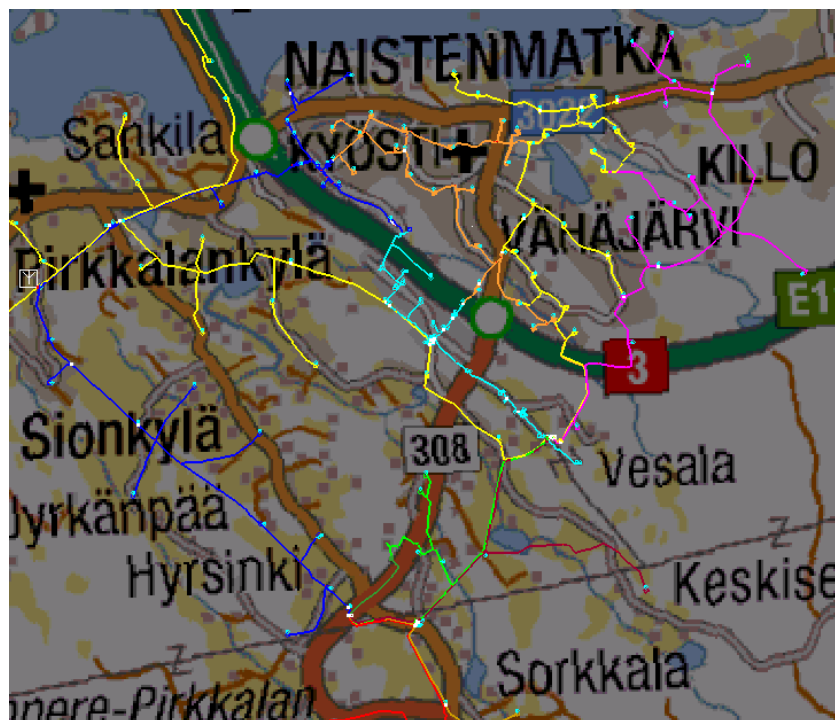
Muuntaja kapasiteetin kasvaessa on mahdollista siirtää kuormituksia takaisin Pirkkalan asemalle ja ottaa niin sanotusti ”käyttöön” myös Naistenmatkan ja Pirkkalan lähdöt jakamaan Haikan suuria kuormia.

Alla on kuvattuna vielä kertaalleen nykytilanteen mukaiset lähdöt.



Kuva 27. Nykytilanteen mukainen verkkokuva.

Lähtöjen jaossa oli päätavoitteena saada Haikan lähtöä kevennettyä kuormasta. Sorkkalan asemalta sinisellä kuvattu Valkilan lähtö on myös ollut kohtuullisen korkeassa kuormassa. Valkilan lähtöäkin on tarkoitus keventää kuormasta, koska etäisyys Sorkkalan asemalta keskusta on melko pitkä ja tämä heikentää luotettavuutta.



Kuva 28. Kytkentämuutosten jälkeinen verkkokuva.

Hannu Leppämäki

KytKentämuutosten myötä Pirkkalan ydinkeskustaa syötetään nyt kolmesta eri lähdöstä, kun se nykytilassa syötetään periaatteessa vain yhdestä lähdöstä, eli Haikasta.

Kuten kuvasta 28 näkee, on Haikan violetilla kuvattu syöttöalue nyt Pirkkalan keskustan itäinen osa. Naistenmatkan lähtö on kuvattuna keltaisella värillä keskustan keskellä, keventäen Haikan kuormituksia.

Sankilan lähtö on taas kuvattuna oranssilla värillä keskustan länsipuolella keventäen sekä Haikan että Valkilan lähtöjen kuormia.

Tässä lähtöjen jaottelun yhteydessä aseteltiin Pirkkalan sähköasemalle uudet ylivirta- ja maasulkureleasettelut, jotka esiteltiin luvussa 5 kohdassa 2.5.

Alla on taulukoituna sähkötekniisiä arvoja ja luotettavuus tietoja kytkentämuutosten myötä, niiden lähtöjen osalta joita lähtöjen uudelleen jaottelussa on käsitelty. Ensiksi on taulukoituna nykytilan arvot vielä kertaalleen, jotta olisi helpompi vertailla muutoksia.

#### Taulukko 10. Nykytilan sähkötekniiset arvot niitten lähtöjen osalta joita käsiteltiin.

Lähdöt	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
07 Haikka	<b>238</b>	8339	2,3	3404	<b>300</b>	2900	71	2612
08 Naistenmatka	-	-	-	-	400	-	-	-
09 Sankila	-	-	-	-	300	-	-	-
15 Valkila	130	4549	3,1	1222	400	2500	96	1576

#### Taulukko 11. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen sähkötekniisiä arvoja.

Lähdöt	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
07 Haikka	80	2821	0,8	922	600	3000	39	2612
08 Naistenmatka	141	4952	1,5	2088	600	3000	61	2721
09 Sankila	97	3393	1,4	1288	600	2500	63	2307
15 Valkila	80	2795	1,8	466	400	2500	96	1670

Yllä olevassa taulukossa 11 on esiteltyä kytkentämuutosten jälkeisiä sähkötekniisiä arvoja. Kytkentämuutosten myötä, nykytilan mukaisilla releasetteluilla olisi tullut aikalaukaisu "herjoja", mutta uusilla releasetteluilla jotka on asetettu tähän lähtöjen uudelleen jaottelu tilanteeseen, ei tullut mitään ongelmaa.

Haikan lähtöön jäi nyt kytkentämuutosten myötä kuormitettavuuskapasiteettia käyttöön, mikä tulee tarpeeseen kun Linnakorpeen rakennetaan Autokaupan keskus ja ehkä tulevaisuudessa myös muutkin yrittäjät lähtevät rakentamaan tälle alueelle toimintaansa.

Hannu Leppämäki

Muutosten jälkeen päämuuntajaa kuormittava kokonaisteho Pirkkalan asemalla on 16 492 kW. Sorkkalan päämuuntajaa kuormittavaksi kokonaistehoksi tulee muutosten jälkeen 6376 kW.

Alla on seuraavaksi esitettynä vertailtu-yhteenveto kytkentämuutosten jälkeen saaduista luotettavuustiedoista verkon nykytilan luotettavuustietoihin. Tarkat luotettavuuslaskennan tulokset ovat esitettynä liitteessä 4.

#### Taulukko 12a. Nykytilan ja muutosten luotettavuustietojen vertailut käsiteltyjen lähtöjen osalta.

Asema, Lähtö	Asiakkaita [kpl]	Vikoja [kpl/a]	Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	Työkeskeytyksiä [kpl/a]
PRA_Haikka	- 2482	0	- 67	- 2
SOK_Arola	- 38	0	- 13	0
SOK_Pirkkala	- 77	0	- 13	0
SOK_Valkila	- 756	0	- 34	- 1
PRA_Naistenmatka	+ 2086	0	+ 63	+ 2
PRA_Sankila	+1267	0	+ 64	+ 2
<b>Muutos yhteensä</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>+ 1</b>

#### Taulukko 12b. Nykytilan ja muutosten luotettavuustietojen vertailut käsiteltyjen lähtöjen osalta (jatkoa).

Pikajälleen-kytkentöjä [kpl/a]	Aikajälleen-kytkentöjä [kpl/a]	Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	Jälleenkytkentä-kustannukset [€]
- 4	- 1	- 2767	- 29 427	- 65 944	- 24 280
0	0	- 11	- 64	- 856	- 92
- 1	0	- 30	- 163	- 2760	- 457
- 2	0	- 743	- 6383	- 29 626	- 7252
+ 4	+ 1	+ 754	+ 10 273	+ 2136	+ 8384
+ 5	+ 1	+ 474	+ 7160	+ 2555	+ 7638
<b>+ 3</b>	<b>+ 1</b>	<b>- 2323</b>	<b>- 18 604</b>	<b>- 94 495</b>	<b>- 16 059</b>

Luotettavuustiedot osoittavat kytkentämuutosten myötä merkittäviä kustannussäästöjä vikojen vähenemisen myötä, kuten taulukosta 12b voi havaita. Merkittävimmän parannusmuutoksen luotettavuustietoihin tekee verkon pituudet ja asiakasmäärät. Näiden tekijöiden jakautuminen moniin eri lähtöihin parantaa luotettavuustilastoja.

#### Taulukko 13. Nykytilan ja muutosten tunnuslukujen vertailut käsiteltyjen lähtöjen osalta.

Asema, Lähtö	SAIDI	SAIFI	CAIDI
PRA_Haikka	- 0,47	- 0,38	- 0,07
SOK_Arola	- 0,04	- 0,03	- 0,02
SOK_Pirkkala	- 0,24	- 0,05	- 0,57
SOK_Valkila	- 0,01	- 0,04	- 0,04
PRA_Naistenmatka	+ 0,69	+ 0,49	+ 1,40
PRA_Sankila	+ 0,72	+ 0,53	+ 1,36

Hannu Leppämäki

Seuraavaksi tarkastelemme maasulkuarvoja, kytkentämuutosten jälkeen.

On oletettavaa, että maasulkuvirta ja maasulkuhälytykset nousevat, koska otimme kaksi uutta lähtöä käyttöön Pirkkalan asemalla.

Kun sähköasemaan vaikuttava johtopituus kasvaa niin se vaikuttaa suoraan maasulkuvirran kasvuun. Varsinkin jos kasvava johtopituus on maakaapelia, kasvattaa se maasulkuvirtaa ja maasulkuhälytyksiä vielä enemmän kuin ilmajohtoratkaisut.

**Taulukko 14. Pirkkalan aseman nykytilan mukaiset maasulkulaskennan arvot.**

<b>Maasulkuvirta le / A</b>	<b>51,6</b>
<b>Maasulkuhälytykset / kpl</b>	<b>11</b>
<b>Koko verkon johtopituuksien summa / m</b>	<b>52 663</b>

**Taulukko 15. Pirkkalan aseman maasulkulaskennan arvot tehonjaon jälkeen.**

<b>Maasulkuvirta le / A</b>	<b>67,1</b>
<b>Maasulkuhälytykset / kpl</b>	<b>5</b>
<b>Koko verkon johtopituuksien summa / m</b>	<b>62 711</b>

Kuten maasulkulaskennan tuloksista voi nähdä, on maasulkuvirta noussut 15,5 A kytkentämuutosten jälkeen. Tämä kasvu selittyy sillä, kun Pirkkalan asemaan vaikuttavan johtopituuden kokonaismäärä on kasvanut lähtöjen uudelleen jaottelun jälkeen nykytilaan verrattuna n. 10 km, josta maakaapelin määrä on noin puolet eli 5,1 km.

Maasulkuhälytykset taas ovat vähentyneet kytkentämuutosten jälkeen, koska kytkentämuutos-suunnitelmaan on aseteltu uudet maasulkureleen suojausasettelut.

Materiaalisia investointeja kytkentämuutosten myötä ei olisi tulossa, vaan tämä pystytään tekemään niillä komponenteilla, jotka ovat jo verkkoon asennettu. Periaatteessa ainoa kustannus on henkilöstökustannus, kun jakorajoihin tehdään kytkentämuutoksia.

Hannu Leppämäki

Alla on vielä tarkasteltu elinkaarikustannuksia vertailemalla kytkentämuutosten jälkeistä tilannetta, nykytilanteeseen.

Elinkaarikustannukset ovat verkon rakentamisesta, kunnossapidosta, korjauksesta ja käyttäytymisestä tarkasteltavalla ajanjaksolla syntyviä kustannuksia.

Alla olevassa taulukossa 16 on siis vertailtu nykytilan ja kytkentämuutosten jälkeisen verkontilan elinkaarikustannuksia nykyarvoon diskontattuna.

**Taulukko 16. Verkkoyhtiön kustannukset nykytilassa ja tehonjaottelun jälkeen.**

	Rakentaminen [€]	Kunnossapito [€]	Häviöt [€]	Yhteensä [€]
Nykyverkko	0	34 447	223 883	269 972
Tehonjaon jälkeinen verkko	0	34 432	130 335	172 582
Säästö	0	15	93 548	97 390

Elinkaarilaskennassa (AM) käytetyt parametrit:

- Pitoaika 30 vuotta
- Korkokanta 6 %
- Kuormituksen kasvu 1 %

Taulukon 16 mukaan verkon kunnossapitokustannuksiin ei juuri tule muutosta, koska verkkoon ei tehdä mitään rakenteellisia muutoksia. Häviöistä johtuvat kustannukset pienenevät 30 vuodessa noin 93 500 €. Häviösäästöt selittyvät kytkentämuutoksilla tehdyistä tehojen jakautumisesta tasaisemmin johtolähtöjen kesken.

Tulen pitämään tässä tavoiteverkkosuunnitelmassa jatkossa esiintyvissä verkon kehittämissuunnitelmissa tätä lähtöjen uudelleen jaottelun myötä tullutta uutta suunnitelmapohjaa vertailupohjana uusille suunnitelmille.

## Verkon nykytilan ongelmakohtien poistuminen

### Oikosulkua kestäättömät ja suurihäviöiset johdot

Pirkkalan alueella on nykytilan mukaan kolmessa eri paikassa oikosulkua kestäättömiä johto-osia. Uusien relesuojausasettelujen myötä Sikojoen lähdössä ei enää ole oikosulkukestottomia johtoja. Releasetteluiden muutos kytkentämuutosten yhteydessä riitti parantamaan tämän kyseisen johdon oikosulkukestoisuutta Sikojoen lähdön osalta. Sorkkalan lähdöissä Arola ja Pirkkala on vielä oikosulkukestottomia johtoja kytkentämuutosten jälkeenkin.

Myös Sorkkalan aseman Arolan ja Pirkkalan lähdöissä saadaan oikosulkua kestäättömät johdot oikosulkua kestäviksi, muuttamalla ylivirtareleen aika-asetteluja. Tällä tavalla saataisiin verkosta turvallinen ja vikatilanteessa suojaus toimivaksi ilman investointeja.

Alla olevissa taulukoissa 27 ja 28 on vielä tulokset oikosulkukestottomien johtolähtöjen osalta.

**Taulukko 27. Nykytilassa**

Asema, Lähtö	$I > (A)$	$t1(s)$	$t2(s)$	$t3(s)$	$I >> (A)$	$t1(s)$	$t2(s)$	$t3(s)$	$P_{JK} t1 (s)$	$A_{JK} t1 (s)$	$I_{k3} (%)$
PRA_03 Sikojoki	300	0,51	0,51	0,51	3000	0,15	-	-	0,41	80	<b>104</b>
SOK_06 Pirkkala	400	0,30	0,30	0,50	2300	0,15	0,15	0,25	0,40	85	<b>118</b>
SOK_13 Arola	400	0,30	0,30	0,50	2500	0,15	0,15	0,20	0,40	85	<b>111</b>

**Taulukko 28. Releasetteluilla korjatut oikosulkukestottomat johdot.**

Asema, Lähtö	$I > (A)$	$t1(s)$	$t2(s)$	$t3(s)$	$I >> (A)$	$t1(s)$	$t2(s)$	$t3(s)$	$P_{JK} t1 (s)$	$A_{JK} t1 (s)$	$I_{k3} (%)$
PRA_03 Sikojoki	300	0,30	0,30	0,50	3000	0,15	-	-	0,30	60	86
SOK_06 Pirkkala	400	0,30	0,30	0,50	2300	0,15	0,10	0,15	0,40	85	99
SOK_13 Arola	400	0,30	0,30	0,50	2500	0,15	0,10	0,15	0,40	85	99

Pirkkalan sähköaseman Sikojoen lähdössä oleva oikosulkukestoton johto-osa saatiin poistettua verkon kehittämissuunnitelmissa kytkentämuutoksin, johon aseteltiin uudet aseteltavaksi ja koestettavaksi menevät releiden asetteluarvot.

Samoin näillä samoilla toimenpiteillä saatiin poistettua Pirkkalan aseman Haikan ja Sorkkalan aseman Valkilan lähdöistä suurihäviöiset johto-osat, koska kytkentämuutosten jälkeen kummastakin lähdöstä väheni kuormitusta huomattavasti.

Hannu Leppämäki

Sorkkala aseman oikosulkukestottomista johdoista ei tullut oikosulkukestollisia kytkentämuutosten jälkeen, koska sillä ei ollut merkittävää vaikutusta Pirkkalan tai Arolan lähtöihin. Suurin syy miksi näissä lähdöissä on oikosulkukestottomia johtoja, on että johto-osat ovat (Sparrow 40) ilmajohtoja ja ne sijaitsevat lähellä Sorkkalan sähköasemaa. Kuten taulukon 28 tuloksista voi havaita, saadaan oikosulkukestottomat johdot poistettua releasetteluita muuttamalla. Tässä tapauksessa piti lyhentää sekä pikajälleenkytkennän jälkeistä aikaa ( $t_2$ ) 0,1 sekuntiin että aikajälleenkytkennän jälkeistä aikaa ( $t_3$ ) 0,15 sekuntiin.

Näillä toimenpiteillä saadaan oikosulkukestoisuus prosenttiarvo  $I_{k3}$  johto-osissa alle vaadittavan 100%:n.

Tämä on vain väliaikaistarkoitukseen tehtävä kehitys, jotta verkosta saataisiin toimiva. Ajat eivät ole tässä tapauksessa enää VFV:n tavoitteen mukaiset vaan aivan liian lyhyet. Liian lyhyillä kytkentä-ajoilla on se huono puoli, että vika ei välttämättä ehdi poistua verkosta tai verkko voi pudota "pois" päältä pelkästä kytkentävirtasysäyksestä.

Pitkän aikavälin kehittämisellä nämä oikosulkukestottomat johto-osuudet Pirkkalan ja Arolan lähdöissä tulisi suurentaa suuremmiksi johto-osiksi.

Esimerkiksi PAS 70-johdoiksi, jotka oikosulkukestoisuuden osalta soveltuisivat tällaisiin haarajohto-osuuksiin teknisten arvojensa vuoksi erittäin hyvin.

Haaroissa olevat pylväävät eivät ole lahoja eivätkä kovinkaan vanhoja, joten näissä tapauksissa selvittäisiin vain johdinten ja orsien vaihdoilla.

### **Pullonkaulat**

Haikan lähdössä nykytilassa, tehojen kasvaessa sekä korvaustarkastelussa esiintyvistä pullonkauloista päästään eroon uusilla lähdön asetteluilla, koska kuormitukset jakautuvat lähtöjen kesken tasaisemmin eikä pullonkauloja tästä syystä pääse syntymään.

## 8. Investointeja vaativat verkon kehittämissuunnitelmat

### 8.1 Linnakorpi

Linnakorven kaava-alueelle on tällä hetkellä rakenteilla Autokaupan keskus. Hankekehityspäällikkö Juha Kaivonen NCC:ltä kertoo kanssani käymässä sähköposti-keskustelussa, että tämän hetkisten neuvottelujen pohjalta tavoitteena on päästä aloittamaan rakentaminen vuoden 2008 lopussa, jolloin rakentuu ensimmäiset noin 40 000 m<sup>2</sup> liiketilaa. Tämän on ennustettu valmistuvan vuoden 2010 alkuun. Hankkeen loput rakennukset voi rakentua tämän jälkeen hyvinkin nopealla tahdilla Kaivosen mukaan. Kaiken kaikkiaan Autokaupan keskuksen myötä liiketilaa Linnakorpeen tulee tässä projektissa rakentumaan alustavien arvioiden mukaan noin 100 000 m<sup>2</sup> ./22/

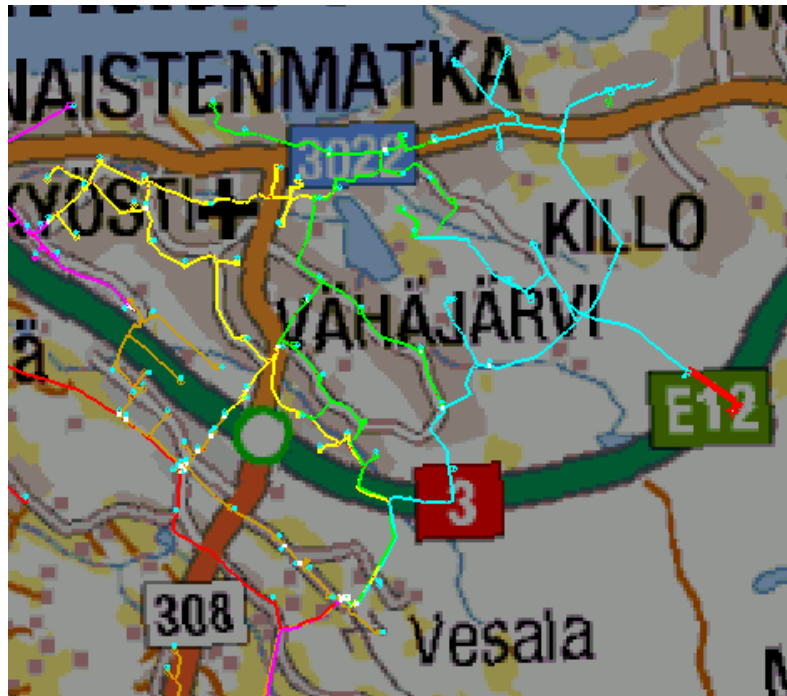
Näiden suurten kiinteistö tilojen takia tehon tarve on arvioitavissa karkeasti kaikkien liiketilojen rakennettua noin 3 megawatin suuruiseksi. Tähän suuruusluokkaan pääsin käsiksi etsimällä verkkotietojärjestelmästä samaa suuruusluokkaa olevia liikekiinteistöjä, suunnittelijoiden haastatteluja ja tehon-laskentaohjelmaa apuna käyttäen.

Alla on kuvattuna Linnakorven ns. ensimmäisen vaiheen suunnitelma. Autokaupan keskukselle saadaan sähköt rakentamalla n. 450 m 20 kV maakaapelia Linnakorven ja Kurikan välissä olevalta pieneltä puistomuuntamolta. Tämä puistomuuntamo vaihdetaan rakentamissuunnitelmassa suuremmaksi (esim.3+1), joka olisi varustettuna linjaerottimilla. Myös Autokaupan keskuksen tontin rajalle rakennetaan puistomuuntamo, jossa on sekä muuntaja että linja-erottimet. VT 3 alitus on jo valmiiksi putkitettu, joten tien alitusta ei rakennusvaiheessa tarvitse tehdä.

Lähtöjen uudelleen jaottelun takia, on mahdollista ottaa Haikan lähdön perään näinkin suuria kuormituksia, koska lähtöä saatiin kevennettyä Naistenmatkan ja Sankilan perään.

Tosin jos tehon tarve tulevaisuudessa oikeasti alkaa lähentyä Megawattien suuruiseksi, on 2-vaiheen suunnitelmaa alettava kiireesti toteuttamaan. Näin suuret tehot liittyjillä eivät saa missään tapauksessa olla yhden syöttösuunnan varassa. Jos tällaiseen maakaapelihaaran tulisi vikatilanne, olisi sen korjausaika useita tunteja eikä haaraa syöttäville asiakkaille saataisi sähköä mistään muualta.

Kuvassa 29 Turkoosin värisen Haikan lähtöön on korostettu punaisella värillä 1-vaiheen suunnitelma, jolla saadaan rakennettua alustava (työmaasähkö) sähkönsyöttö Linnakorpeen.



**Kuva 29. Linnakorven 1. vaiheen suunnitelmakuva.**

1.vaiheen suunnitelman kokonaiskustannukseksi laskin Xpowerin CPP-laskentaohjelmaa apuna käyttäen noin 53 000 €

Tämä kustannus sisältää:

- Rakennustyön
- Maankäyttökorvaukset
- Maastosuunnittelun
- Materiaalit (mm. Puistomuuntamo + muuntajakone, kaapelit ja päätteet)

Koska toimitaan Pirkkalan keskusta-alueella on ensisijainen rakennustapa kaapelointi. Suunnitelma on rakennettu (AXLJ 185) maakaapelilla. Kaapelioja kustannuksia ajatellen rakentaminen on valtaosin tehty kaivamalla, koska maasto-olot auraamiselle ovat melko hankalat, vaikka VFV:lla auraamista ensisijaisesti aina rakentamistapana käytetäänkin.

Seuraavassa kuvassa 30 on esitettyä suunnitelma-ehdotus Linnakorven 2-vaiheeseen. Jos Linnakorven kaava alkaa tulevaisuudessa paisua kohti Vesalaa/Pirkkalan sähköasemaa kuten on ennustettavissa, on Linnakorpeen saatava varasyöttöyhteys vikatilanteiden varalta, koska ensimmäisessä vaiheessa Linnakorpi ei ole renkaassa. Toiseksi jos tehontarve tulevaisuudessa kasvaisi aina 3 Megawattiin, on yleensä tällaisille kohteille rakennettava oma lähtönsä.



**Kuva 30. Linnakorven 2. vaiheen suunnitelmakuva.**

Alla kuvassa on punaisella värillä vahvennettu uusi lähtö nimeltä Linnakorpi, joka syöttää Linnakorpea ja pientä osaa Haikan lähdöstä. Tulevaisuuden mahdollinen suuri tehon tarve suosii uuden lähdön rakentamista Linnakorpeen.

Jos Linnakorven liiketoiminta alkaa Autokaupan keskuksen myötä laajentua kohti Vesalaa, tulee Pirkkalan kunnalla varmasti aiheelliseksi rakentaa yleiskaavaluonnoksessa oleva tie tätä liiketoimintaa varten.

Tämä suosisi erinomaisesti 2. vaiheen suunnitelmaani, koska näin saisimme tien, jonka sivuun pääsisimme rakentamaan yhteyden Pirkkalan asemalle.

Jos yleiskaavassa oleva tie ei ehdi rakentua, tai sitä ei ehditä linjata ennen kuin uuden lähdön rakentaminen Linnakorpeen tulee rakennettavaksi, on rakennusreitti Linnakorpeen suunniteltava uudelleen.

Olen suunnitelmaani suunnitellut Linnakorvenlähdön uuden tien vierustaan, jos tätä tietä ei ehditä aloittamaan, niin tämä suunnitelman mukainen kaapelireitti ei ole kovin järkevä ratkaisu, koska reitti rakentuisi periaatteessa keskelle metsää.

Tällöin pitää miettiä mahdollisuuksia rakentaa reitti Pirkkalan asemalle VT 3 tien varteen. Tämä on taas hankala vaihtoehto, koska linjan rakentamislupaa ei saa kovinkaan lähelle näin suurta tietä.

Hannu Leppämäki

Alla on esitettynä Taulukoissa 17 ja 18 oikosulku- ja tehonjakolaskennan tulokset niiden lähtöjen osalta joita suunnitelmassa on käsitelty.

**Taulukko 17. Nykytilan (lähtöjenjaon jälkeinen tila) sähkötekniset arvot niitten lähtöjen osalta joita käsiteltiin.**

Lähdöt	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
07 Haikka	80	2821	0,8	922	600	3000	39	2612

**Taulukko 18. Linnakorven suunnitelman vaikutukset sähkötekniisiin arvoihin käsiteltyjen lähtöjen osalta.**

Lähdöt	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
06 Linnakorpi	118	4037	0,7	234	600	3000	38	3362
07 Haikka	51	1814	0,5	689	600	3000	39	2612

Kuten taulukon 18 tuloksista saattaa havaita, on Linnakorven lähtöön lisätty noin 3 Megawatin teho ja myös osa Haikan lähtöä.

Liitteessä 5 on esitettynä kytkentämuutosten jälkeiset luotettavuustiedot ja Linnakorven suunnitelman jälkeiset luotettavuustiedot kokonaisuudessaan niiden lähtöjen osalta joita suunnitelmissa käsiteltiin

Alle on koottuna vielä luotettavuustietojen vertailu-yhteenveto Linnakorven suunnitelmasta.

**Taulukko 19a. Nykytilan ja muutosten luotettavuustietojen vertailut käsiteltyjen lähtöjen osalta.**

Asema, Lähtö	Asiakkaita [kpl]	Vikoja [kpl/a]	Sähkötömiä ajanjaksojen summa [min/a]	Työkeskeytyksiä [kpl/a]
PRA_Haikka	- 233	0	- 12	0
PRA_Linnakorpi	+ 233	0	+ 27	0
<b>Muutos yhteensä</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>+ 15</b>	<b>0</b>

**Taulukko 19b. Nykytilan ja muutosten luotettavuustietojen vertailut käsiteltyjen lähtöjen osalta (jatkoa).**

Pikajälleen- kytkentöjä [kpl/a]	Aikajälleen- kytkentöjä [kpl/a]	Vika- asiakaskerrat [kpl/a]	Jälleenkytkentä- asiakaskerrat [kpl/a]	Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	Jälleenkytkentä- kustannukset [€]
0	0	- 177	- 1250	- 6093	- 1728
+ 1	0	+ 32	+ 247	+ 1184	+ 337
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>- 145</b>	<b>- 1003</b>	<b>- 4909</b>	<b>- 1391</b>

Hannu Leppämäki

**Taulukko 20. Nykytilan ja muutosten tunnuslukujen vertailut käsiteltyjen lähtöjen osalta.**

Asema, Lähtö	SAIDI	SAIFI	CAIDI
PRA_Haikka	- 0,06	- 0,04	- 0,02
PRA_Linnakorpi	+ 0,29	+ 0,22	+ 1,33

Kuten taulukosta 19b saattaa havaita, saadaan vika- ja jälleenkytkentäkeskeytyksistä aiheutuvia kustannuksia alennettua huomattavasti, kun 2-vaiheen suunnitelma toteutuu ja Linnakorpi saadaan renkaaseen.

Seuraavaksi tarkastelemme maasulkuarvoja ja katsomme Linnakorven suunnitelman vaikutuksia niihin.

Ennen tulosten tarkastelua voimme jo olettaa, että kun suunnitelmassa on noin 4,5 km uutta maakaapelia, niin maasulkuvirta on varmasti noussut ja hälytyksiäkin on voinut tulla lisää.

**Taulukko 21. Pirkkalan aseman maasulkulaskennan arvot tehonjaon jälkeen.**

<b>Maasulkuvirta Ie / A</b>	<b>67,1</b>
<b>Maasulkuhälytykset / kpl</b>	<b>5</b>
<b>Koko verkon johtopituuksien summa / m</b>	<b>62 711</b>

**Taulukko 22. Pirkkalan aseman maasulkulaskennan arvot Linnakorven suunnitelman jälkeen.**

<b>Maasulkuvirta Ie / A</b>	<b>77,5</b>
<b>Maasulkuhälytykset / kpl</b>	<b>6</b>
<b>Koko verkon johtopituuksien summa / m</b>	<b>66 285</b>

Kokonaiskustannukset sekä Linnakorven 1.- että 2.vaiheen suunnitelmaan ovat yhteensä noin 200 000€. Tähän kustannukseen sisältyy samoja tekijöitä, joita 1.vaiheen kustannusarviossa oli jo lueteltuna.

Kokonaiskustannuksesta puuttuu puistomuuntamo + muuntajakone hinnat niiltä osin mitä niitä Linnakorven ja Pirkkalan sähköaseman väliin sijoiteltaisiin.

## 8.2 Turri – Naistenmatka yhdyslinkki

Tehonjaon jälkeisessä tilassa Naistenmatkan lähtö (turkoosi) päättyy maakaapelilla puistomuuntamoon naistenmatkaan. Valkilan lähtö (violetti) päättyy maakaapelilla puistomuuntamolle Turriin.

Kumpikin näistä alueista on ns. keskusta-alueita, jossa on kerros- ja pientalorakennuksia, sekä satama että julkisia palveluita edustavia rakennuksia.

Vikatilanteen tullessa jommankumman lähdön tälle viimeiselle maakaapeli osuudelle, on vian korjausaika hyvinkin pitkä, koska kaapelin mennessä esimerkiksi poikki joudutaan tekemään kaksi jatkoa kaapeliin, mikä saattaa kestää jopa noin 5-8 tuntia.



Kuva 31. Turri – Naistenmatka yhdyslinkki.

Rakentamalla kuvassa punaisella värillä vahvistettuna yhdyslinkki Turrin ja Naistenmatkan väliin saamme vikatilanteessa syötettyä parhaimmassa tapauksessa kaikkia muuntajia.

Turrin asemakaava on tullut vireille vuoden 2007 kaavoituskatsaukseen, joten tämän kaavan voimaan tullessa ja uusien kerrostalojen myötä, uusien rakennettavien muuntopiirien myötä on otollinen paikka rakentaa tämä avonainen rengas umpeen. Turrintien puistomuuntamolta kohti Naistenmatkan tietä on Penttiläntien vartta putkitettu n. 400 m matkalta, mikä myös suosisi ja helpottaisi tämän yhdyslinkin rakentamista.

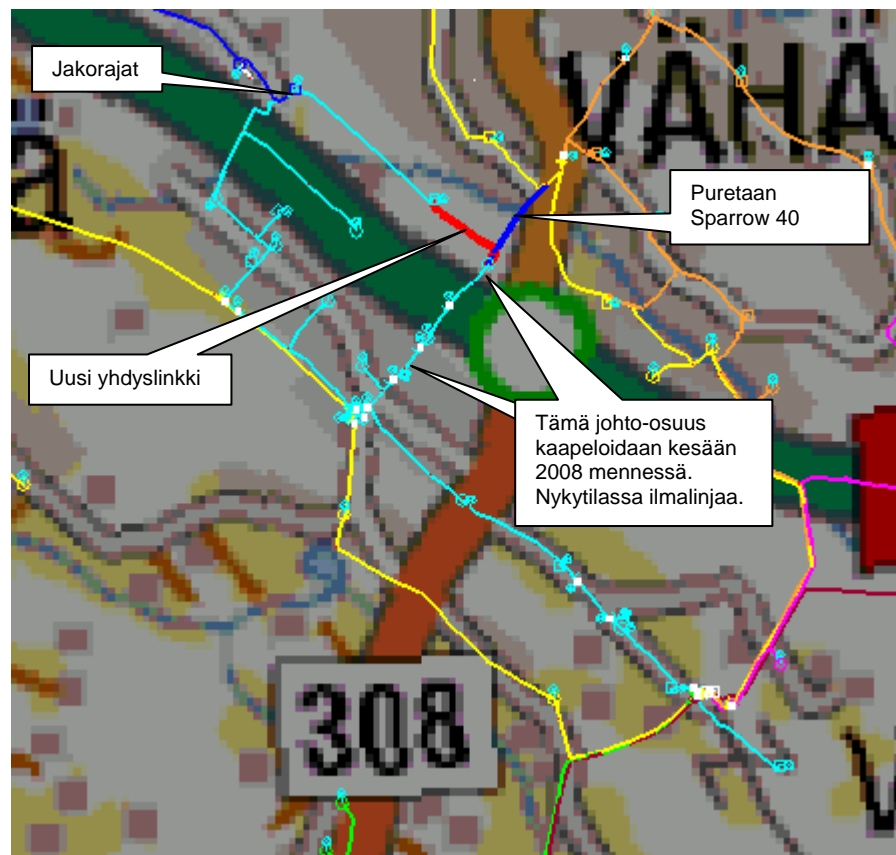
Tehon kasvu Turrin ja Naistenmatkan asemakaavalle on arvioitu noin 500 kW suuruiseksi. Tehonjaon jälkeen kummassakin lähdössä on kapasiteettia ottaa tämän suuruusluokan tehonkasvu itsensä perään.

Turrin ja Naistenmatkan yhdyslinkin rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli CPP-laskentaa apuna käyttäen noin 60 000€.

### 8.3 Tuottotie – Huovintie yhdyslinkki

Tuottotien asemakaava ei ole vielä tullut voimaan, mutta siitä huolimatta sinne on tullut jo lukuisia uusia teollisuudenalan liittymiä. Myös kevyenliikenteenväylä kohti Naistenmatkantietä on parhaillaan rakenteilla.

Koska keskijänniteverkkoa joudutaan rakentamaan kokoajan lisää kohti naistenmatkan tietä uusien suurien liittymien takia, on järkevää ottaa tämä Valkilan lähtö kiinni Haikan keskusta lähtöön. Näin saadaan Ojalan lähdön perään lisää teollisuuskohteita, joita alun perin onkin Ojalan lähdössä ollut ja samalla jäähallia kohti menevästä vanhasta (Sparrow 40) ilmalinjasta päästään eroon.



Kuva 32. Tuottotie-Huovintie yhdyslinkki ja Ojalan lähdön uusi linjaus.

Hannu Leppämäki

Tuottotien verkon rakentamissuunnitelman kokonaiskustannukseksi sain noin 16 000€ Kustannukset pitivät sisällään kaiken uuden rakentamisen ja mitä siihen liittyy, sekä vanhan (Sparrow 40) ilmalinjan ja pylväiden purkamisen.

## 8.4 Kurikka

Vuonna 2006 asemakaavaan voimaan tullut Kurikan AKM ja AK laajennus 13,69 hehtaaria. Kaavaan rakentuu asuinpientaloja ja erillispientaloja. Asuntoja tulee noin 350-450 asukkaalle. Omakotitalotontteja Kurikkaan on kaavoitettu 25 kappaletta ja suurempia tontteja rivitaloille tai paritaloille 7 kappaletta.

Karkea-arvio tehon tarpeesta Kurikkaan laajenemisen takia voidaan arvioida seuraavalla tavalla:

25 kappaletta omakotitalotontteja, joihin kuhunkin tulee keskimäärin 25 A liittymä. Uusiin omakotitaloihin voidaan arvioida vuosienergiaksi noin 30 000 kWh. Sähkölämmitteisen asunnon kuormituskäyrillä tästä vuosienergiasta kuormitusvirraksi saadaan noin 17 A. Tämä tekee pienille tonteille kuormitusvirtaa yhteensä n. 425 A.

7 kappaletta rivitalotontteja, joihin kuhunkin tulee keskimäärin 125 A liittymä. Uusien rivitalojen vuosienergiaksi voidaan kokemusten mukaan arvioida noin 165 000 MWh. Tämä tekee yhdelle rivitalolle kuormitusvirraksi noin 75 A, sähkölämmitteisen asunnon kuormituskäyrillä. Oletuksena voidaan pitää, että kaikki rivitalot ovat samankokoisia. Yhteensä rivitalotonteille kuormitusvirraksi saadaan näin 525 A.

Kurikan alueen kokonaiskuormitusvirtamäärä on noin 950 A.

Tästä saamme laskettua lähtöön vaikuttavan tehon seuraavasti:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (14)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 950 \text{ A} \cdot 0,95 = 625270 \text{ W}$$

$$P \approx 630 \text{ kW}$$

Alla on laskentatuloksia, jossa Uuden Linnakorven lähtöön on lisätty Kurikan arvioitu tehon kasvu tulevaisuudessa.

**Taulukko 23. Ennen tehonkasvua uusi Linnakorven lähtö.**

Lähtö	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I >$ (A)	$I >>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
05 Linnakorpi	115	3836	0,7	234	600	3000	38	3359

**Taulukko 24. Tulevaisuuden tehonkasvun vaikutukset Kurikassa Linnakorven lähtöön.**

Lähtö	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I >$ (A)	$I >>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
05 Linnakorpi	148	4852	1,0	234	600	3000	38	3359

## 8.5 Takamaa

Takamaan asemakaavan laajennus on tullut voimaan tänä vuonna. Kaavaan on suunniteltu 16 rivitaloasuntoa ja 4 paritaloasuntoa. Nämä kaikki asunnot ovat jaettu neljään tonttilohkoon. Jokaiselle lohkolle tullaan ottamaan tulevaisuudessa oma liittymänsä, eli yhteensä neljä liittymää. Suunnittelijoiden kokemusten mukaan liittymiksi voidaan arvioida noin 200-250 ampeeria pääsulakkeiltaan olevia liittymiä.

Näitä lähtötietoja apuna käyttäen voidaan seuraavaksi arvioida tulevaisuuden tehon kasvu Takamaalla:

Oletetaan, että liittymiksi tilataan tulevaisuudessa neljä 250 A liittymää. Kokemusten mukaan ja verkkotietojärjestelmää apuna käyttäen voidaan liittymän vuosienergiaksi arvioida 350 000 MWh. Tästä energiasta sähkölämmitteisen kohteen kuormituskäyrillä kuormitusvirraksi saadaan noin 165 A.

Takamaan kokonaiskuormitusvirraksi saadaan näin 660 A.

Tästä virrasta voidaan seuraavaksi määrittää teho.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 660 \text{ A} \cdot 0,95 = 434398 \text{ W}$$

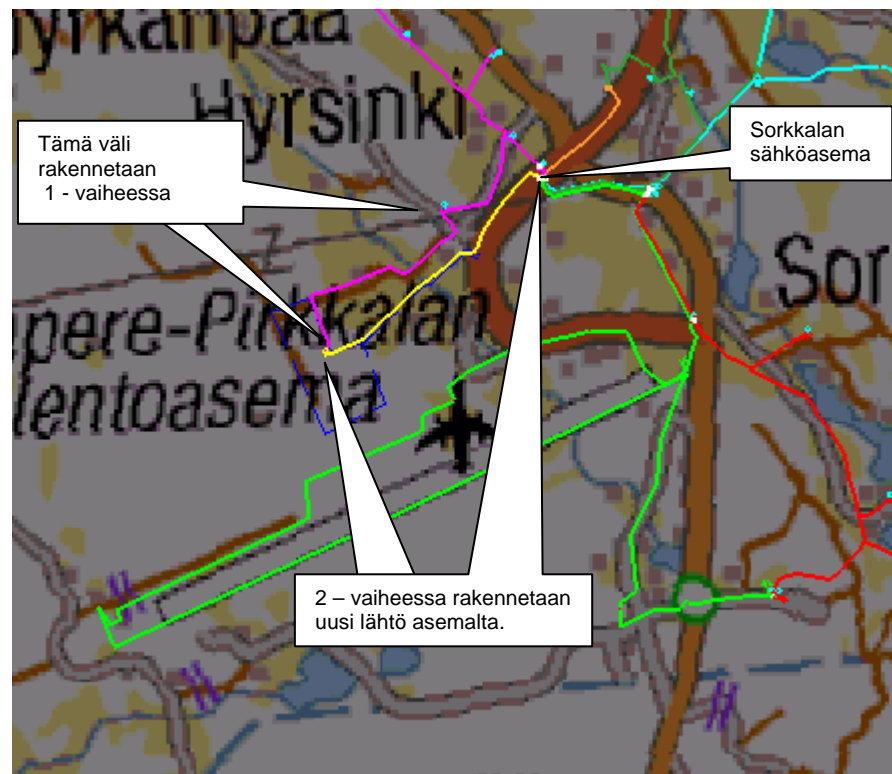
$$P \approx 450 \text{ kW}$$

Alla on esitettyä yhteenveto oikosulku- ja tehonjakolaskennassa 450 kW tehonkasvun jälkeen.

**Taulukko 25. Oikosulku- ja tehonjakolaskennan tulokset 400 kW tehonkasvun jälkeen Naistenmatkan lähdössä.**

Lähdöt	$I_{max}$ (A) laskettu	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I>$ (A)	$I>>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
08 Naistenmatka	155	5354	1,5	2088	600	3000	61	2721

## 8.6 Tampere-Pirkkala lentoasema



**Kuva 33. Tampere-Pirkkala lentoaseman suunnitelma.**

Tampere-Pirkkala Lentoaseman kaava on osana Pirkkala CLX projektia, joka tulevaisuuden suunnitelmien mukaan tulee tuomaan Pirkkalaan satoja uusia työpaikkoja. Tässä vaiheessa uutta tonttia CLX-projektia varten on lohkaistu sinisellä kartassa näkyvän tontin verran. Tämä kaava on vasta vireille tuleva asemakaava, mutta jo moni yritys on lähtenyt mukaan tähän projektiin ja varmasti tämä asemakaava tulee lähitulevaisuudessa voimaan. On ennustettavissa, että kaava kasvaa tulevaisuudessa vielä enemmän.

Hannu Leppämäki

Ensimmäisessä vaiheessa Lentoaseman kaava-alueelle rakennetaan lähimmästä olevasta Valkilan lähdöstä syöttö. Tehon tarpeen kasvaessa Lentoaseman uudella kaava-alueella on ratkaistava vara/rengassyöttömahdollisuus alueelle vikatilanteiden varalta.

Tehojen kasvaessa on toisessa vaiheessa rakennettava uusi ja oma lähtö uudelle kaava-alueelle. Tämä onnistuu melko lyhyellä verkon rakentamisella, koska Sorkkalan sähköasema sijaitsee lähellä kohdetta.

Uusi lähtö näkyy kartalla keltaisella värillä, tehden lentoasemankaavalla puistomuuntamalla jakorajan Valkilan lähtöön, joka on kartalla violetilla värillä.

Pirkkala CLX-internet sivuilla on kirjoitettu, että Lentoaseman uudelle kaava-alueelle olisi tulossa hotellipalveluita, liiketoimintaa ja toimisto- ja liiketiloja.

Arvioin kaavan koon mukaan, alueen verkostosuunnittelijan tietojen ja tehonlaskentaohjelmaa apuna käyttäen, että ensimmäisessä vaiheessa tehontarve alueella voisi olla n. 500-1500 kW. /24/

Alla on taulukossa vielä esitettyinä lähtöjenjaon jälkeiset oikosulku- ja tehonjakolaskennan tulokset.

#### **Taulukko 26. Kytkenämuutosten jälkeiset oikosulku- ja tehonjakolaskennan tulokset.**

<i>Lähdöt</i>	$I_{max}$ (A) <i>laskettu</i>	$P_{max}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I >$ (A)	$I >>$ (A)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$
15 Valkila	80	2795	1,8	466	400	2500	96	1670

Kuten taulukon 26 tuloksista voi havaita, että ensimmäinen Valkilan lähdön kuormitettavuutta vaikuttava tekijä on aikalaukaisun  $I >$  asetteluarvo, joka "rajoittaa" lähdön maksimivirtaa.

Tämä maksimi virta-arvo on 160 A, eli Valkilan lähtöä voi kuormittaa noin puolet enemmän kuin tehonjaon jälkeisessä tilassa.

Ja jos tehontarve kasvaa tästä, pitää rakentaa oma lähtö Lentoasemalle ja näin nämä kaikki tehot saadaan siirrettyä tämän uuden lähdön perään.

Tampere-Pirkkala lentoasemakaavan verkon rakentamissuunnitelman 1.vaiheen sekä 2.vaiheen kokonaiskustannukseksi tulee noin 160 000€.

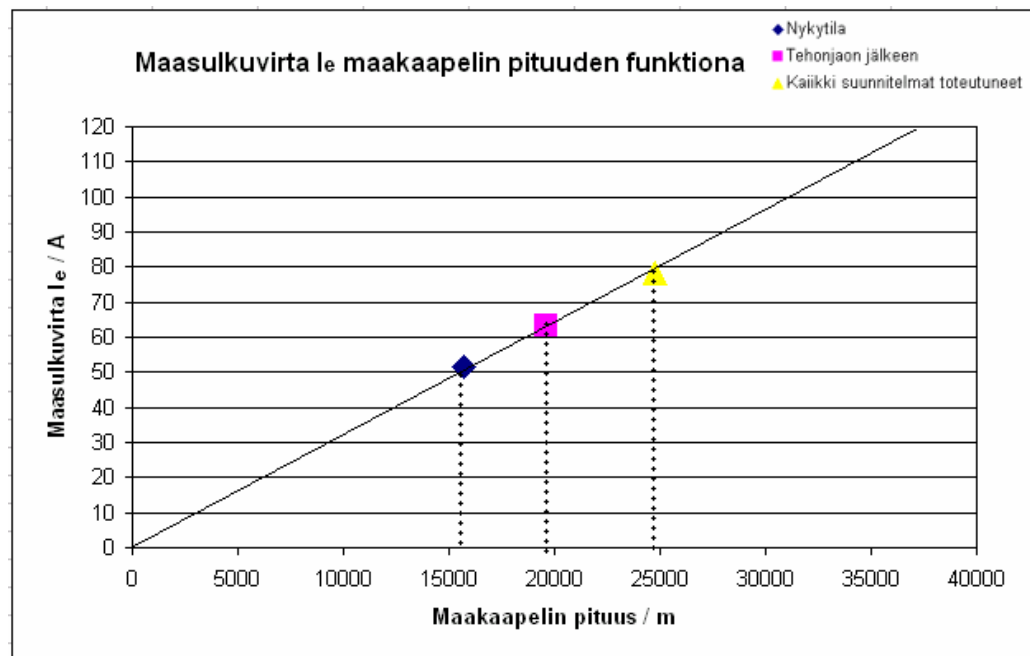
Pelkän 1. rakennusvaiheen, jolla saadaan esimerkiksi työmaasähkö alueelle kokonaiskustannukseksi tuli noin 80 000€. Rakentamistapa kustannuslaskennassa on ollut noin viidennes kaivamista ja loput auraamista. Eli rakennustapa on ollut kaapelointi. Kokonaiskustannusta pienemmäksi saadaan jos esimerkiksi 1.vaiheen suunnitelman rakentamistavaksi valittaisiin (PAS) päällystetty ilmajohto. Tämä 1.vaiheen linjaus jää todennäköisesti tulevaisuudessa vain varasyöttöyhteydeksi.

## 8.7 Maasulkuvirran kasvaminen kehityssuunnitelmien myötä

Vattenfall Verkon pääasiallinen rakentamistapa on maakaapelointi. Nykyään Vattenfall Verkko rakennuttaa ilmalinjaa vain pääasiassa sellaisille kohteille, jotka maastollisesti ovat liian hankalia ja kalliita kaapeloitavaksi.

Tämän takia maasulkuvirrat kasvavat huomattavasti enemmän, kuin käytettäisiin ilmalinjan rakennustapaa. Siksi myös kehityssuunnitelmien myötä maasulkuvirrat ja niiden aiheuttamat maasulkuhälytykset oletettavasti nousevat, kun ensisijainen rakentamistapa on ollut maakaapelointi.

Alla olen kuvaajalla hahmotellut tavoiteverkkosuunnitelman kehityssuunnitelmien myötä maasulkuvirran käyttäytymistä maakaapeli-metrien lisääntyessä lähdoissä.



Kuva 34. Maasulkuvirran kasvaminen maakaapelin pituuden funktiona.

Normaalitilanteessa myös maasulkuhälytykset lisääntyvät kaapelin pituuden ja maasulkuvirran kasvamisen myötä.

Tässä työssä en pysty sitä osoittamaan, koska maasulun suojausasetteluiden muutoksella sain hälytykset pieneneään vaikka maakaapelimäärät verkossa kasvoivatkin.

## 8.7 Kriittisten kohteiden kehitysehdotukset

Yhtenä kriittisenä kohtana oli Haikan lähdössä oleva tehonsiirron pullonkaula, APY 120 maakaapeli jonka kuormitusaste on nykytilassa 112%.

Tämä kriittinen kohta saatiin poistettua jo kohdassa 7 kytkentämuutokset.

Kohdassa esitetyistä tuloksista ilmenee, että kuormitusaste putoaa ja tehonsiirron pullonkaula katoaa.

Pirkkalan sähköasemalta lähtee sekä pohjois- että eteläsuuntaan kriittiset verkon kohdat.

Kuten edellä on ilmennyt näissä kohdissa, on samoissa pylväissä kolme eri lähtöä.

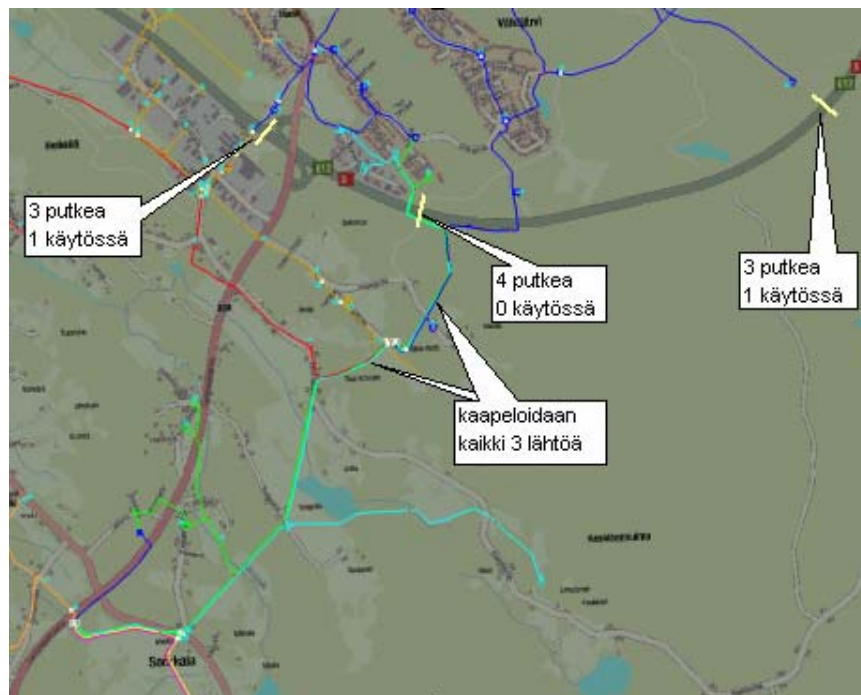
Kriittisyyden näille kohdille tekee, tällaisten johto-osien vikaantumistilanteet.

Alla olevaan kuvaan on merkattu ennen vuoden 2008 vaihetta Destian urakoimat

putkitukset VT 3 alitse. Keskellä kuvaa näkee, että tien alitse on tunkattu neljä putkea,

joista mikään ei ole vielä käytössä. Tämä asia tukee todella hyvin näiden kolmen lähdön

(PAS 120) kaapeloimisen maahan.



Kuva 35. Kriittiset kohdat lähdöissä.

## 9. Korvaustarkastelu kehittämissuunnitelmien jälkeen

Yksi ratkaiseva ja tärkeä asia tulevaisuuden ja pitkänaikavälin verkonsuunnittelussa on, että tulevaisuuden verkkomalli on kyettävä korvaamaan vika-, huolto-, tai jonkun muun keskeytystilanteen takia.

Seuraavaksi on siis tehty vielä korvaustarkastelu, siten että on oletettu että kaikki kehityssuunnitelmat toteutuvat. Korvaustarkastelun laskentatulokset ja karttakuvat ovat esitettynä liitteessä 6.

## 10. Tulevaisuuden tarkastelun kohteet

Uuden verkon rakentamisen myötä tarkastelun kohteeksi tulevaisuudessa on otettava Pirkkalan aseman maasulkuvirrat ja luotettavuuden.

Nykyaikana ja menettelyohjeen mukaisesti verkonrakennus tapahtuu pääasiassa maakaapelilla. Kaikkien kehittämissuunnitelmien toteutuessa, maakaapelin määrä Pirkkalan ja Sorkkalan asemien perässä kasvaa ja tähän luonnollisesti kasvattaa maasulkuvirtaa.

Pystytäänkö Pirkkalan aseman maasulkuvirrat ja maasulkuherjat kompensoimaan hajautetulla sammutuksella vai onko suunniteltava sammutus Pirkkalan asemalle?

Hajautetulla sammutuksella tarkoitetaan esimerkiksi pieniä kiinteitä sammutusyksiköitä, jotka liitetään esimerkiksi jakelumuuntajiin. Yleensä hajautetulla sammutuksella kompensoidaan maasulkuvirta vain osittain ja sitä pidetään taloudellisesti järkevänä ratkaisuna jos kompensoinnin tarve on korkeintaan 35 A./14/

Positiivista hajautetussa sammutuksessa on, että se ei vaikuta Pirkkalan asemalla olevaan vanhaan releistykseen, joka ei siis sovellu sammutukseen. Hajautettu sammutus ei taas paranna luotettavuutta verkossa jos tämä on varteenotettava kriteeri Pirkkalan sähköaseman jakelualueella.

Linnakorven kehittymistä pitää seurata kuormitusten kannalta tulevaisuudessa tarkasti. Jos kaikki kehityssuunnitelmissa arvioidut tehonlisäykset toteutuu on Pirkkalan aseman uusi 25 MVA muuntaja 84% kuormassa. Linnakorven alkaessa mahdollisesti laajentua teollisuuden, liiketilojen ja jopa logistiikka keskuksen takia, on ("Tampere itä") kolmatta sähköasemaa alettava harkitsemaan vakavasti Linnakorven ja Pirkkalan aseman väliselle alueelle, johon kaavavaraus on tehty.

## 11. Yhteenveto

Kuormituskapasiteetin kasvaessa Pirkkalan sähköasemalla päämuuntajan vaihdon myötä, oli järkevää tarkastella lähtöjä uudelle tilanteelle optimaalisemmaksi.

Kytkentämuutosten tavoitteena oli saada verkon nykytilan ongelmakohdat pois ja jakaa keskustan tehoja lähtöjen kesken tasaisemmin huomioon ottaen tulevaisuuden alueelliset sekä ajalliset kuormitusten kasvut ja siten että pyritään pitämään teollisuus, maaseutu ja kaupunkialue erillään.

Pirkkalan kunnan kaavoituksia ja suunnittelijoiden näkemyksiä apuna käyttäen voitiin kunnan alue jakaa kuuteen eri painopistealueeseen. Näistä alueista ehkä tärkeimmäksi ja suurimmaksi nousi Linnakorpi.

Tämän hetkisten tietojen mukaan tulevaisuuden hankkeet pystytään ratkaisemaan keskijänniteratkaisuna ilman sähköasemainvestointia.

Tämän ratkaisi Tampere-Pirkkala-logistiikkakeskuksen jääminen ensimmäisessä vaiheessa Vattenfall Verkon toimialuerajan ulkopuolelle.

## Lähdeluettelo

### Sähköiset lähteet

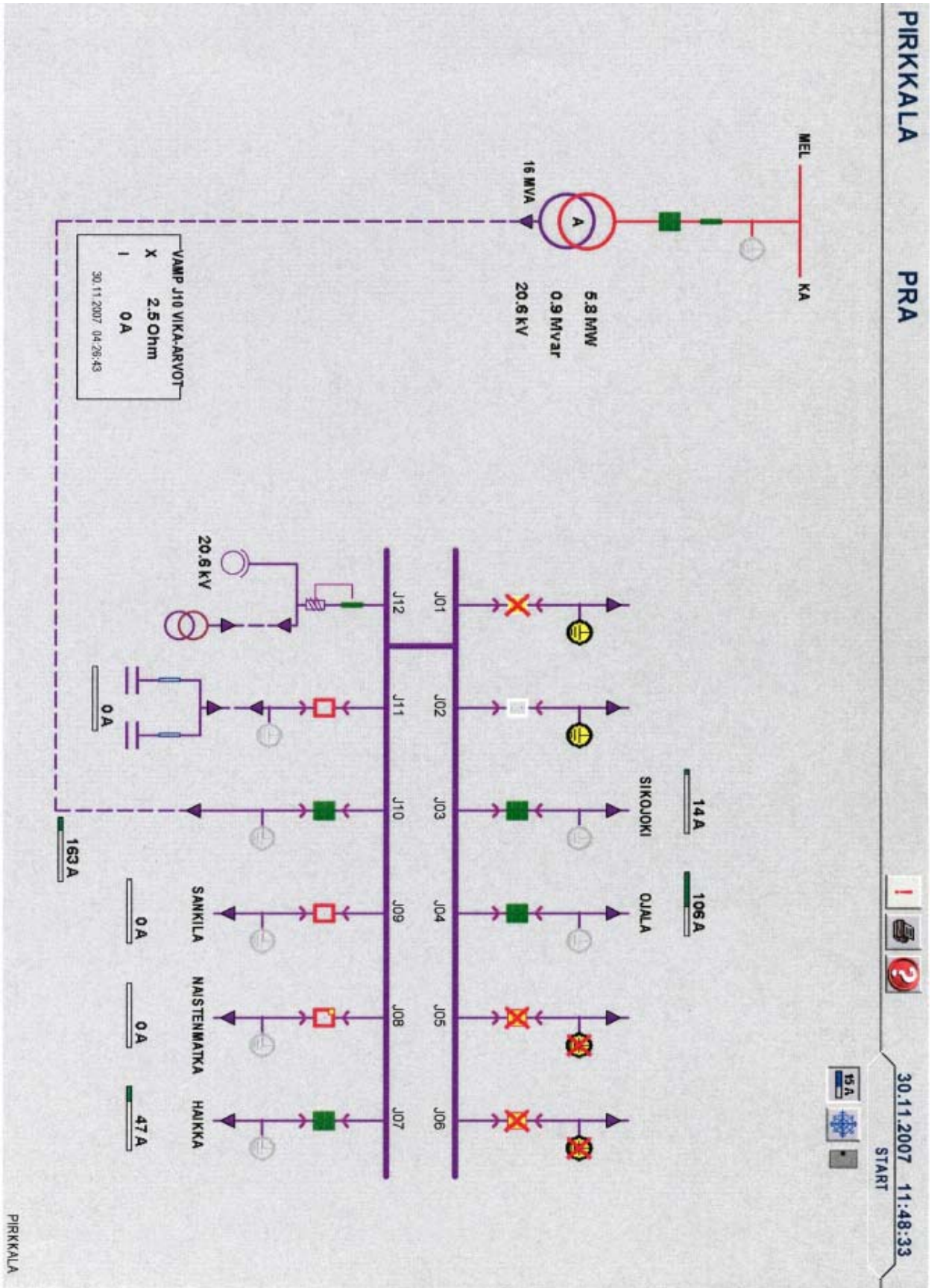
- /1/ Vattenfall Oy, [www-sivu],[viitattu 18.12.2007] Saatavissa:  
<http://www.vattenfall.fi/>
- /2/ Vattenfall Oy, [www-sivu],[viitattu 15.04.2008] Ei saatavissa:  
<http://intranet/login/>
- /5/ Tekla Oyj, [www-sivu], [viitattu 10.01.2008] Saatavissa:  
<http://www.tekla.com/>
- /17/ Pirkkalan kunta, [www-sivu/kaavoituskatsaus2007], [viitattu 09.11.2007] Saatavissa:  
<http://www.pirkkala.fi/>
- /18/ Pirkkalan kunta [www-sivu/kaavoituskatsaus2008], [viitattu 01.03.2008] Saatavissa:  
<http://www.pirkkala.fi/>
- /19/ Pirkanmaan liitto [www-sivu], [viitattu 09.11.2007] Saatavissa:  
<http://www.pirkanmaa.fi/>
- /20/ Pirkkalan kunta [www-sivu/kaavaluonnos 2020], [viitattu 01.03.2008] Saatavissa:  
<http://www.pirkkala.fi/>
- /24/ Pirkkala-CLX [www-sivu], [viitattu 22.11.2007] Saatavissa:  
<http://www.pirkkalaclx.fi/>
- /25/ Sähkömarkkinalaki 386/1995, [www-sivu], [viitattu 22.03.2008] Saatavissa:  
[http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/sahkomarkkinalaki\\_386-1995.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/sahkomarkkinalaki_386-1995.pdf)
- /26/ Sähköverkon kehittämisveloitteen arviointi käyttövarmuuden näkökulmasta, [www-sivu],  
[viitattu 14.04.2008], Saatavissa:  
[http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehittamisvelvoite\\_1-2005.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehittamisvelvoite_1-2005.pdf)

**Painetut lähteet**

- /3/ Lakervi E, Sähkönjakeluverkkojen suunnittelu, Otatieto Oy 1996
- /4/ ABB. Teknisiä tietoja ja taulukoita-käsikirja, 15 Verkstoautomaatio 07-2000
- /6/ Vattenfall Verkko Oy:n oma julkaisematon materiaali
- /7/ Pylvänäinen J, Xpower RNA ja AM käyttöohjeet, Versio 0.8
- /8/ Kivikoski T, Nokian alueen alueellinen tavoiteverkkosuunnitelma. Tutkintotyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu 2003.
- /9/ Paavola M, Sähkölaitosten suojaus, WSOY 1979
- /10/ ABB. Teknisiä tietoja ja taulukoita – käsikirja, 7 Oikosulkusuojaus 07-2000
- /11/ Mörsky J, Relesuojaustekniikka, Otatieto Oy 1992
- /12/ Verkostosuositus SA 5:94, Keskijänniteverkon sähköinen mitoittaminen, Sähköenergialiitto
- /13/ ABB. Teknisiä tietoja ja taulukoita – käsikirja, 8 Maasulkusuojaus 07-2000
- /14/ Salo J, Sähköisen suojauksen periaatteet Vattenfall Verkko Oy:n keskijänniteverkossa, Diplomityö 2006 Tampere
- /15/ ABB. Teknisiä tietoja ja taulukoita – käsikirja, 11 Tehomuuntajat 07-2000
- /16/ Laine J, Sähkönjakeluverkon komponenttien pitoajat, Diplomityö 2005 Kajaani
- /27/ Ilves. P, Keskijänniteverkon kaapelointi maaseutualueella. Tutkintotyö, Tampereen ammattikorkeakoulu 2007.

**Painamattomat lähteet**

- /21/ Jukka Manninen, Jättimäinen autokaupan keskus nousee Pirkkalaan, Aamulehti, Perjantai 01.09.2006
- /22/ Kaivonen.J, RE: Autokaupan keskus Pirkkala, [Sähköpostiviesti], 21.01.2008
- /23/ Fagerlund. P, Vast: insinööriyö, [Sähköpostiviesti], 25.02.2008





**Taulukko 1a. Nykytilan mukaiset luotettavuustiedot Pirkkalan asemalta lähtökohtaisesti.**

Asema, Lähtö	Asiakkaita [kpl]	Vikoja [kpl/a]	Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	Työkeskeytyksiä [kpl/a]
PRA_Sikojoki	405	2	273	2
PRA_Ojala	117	0	37	1
PRA_Haikka	3404	1	183	3
<b>Yhteensä</b>	<b>3926</b>	<b>3</b>	<b>493</b>	<b>6</b>

**Taulukko 1b. Nykytilan mukaiset luotettavuustiedot Pirkkalan asemalta lähtökohtaisesti (jatkoa).**

Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	Jälleenkytkentä-kustannukset [€]
14	3	608	6751	9094	6689
4	1	27	592	8768	7585
9	1	3302	33 883	67 386	28 534
<b>27</b>	<b>5</b>	<b>3937</b>	<b>41 226</b>	<b>85 248</b>	<b>42 808</b>

**Taulukko 2. Nykytilan mukaiset tunnusluvut Pirkkalan asemalta.**

Asema, Lähtö	SAIDI [h/asiakas]	SAIFI [kpl/asiakas]	CAIDI [h/keskeytys]
PRA_Sikojoki	1,70	1,85	0,92
PRA_Ojala	0,53	0,41	1,31
PRA_Haikka	1,51	1,31	1,38

**Taulukko 2a. Nykytilan mukaiset luotettavuustiedot Sorkkalan asemalta lähtökohtaisesti.**

Asema, Lähtö	Asiakkaita [kpl]	Vikoja [kpl/a]	Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	Työkeskeytyksiä [kpl/a]
SOK_Säijä	224	2	284	2
SOK_Pirkkala	106	0	70	1
SOK_Lentoasema	2	0	44	0
SOK_Arola	80	0	40	0
SOK_Tambest	1	0	4	0
SOK_Valkila	1229	1	144	2
<b>Yhteensä</b>	<b>1642</b>	<b>3</b>	<b>586</b>	<b>5</b>

**Taulukko 2b. Nykytilan mukaiset luotettavuustiedot Sorkkalan asemalta lähtökohtaisesti (jatkoa).**

Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	Jälleenkytkentä-kustannukset [€]
7	7	339	1865	9116	1798
2	2	37	201	2831	488
0	0	0	0	2387	97
1	1	17	99	1035	177
0	0	0	0	173	19
6	6	1048	8954	34 141	12 177
<b>16</b>	<b>16</b>	<b>1442</b>	<b>11 120</b>	<b>49 683</b>	<b>14 756</b>

**Taulukko 3. Nykytilan mukaiset tunnusluvut Sorkkalan asemalta.**

Asema, Lähtö	SAIDI [h/asiakas]	SAIFI [kpl/asiakas]	CAIDI [h/keskeytys]
SOK_Säijä	3,01	1,97	1,53
SOK_Pirkkala	0,96	0,61	1,58
SOK_Lentoasema	0,41	0,34	1,19
SOK_Arola	0,54	0,34	1,61
SOK_Tambest	0,20	0,17	1,26
SOK_Valkila	1,43	1,14	1,25

## NORMAALITILANNE

Pvm. 14.12.2007  
Laati H Leppämäki**Pirkkala (korvattava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasientti}}$  (KW) 13266  
 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)  
Maasukuvirta (A, 0  $\varnothing$ ) 51,5

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_{\text{h}}$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{ns}}$	(%)	$I_{\text{kamin}}$	Virtam. $I_{\text{rim}}$ (A)
03 Sikojoki		37	1330	1,1	405	250	3000	676	98		839	
04 Ojala		126	4431	0,6	118	300	3000	238	52		2527	
07 Haikka		214	7513	2,0	3294	300	3000	140	94		2087	
08 Naistenmätkä		-	-	-	-	-	-	-	-		-	
09 Sankila		-	-	-	-	-	-	-	-		-	
12 Ormakäyttö		-	-	-	-	-	-	-	-		-	

**Sorkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasientti}}$  (KW) 8296  
 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)  
Maasukuvirta (A, 0  $\varnothing$ ) 68,2 (sammutettu)

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_{\text{h}}$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{ns}}$	(%)	$I_{\text{kamin}}$	Virtam. $I_{\text{rim}}$ (A)
13 Arvola		11	382	0,1	80	400	2500	3636	110		2925	
15 Valkila		121	4253	2,9	1222	300	2500	248	92		1563	

**Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasientti}}$  (KW) 20018  
 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)  
Maasukuvirta (A, 0  $\varnothing$ ) 85,1

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_{\text{h}}$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{ns}}$	(%)	$I_{\text{kamin}}$	Virtam. $I_{\text{rim}}$ (A)
05 Ania		-	-	-	-	-	-	-	-		-	

Lähti Ania syötetään normaalitilanteessa Pirkkalan aseman lähtönä 03 Sikojoki

## KORVAUSTILANNE

Pvm. 14.12.2007  
Laati H. Leppämäki

## Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)

$P_{\text{laskettu}}$ (kW)	24853										
Maasulkuvirta (A, 0 Ω)	98,1										
Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{maxaja}}$ (A)	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpj)	$I_{>}$ (A)	$I_{>>}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k3in}$	Vittam. $I_{\text{nw}}$ (A)
05 Ania	148		5187	7,8	522	350	1500	236	80	890	

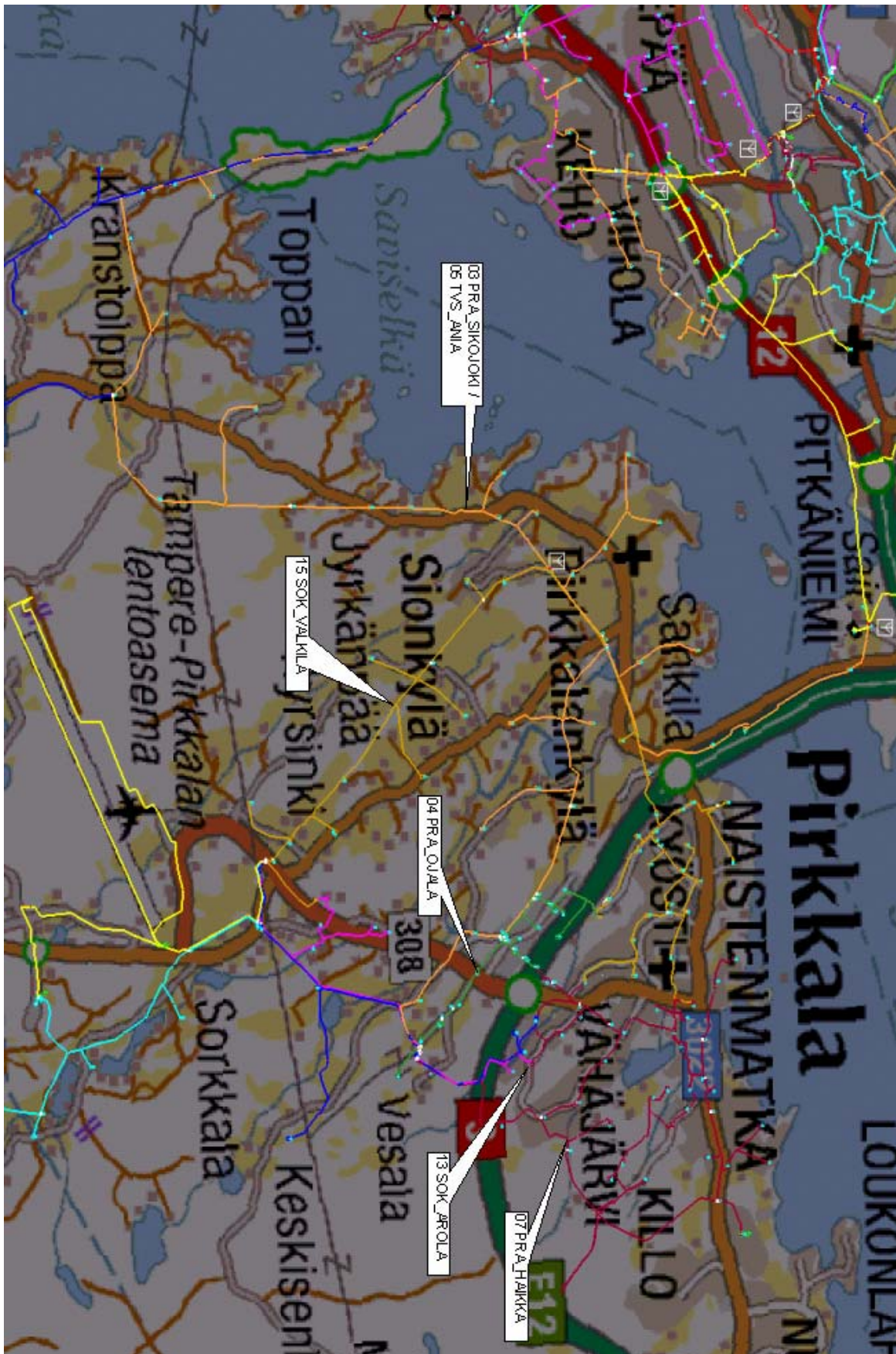
Ania korvaa lähdöt PRA\_Sikojoki ja PRA\_Ojala

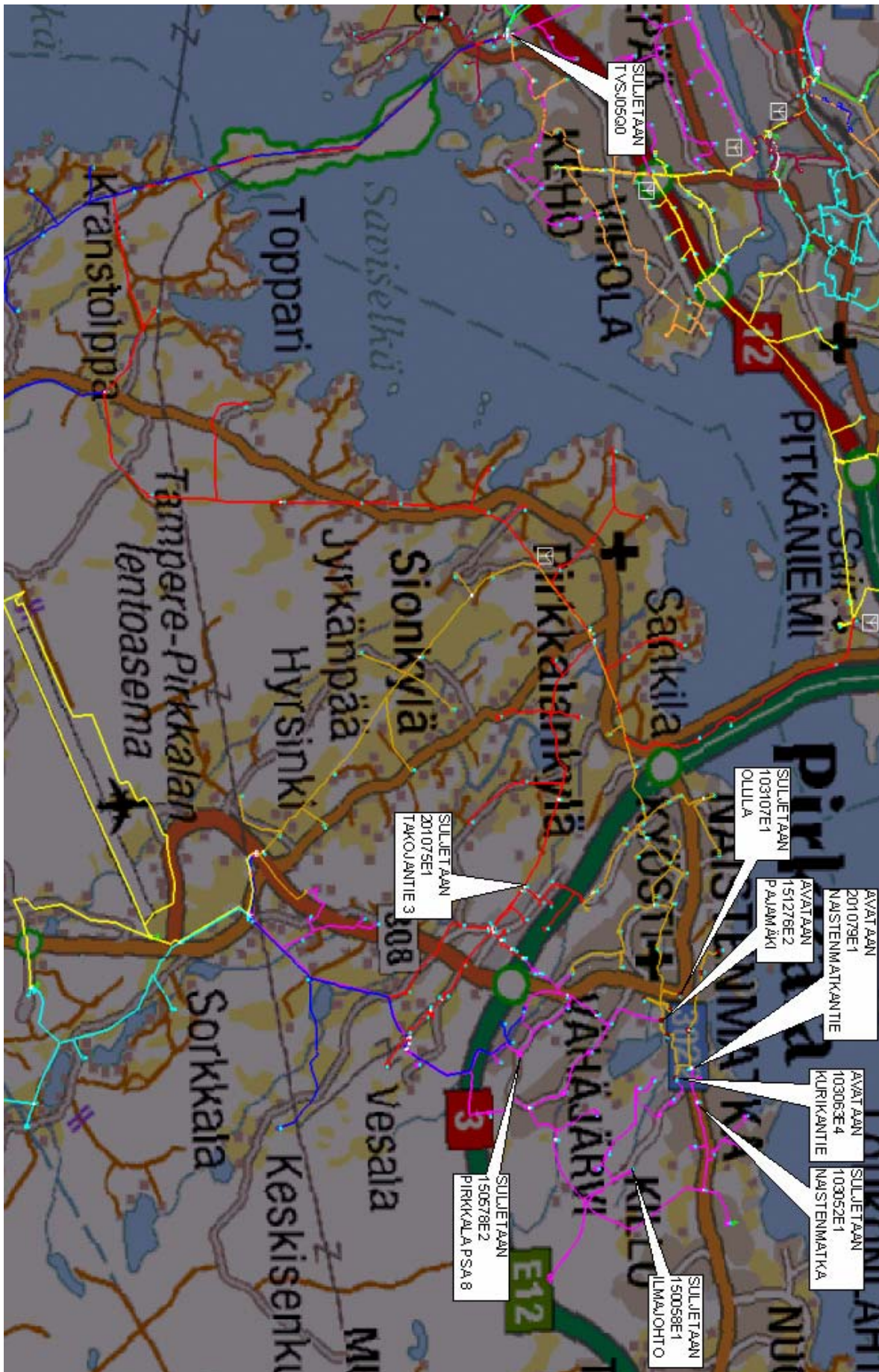
## Sorkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)

$P_{\text{laskettu}}$ (kW)	17258										
Maasulkuvirta (A, 0 Ω)	111,8										
Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{maxaja}}$ (A)	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpj)	$I_{>}$ (A)	$I_{>>}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k3in}$	Vittam. $I_{\text{nw}}$ (A)
13 Arola	196		6862	4,6	2391	400	2500	204	110	1669	
15 Valkila	190		6627	5,1	2267	400	2500	211	96	1418	

Arola korvaa osan lähdöstä PRA\_Haikka

Valkila korvaa osan lähdöstä PRA\_Haikka





**Sorkkala (korvattava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasientti}}$  (KW) 8296 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)Maasuikuvitta (A, 0  $\Omega$ ) 68,2

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_b$ (%)	As. (Kp)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{>3}$	$I_{>3}$ (%)	$I_{\text{adm}}$	Virtam $I_{\text{nim}}$ (A)
04 Säijä		18	649	0,7	223	300	3000	1667	96	887		
06 Pirkkala		15	535	0,2	106	300	2500	2000	118	2313		
11 Lentoasema		50	1733	0,2	2	300	5000	600	68	1988		
13 Arola		11	382	0,1	80	400	2500	3636	110	2925		
14 Tambest		21	744	0,0	1	300	-	1429	45	5001		
15 Valkila		121	4253	2,9	1222	300	2500	248	92	1563		

**Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasientti}}$  (KW) 18922 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)Maasuikuvitta (A, 0  $\Omega$ ) 84,7

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_b$ (%)	As. (Kp)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{>3}$	$I_{>3}$ (%)	$I_{\text{adm}}$	Virtam $I_{\text{nim}}$ (A)
04 Vesilähti		74	2591	5,8	1200	300	1400	405	149	998		
05 Ania		-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Lähtö Ania syötetään normaalilähteenä Pirkkalan asemalta lähtönä Skojoki.

**Pirkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasientti}}$  (KW) 13266 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)Maasuikuvitta (A, 0  $\Omega$ ) 51,5

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_b$ (%)	As. (Kp)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{>3}$	$I_{>3}$ (%)	$I_{\text{adm}}$	Virtam $I_{\text{nim}}$ (A)
08 Naistenmaka		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
09 Sankila		-	-	-	-	-	-	-	-	-		

**Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{laskettu}}$  (kW) 25865Maasulkuvirta (A, 0  $\Omega$ ) 103,3

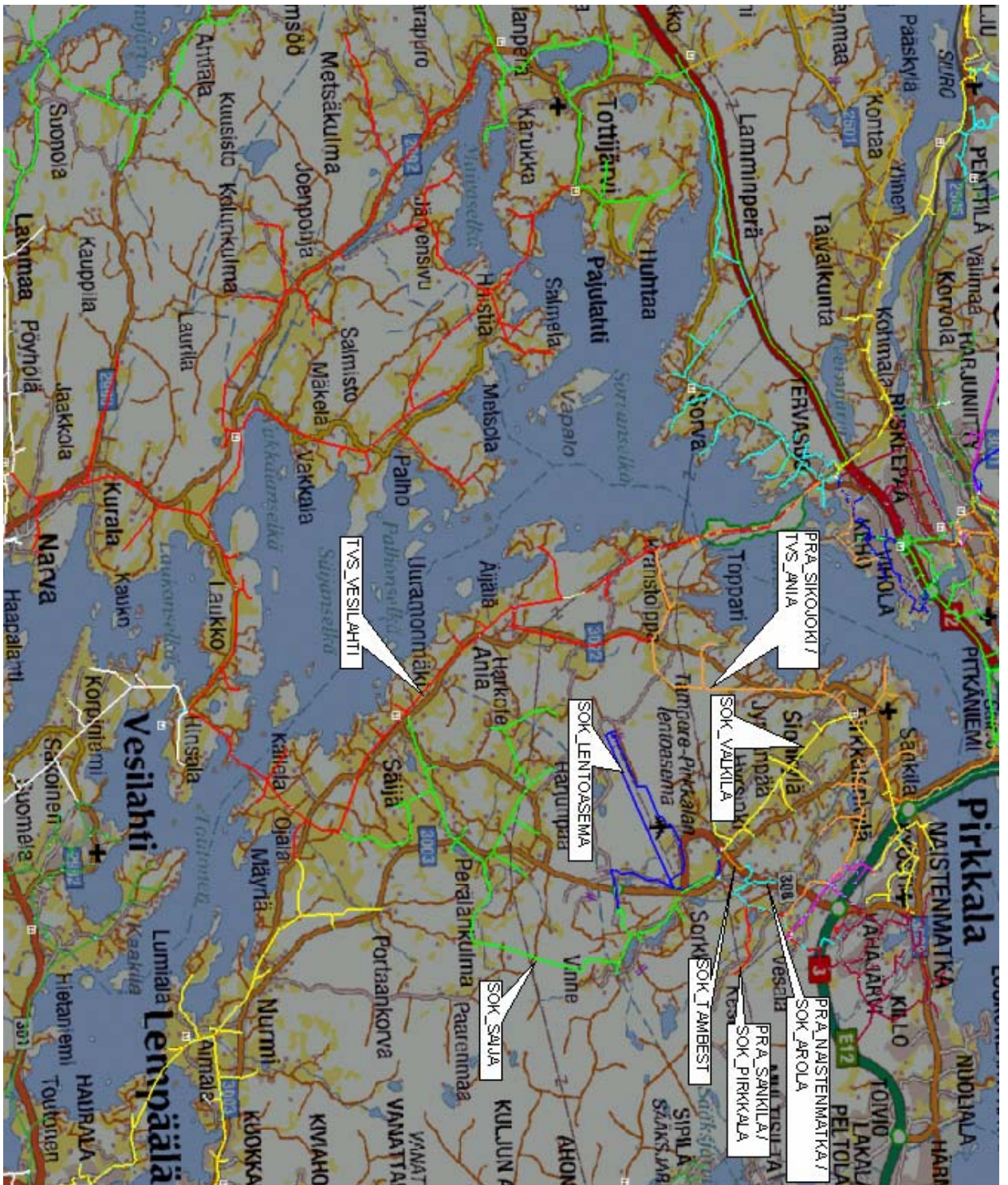
Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{maxaja}}$ (A)	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_b$ (A)	$I_{>}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{u3}$ (%)	$I_{\text{u3min}}$	Virtam. $I_{\text{rim}}$ (A)
04 Vesilahti	93		3261	6,4	1424	300	1400	323	<b>150</b>	689	
05 Ania	148		5177	6,5	1376	350	1500	236	80	1005	

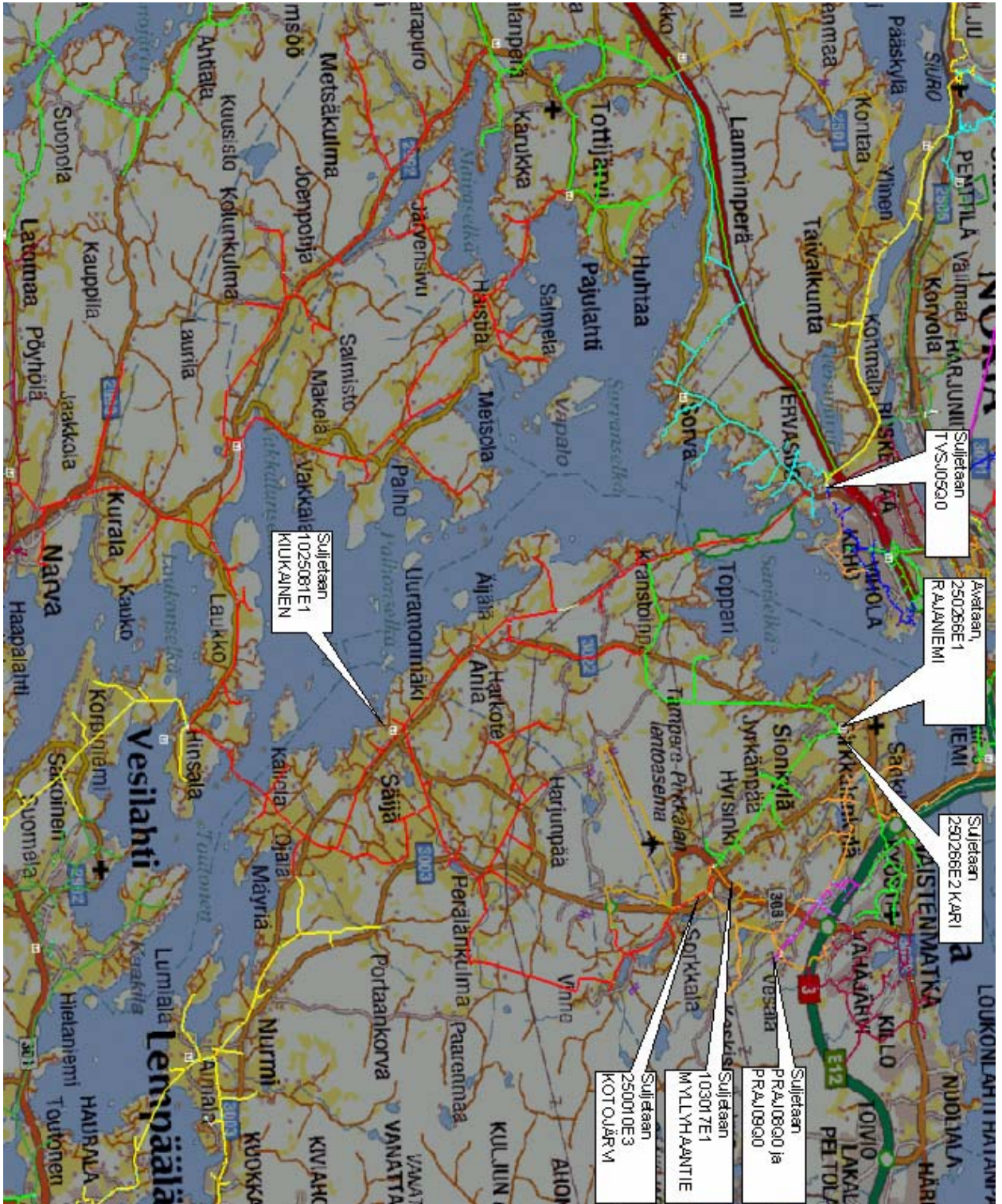
Vesilahti korvaa lähdön SOK\_Saija

Ania korvaa lähdön SOK\_Valkila ja osan lähdöstä PRA\_Sikojoki

**Pirkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{laskettu}}$  (kW) 16438Maasulkuvirta (A, 0  $\Omega$ ) 106,6

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{maxaja}}$ (A)	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_b$ (A)	$I_{>}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{u3}$ (%)	$I_{\text{u3min}}$	Virtam. $I_{\text{rim}}$ (A)
03 Sikojoki	24		848	0,5	252	250	3000	1042	98	1495	
08 Naistenmatka	75		2635	0,7	83	300	3000	400	66	1642	





**Taulukko 1a. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen luotettavuustiedot.**

Asema, Lähtö	Asiakkaita [kpl]	Vikoja [kpl/a]	Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	Asiakkaiden vikakeskeytystunnit [h/a]	Työkeskeytyksiä [kpl/a]
PRA_Haikka	922	1	115	833	1
SOK_Arola	42	0	27	14	0
SOK_Pirkkala	29	0	57	27	0
SOK_Valkila	473	1	110	455	2
PRA_Naistenmatka	2086	0	63	1162	2
PRA_Sankila	1267	0	64	715	2
<b>Yhteensä</b>	<b>4819</b>	<b>2</b>	<b>436</b>	<b>3206</b>	<b>7</b>

**Taulukko 1b. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen luotettavuustiedot (jatkoa).**

Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	Jälleenkytkentä-kustannukset [€]
4	1	534	4455	1443	4254
1	0	6	35	179	85
1	0	9	38	71	32
5	1	305	2571	4515	4925
4	1	754	10 273	2136	8384
5	1	474	7160	2555	7638
<b>19,53</b>	<b>4</b>	<b>2082</b>	<b>24 532</b>	<b>10 899</b>	<b>25 318</b>

**Taulukko 2. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen tunnusluvut.**

Asema, Lähtö	SAIDI	SAIFI	CAIDI
PRA_Haikka	1,04	0,72	1,45
SOK_Arola	0,50	0,30	1,62
SOK_Pirkkala	1,20	0,56	2,14
SOK_Valkila	1,42	1,10	1,29
PRA_Naistenmatka	0,69	0,49	1,40
PRA_Sankila	0,72	0,53	1,36

**Taulukko 1a. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen luotettavuustiedot.**

Asema, Lähtö	Asiakkaita [kpl]	Vikoja [kpl/a]	Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	Työkeskeytyksiä [kpl/a]
PRA_Haikka	922	1	115	1

**Taulukko 1b. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen luotettavuustiedot (jatkoa).**

Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	Jälleenkytkentä-kustannukset [€]
4	1	534	4455	1443	4254

**Taulukko 2. Tehonjaon jälkeen käsiteltyjen lähtöjen tunnusluvut.**

Asema, Lähtö	SAIDI	SAIFI	CAIDI
PRA_Haikka	1,04	0,72	1,45

## LÄHTÖJEN JAON JÄLKEINEN NORMAALITILANNE

Pvm. 11.3.2008  
Laati H.Leppämäki**Pirkkala (korvattava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasiertu}}$  (KW) 16486 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)

Määsukuvitta (A, 0 Ω) 63,5

Lähdöt	$I_{\text{max}}(A)$ mitattu	$I_{\text{max}}(A)$ laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}(A)$	$I_{>=}(A)$	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{As}}$ (%)	$I_{\text{Admi}}$	Virtam. $I_{\text{lim}}(A)$
03 Sikojoki		36	1291	1,0	405	300	3000	833	86	897	
04 Ojala		114	4029	0,6	119	400	3000	351	65	3358	
07 Haikka		80	2821	0,8	922	600	3000	750	43	2612	
08 Naistenmätka		141	4952	1,5	2088	600	3000	426	61	2721	
09 Sankila		97	3397	1,4	1288	600	2500	619	63	2307	

**Sorkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasiertu}}$  (KW) 6387 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)

Määsukuvitta (A, 0 Ω) 59,0 (sammutettu 10 A)

Lähdöt	$I_{\text{max}}(A)$ mitattu	$I_{\text{max}}(A)$ laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}(A)$	$I_{>=}(A)$	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{As}}$ (%)	$I_{\text{Admi}}$	Virtam. $I_{\text{lim}}(A)$
13 Arvola		9	319	0,1	42	400	2500	4444	111	3478	
15 Vaikila		80	2806	1,9	477	300	2500	375	96	1670	
06 Pirkkala		2	77	0,0	29	300	2500	15000	118	2333	

**Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{lasiertu}}$  (KW) 20018 $P_{\text{mitattu}}$  (KW)

Määsukuvitta (A, 0 Ω) 85,1

Lähdöt	$I_{\text{max}}(A)$ mitattu	$I_{\text{max}}(A)$ laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}(A)$	$I_{>=}(A)$	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{As}}$ (%)	$I_{\text{Admi}}$	Virtam. $I_{\text{lim}}(A)$
05 Ania		-	-	-	-	350	1500	-	-	-	

Lähtö Ania syötetään normaalitilanteessa Pirkkalan aseman lähtönä 03 Sikojoki

## KORVAUSTILANNE

Pvm. 11.3.2008  
Laati H.Lepämäki**Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{laskettu}}$  (kW) 23075 $P_{\text{maasuikkuvirta}}$  (A, 0 Ω) 100,2

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{max}}$ (A) rajalla	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}$ (A)	$I_{>>}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{u3}$ (%)	$I_{k2min}$	Virtam. $I_{nim}$ (A)
05 Ania	114		4035	6,5	513	350	1500	307	80	894	

Ania korvaa lähdön PRA\_Sikkojoki ja osan lähdöstä PRA\_Ojala

**Sorkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{laskettu}}$  (kW) 27568 $P_{\text{maasuikkuvirta}}$  (A, 0 Ω) 136,1 --> (kompensoitu 15 A)

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{max}}$ (A) rajalla	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I_{>}$ (A)	$I_{>>}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{u3}$ (%)	$I_{k2min}$	Virtam. $I_{nim}$ (A)
13 Arola	218		7461	5,1	1260	400	2500	183	111	1749	
15 Valkila	162		5678	4,3	718	300	2500	185	96	1503	
06 Pirkkala	237		8244	6,9	2783	300	2500	127	118	1509	

Arola korvaa osan lähdöistä PRA\_Haikka, PRA\_Naistenmatka ja PRA\_Linnakorpi

Valkila korvaa osan lähdöistä PRA\_Naistenmatka ja PRA\_Ojala

Pirkkala korvaa osan lähdöistä PRA\_Sankila, PRA\_Naistenmatka ja PRA\_Linnakorpi





## TEHONJAON JÄLKEINEN NORMAALITILANNE

Pvm. 12.3.2008  
Laati H. Leppämäki**Sorkkala (korvattava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{asiettu}}$  (KW) 6387  
 $P_{\text{mitattu}}$  (KW) 58,3  
Määsukuvinta (A, 0 r2)

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_n$ (%)	As. (kV)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{ks}}$ (%)	$I_{\text{ksmin}}$	Virtam. $I_{\text{min}}$ (A)
04 Säjä		18	655	0,7	224	300	3000	1667	91	883	
06 Pirkkala		2	77	0,0	29	300	2500	15000	118	2333	
11 Lentosema		52	1829	0,2	2	300	5000	577	68	1989	
13 Arola		9	319	0,1	42	400	2500	4444	111	3478	
14 Tambest		20	701	0,0	1	300	3000	1500	45	5003	
15 Valkilla		80	2806	1,9	477	300	2500	375	96	1670	

**Tervassuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{asiettu}}$  (KW) 19057  
 $P_{\text{mitattu}}$  (KW) 86,7  
Määsukuvinta (A, 0 r2)

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_n$ (%)	As. (kV)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{ks}}$ (%)	$I_{\text{ksmin}}$	Virtam. $I_{\text{min}}$ (A)
04 Vesilahti		58	2047	4,2	1222	300	1400	517	150	994	
05 Anla		-	-	-	-	350	1500	-	-	-	

Lähtö Anla syötetään normaaliolosuhteissa Pirkkalan asemalta jännönä Skojoki.

**Pirkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)** $P_{\text{asiettu}}$  (KW) 16486  
 $P_{\text{mitattu}}$  (KW) 67,1  
Määsukuvinta (A, 0 r2)

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) mitattu	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$P_{\text{max}}$ (KW)	$U_n$ (%)	As. (kV)	$I_{>}$ (A)	$I_{>=}$ (A)	$I_{>}/I_{\text{max}}$ (%)	$I_{\text{ks}}$ (%)	$I_{\text{ksmin}}$	Virtam. $I_{\text{min}}$ (A)
08 Naistenmaka		141	4952	2	2088	600	3000	426	61	2721	
09 Sankila		97	3393	1,4	1288	600	2500	619	63	2307	

## KORVAUSTILANNE

Pvm. 18.12.2007  
Laati H. Leppämäki

**Tervasuo (korvaava sähköasema, 25 MVA)**

$P_{\text{laskettu}}$  (kW) 23929

Maasulkuvirta (A, 0 Ω) 102,6

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{maxaja}}$ (A)	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I >$ (A)	$I >>$ (A)	$I > / I_{\text{max}}$ (%)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$	Virtam. $I_{min}$ (A)
04 Vesilähti	78		2735	4,8	1447	300	1400	385	150	689	
05 Ania	122		4180	6,1	318	350	1500	287	80	1018	

Vesilähti korvaa lähdön SOK\_Saija

Ania korvaa osan lähdöstä SOK\_Valkila ja osan lähdöstä PRA\_Silkojoki

**Pirkkala (korvaava sähköasema, 25 MVA)**

$P_{\text{laskettu}}$  (kW) 24995

Maasulkuvirta (A, 0 Ω) 133,7

Lähdöt	$I_{\text{max}}$ (A) laskettu	$I_{\text{maxaja}}$ (A)	$P_{\text{max}}$ (kW)	$U_h$ (%)	As. (kpl)	$I >$ (A)	$I >>$ (A)	$I > / I_{\text{max}}$ (%)	$I_{k3}$ (%)	$I_{k2min}$	Virtam. $I_{min}$ (A)
03 Silkojoki	23		831	0,5	252	300	3000	1304	78	1494	
08 Naistenmäki	186		6423	1,5	2134	600	3000	323	61	1642	

