

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Sähkötekniikan koulutusohjelma

*Diplomityön tekijä* \_\_\_\_\_ *Jarno Virtanen*

**MÄNTSÄLÄN SÄHKÖ OY:N JAKELUVERKON  
KEHITTÄMISSUUNNITELMA**

Työn tarkastajat:   Professori Jarmo Partanen  
                          TkT Jukka Lassila

Työn ohjaajat:       Professori Jarmo Partanen  
                          Insinööri Timo Korpelainen

# TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jarno Virtanen

Mäntsälän Sähkö Oy:n jakeluverkon kehittämissuunnitelma

2010

Diplomityö

51 sivua, 21 kuvaa, 10 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja Prof. Jarmo Partanen ja TkT Jukka Lassila

Ohjaaja ins. Timo Korpelainen

Hakusanat: jakeluverkko, kehittämissuunnitelma, keskijänniteverkko

Työn tavoitteena oli laatia Mäntsälän Sähkö Oy:n jakeluverkon kehittämissuunnitelma vuodelle 2020. Työn laadinta aloitettiin selvittämällä verkon nykytila ja käyttövarmuus korvaustilanteissa. Tämän jälkeen työssä paikannettiin alueet, joissa korvattavuuden parantaminen tai kuormitusten kasvaminen tulevaisuudessa edellyttää mittavia investointeja jakeluverkon käyttövarmuuden takaamiseksi.

Työssä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin Järvelän alueen käyttövarmuuden kehittämistä ja Hennan alueen kuormituksen kasvuun varautumista. Järvelän alueen käyttövarmuuden parantaminen edellyttää joko uutta sähköasemainvestointia tai 110 kV johdon rakentamista. Hennan alueen kuormituksen kasvu edellyttää, alueen kuormituksista riippuen, joko yhtä tai kahta uutta sähköasemainvestointia.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology

Faculty of Technology

Degree Programme in Electrical Engineering

Jarno Virtanen

Developing Plan for Distribution Network of the Mantsalan Sahko Ltd

2010

Master's thesis

51 pages, 21 figures, 10 tables and 2 appendices

Supervisors: Professor Jarmo Partanen, Doctor of Science (Technology) Jukka Lassila,

Engineer Timo Korpelainen

Keywords: distribution network, developing plan, medium voltage network

This Master's thesis main aim was to design a long term developing plan until year 2020 for the distribution network of Mantsalan Sahko Ltd. The First task was to determine the present condition of the distribution network and its activity in the replace mode. After knowledge of the network's condition and activity in the replace mode the mission was to localize regions where massive investments needs to be done to ensure reliable electricity distribution in the future.

The thesis examines in more detail the reliability of electricity distribution in Jarvela's region and the load growth in the region of Henna. This work's analysis proves that Mantsalan Sahko Ltd has to build in the future a new substation or 110 kV line to improve the reliability of distribution in Jarvela. Henna's electricity load growth requires investing, depending loads, either one or two new substation investment.

## **ALKUSANAT**

Tämä diplomityö tehtiin Mäntsälän Sähkö Oy:lle. Työn tavoitteena on ollut selvittää Mäntsälän Sähkö Oy:n jakeluverkon nykytila ja käyttövarmuus sekä laatia pitkän aikavälin kehittämissuunnitelma käyttövarmuuden ylläpitämiseksi. Haluan kiittää työn tarkastajaa professori Jarmo Partasta, joka on opastanut ja antanut arvokkaita kommentteja työn eri vaiheissa. Kiitos myös työn toiselle tarkastajalle tekniikan tohtori Jukka Lassilalle. Kiitoksen ansaitsee myös työn ohjaaja sähköinsinööri Timo Korpelainen mielenkiintoisesta aiheesta ja työn ohjaamisesta.

Kiitokset myös vanhemmilleni, sisaruksilleni, ystävilleni ja työkavereilleni kannustuksesta opintojeni ja erityisesti diplomityöni aikana.

Järvenpäässä 7.5.2010

Jarno Virtanen

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. KEHITTÄMISSUUNNITELMAN LAADINNASSA SOVELLETTAVAT TEORIAT .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Keskeytykset.....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Jälleenkytkennät.....	7
2.1.2 Pitempiaikaiset vikakeskeytykset.....	8
2.1.3 Suunnitellut työkeskeytykset .....	9
2.1.4 Jännitekuopat .....	10
<b>2.2 Jakeluverkon investointien kustannukset.....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Nykyarvomenetelmä .....	11
2.2.2 Annuiteetmenetelmä .....	11
<b>2.3 Mäntsälän Sähkö Oy:n investoinnit käyttövarmuuden parantamiseksi.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Tietojärjestelmien hyväksikäyttö verkostosuunnittelussa .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Verkostolaskennassa käytetyt parametrit .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Jännitteenalenema ja häviöt .....</b>	<b>13</b>
<b>2.7 Johtojen mitoitus taloudellisesti .....</b>	<b>15</b>
2.7.1 Johdon taloudellisin poikkipinta .....	16
<b>3. MÄNTSÄLÄN SÄHKÖ OY:N SÄHKÖNJAKELUVERKON NYKYTILA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Jakeluverkon rakenne .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Kunnossapitotiedot ja ikätiedot.....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Mäntsälän Sähkö Oy:n 110 kV verkko .....	20
3.2.2 Sähköasemat .....	21
3.2.3 Keski- ja pienjänniteilmajohdot .....	22
<b>3.3 Oikosulkuvirrat.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 Maasulkuvirrat .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5 Päämuuntajien ja johtolähtöjen kuormat .....</b>	<b>25</b>
<b>4. MÄNTSÄLÄN SÄHKÖ OY:N JAKELUALUEEN KUORMIEN KASVUENNUSTE JA TAAJAMIEN KUVAUS.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Mäntsälä .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Etelä-Mäntsälä .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3 Järvelä.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4 Orimattila, Hennan alue.....</b>	<b>30</b>

<b>5.</b>	<b>KESKIJÄNNITEVERKON HÄVIÖT JA SÄHKÖASEMIEN KORVAAMINEN</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Keskijänniteverkon häviöiden pienentäminen</b>	<b>31</b>
5.1.1	Mäntsälän, Mattilan ja Ohkolan sähköasemien korvaaminen	32
5.1.2	Järvelä	33
<b>6.</b>	<b>JÄRVELÄN SÄHKÖNJAKELUN KÄYTTÖVARMUUDEN PARANTAMINEN</b>	<b>34</b>
<b>6.1</b>	<b>Kuormitukset talvella ja kesällä</b>	<b>34</b>
6.1.1	Järvelän sähköaseman korvaaminen nykyverkolla	36
6.1.2	20 kV varasyötöt suunnitellulta Hennan sähköasemalta	39
6.1.3	Uuden sähköaseman ja 110 kV johdon rakentaminen	41
<b>7.</b>	<b>HENNAN ALUEEN MAHDOLLISEEN KUORMITUKSEN KASVUUN VARAUTUMINEN</b>	<b>43</b>
7.1.1	Ensimmäisen sähköaseman rakentaminen	45
7.1.2	Toisen sähköaseman rakentaminen Hennan alueelle	47
<b>8.</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>49</b>
	<b>LÄHDELUETTELO</b>	<b>50</b>

- LIITTEET**
- I** Energiamarkkinaviraston verkkokomponentit ja indeksikorjatut yksikköhinnat vuodelle 2008
  - II** Mäntsälän Sähkö Oy:n kaukokäyttöerotinasemat

## KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

### Lyhenteet

AJK	Aikajälleenkytkentä
EMV	Energiamarkkinavirasto
KJ	Keskijännite
KL	Kytkinlaitos
KSOY	Kymenlaakson Sähkö Oy
MSOY	Mäntsälän Sähkö Oy
PJK	Pikajälleenkytkentä
PJ	Pienjännite
PM	Päämuuntaja
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition

### Muuttujat

$a$	vuosi
$f$	vikataajuus
$H$	hinta
$I$	virta
$K$	kustannus
$l$	pituus
$P$	pätöteho
$p$	korkoprosentti
$Q$	loisteho
$R$	resistanssi
$S$	näennäisteho
$t$	aika
$U$	jännite
$W$	energia
$x$	reaktanssi
$\kappa$	diskonttauskerroin

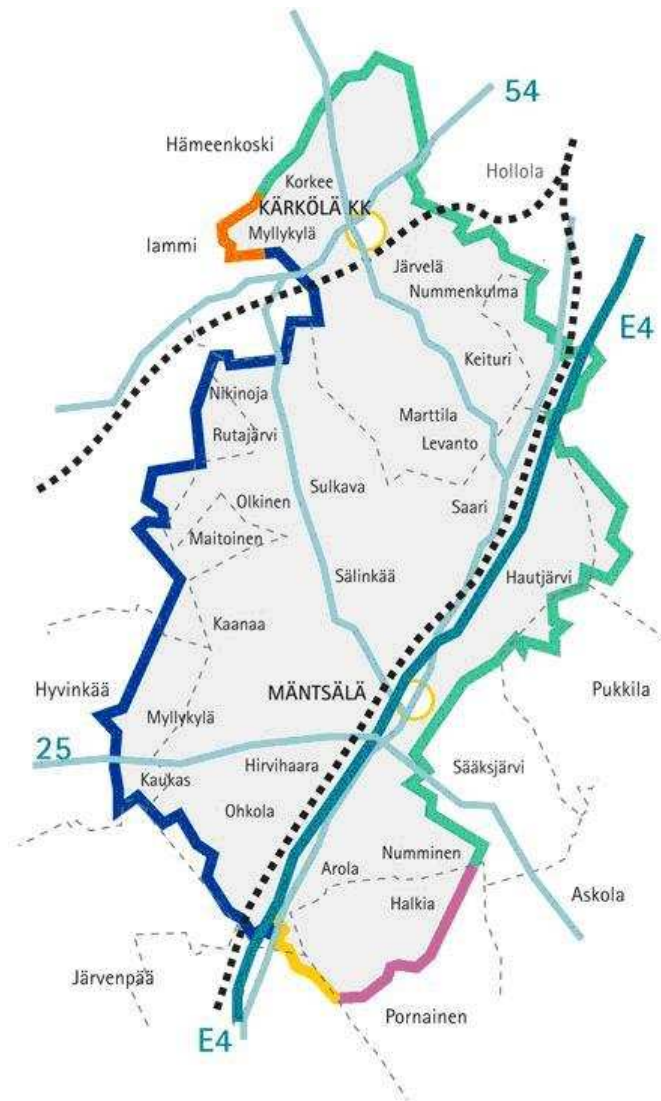
### Alaindeksit

$f$	vika
-----	------



## 1. JOHDANTO

Mäntsälä on voimakkaasti kasvava noin 18 800 asukkaan kunta Keski-Uudellamaalla. Mäntsälän Sähkö Oy:n (MSOy) jakelualueella on n. 13 000 asiakasta. Jakelualueen suurin taajama on Mäntsälä. Jakelualue ulottuu yhdeksän kunnan alueelle. Kuvassa 1.1 on esitetty MSOy:n jakelualue.



**Viereiset jakeluverkonhaltijat**  
 ■ Kymenlaakson Sähkö Oy  
 ■ Porvoon Energia  
 ■ Keravan Energia  
 ■ Fortum Sähkösiirto Oy  
 ■ Vattenfall

Kuva 1.1. Mäntsälän Sähkö Oy:n jakelualue (MSO 2009)

Viime vuosina alueen asukasluvun kasvu on näkynyt etenkin MSOy:n uusien sähköliittymien tilausmäärissä. 2000-luvulla uusia sähköliittymiä on rakennettu vuosittain n. 200 kpl. Syksyllä 2006 valmistunut uusi oikorata tulee varmistamaan Mäntsälän alueen vahvan kasvun lähivuosinakin.

Sähkönkulutuksen kasvuun ja hankaliin sääilmiöihin varautuminen edellyttää merkittäviä investointeja sähkönjakeluverkkoon. Tämän diplomityön tavoitteena on laatia pitkän aikavälin jakeluverkon kehittämissuunnitelma. Kehittämissuunnitelmassa kartoitetaan nykyverkon käyttövarmuus ja laaditaan suunnitelma suoritettavista investoinneista, joilla ylläpidetään sähkönjakelun käyttövarmuus tulevaisuudessa. Investointien teknistaloudellisessa tarkastelussa huomioidaan verkon koko elinkaaren kustannukset, jotka muodostuvat verkon rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta.

## 2. KEHITTÄMISSUUNNITELMAN LAADINNASSA SOVELLETTAVAT TEORIAT

### 2.1 Keskeytykset

Sähkönjakeluverkon keskeytykset jaetaan suunniteltuihin työkeskeytyksiin ja vikakeskeytyksiin. Suunnitellut keskeytykset liittyvät uuden verkonosan kytkentään ja saneeraustoimenpiteisiin jakeluverkossa. Vikakeskeytyksiä aiheuttavat luonnonilmiöt, tekniset viat tai ulkopuoliset häiriöt.

#### 2.1.1 Jälleenkytkennät

Sähkönjakeluyhtiön asiakkaiden kokemista keskeytyksistä yli 90 % aiheutuu keski- ja pienjänniteverkossa (Vil 2006). Suuri osa näistä on lyhytkestoisia pika- ja aikajälleenkytkentöjä. Jälleenkytkentöjen avulla selvittää monista vioista nopeasti.

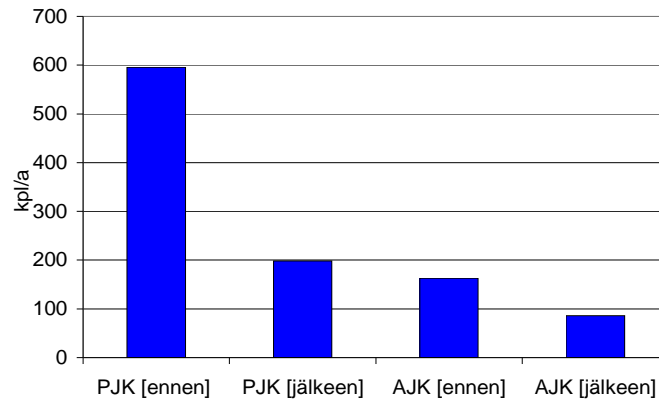
Jälleenkytkentöjen aiheuttama haitta eri asiakasryhmille on hyvin erilainen. Teollisuudelle jälleenkytkennät voivat aiheuttaa suuriakin haittoja mm. tuotannon pysähtymisestä, hävikistä ja koneiden ylösajoajasta johtuen, kun taas kotitalouksille jälleenkytkentöjen aiheuttamat muutokset normaaliolosuhteisiin ovat usein vähäisiä.

Pikajälleenkytkennän (PJK) seurauksena syntyvä jännitteetön aika kestää MSOy:n jakeluverkossa 0,5 s ja aikajälleenkytkennässä (AJK) jännitteetön aika kestää yhden minuutin.

MSOy:n jakeluverkossa tapahtuu vuosittain n. 170 PJK:ää ja n. 70 AJK:ää. Myrskyt ja lumikuormat vaikuttavat huomattavasti vuotuisiin jälleenkytkentöjen kokonaismääriin. Esimerkiksi vuoden 2005 marras- ja joulukuussa ollut lumimyrsky lisäsi vuotuisten pikajälleenkytkentöjen määrää 308 kpl:lla ja aikajälleenkytkentöjen 243 kpl:lla.

MSOy:n keskijänniteverkon pituus oli vuonna 2007 880 km, joten jälleenkytkentöjen vikataajuudet ovat: PJK:t  $f_{PJK} = 19,3$  vikaa/100 km, ja AJK:t  $f_{AJK} = 8,0$  vikaa/100 km, a.

MSOy:n kaikilla sähköasemilla otettiin käyttöön vuoden 2002 aikana maasulun sammutusjärjestelmä. Investoinnin ansiosta jälleenkytkentöjen määrät vähenivät huomattavasti.

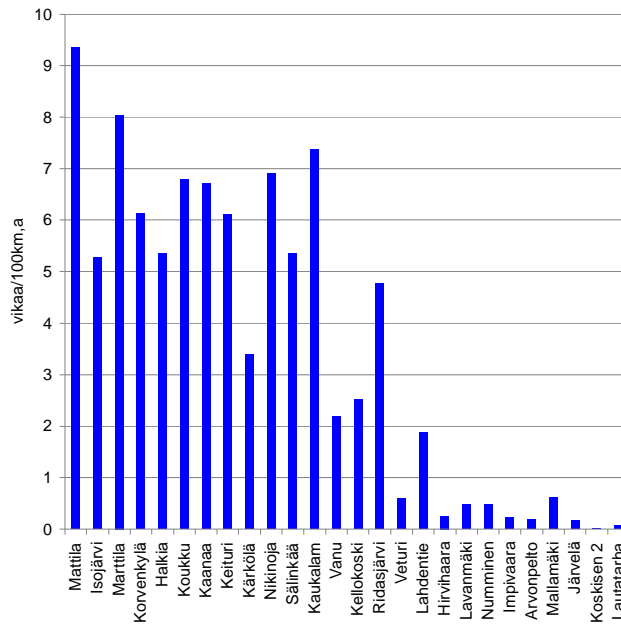


Kuva 2.1. Jälleenkytkentöjen esiintyminen ennen ja jälkeen sammutusjärjestelmän käyttöönottoa.

Kuvasta 2.1 on nähtävissä, että pikajälleenkytkentöjen määrä sammutusjärjestelmän käyttöönoton jälkeen on vain kolmannes aikaisemmasta. Myös aikajälleenkytkentöjen määrä lähes puolittui investoinnin ansiosta.

### 2.1.2 Pitempiaikaiset vikakeskeytykset

Pitempiaikaisia vikakeskeytyksiä, joita ei saatu korjattua jälleenkytkennöillä esiintyi MSOy:n jakeluverkossa vuosina 2003-2007 keskimäärin n. 52 kpl/a. Vuonna 2006 pitempiaikaisia vikakeskeytyksiä esiintyi 37 kpl/a ja vuonna 2007 50 kpl/a. Yksikään vikakeskeytyks ei vuonna 2006 ja 2007 kestänyt yli 12 tuntia. Keskijänniteverkon pituus oli 880 km, joten vuosien 2003-2007 pysyvien vikojen keskimääräiseksi vikataajuudeksi saadaan: pysyvät viat  $f_{\text{vika}} = 5,91$  vikaa/100 km,a. Kuvassa 2.2 on esitetty niiden johtolähtöjen, joilla keskijänniteverkon vikoja on esiintynyt, keskimääräiset vikataajuudet vuosina 2003-2007.



Kuva 2.2. Johtolähtöjen keskimääräiset vikataajuudet vuosina 2003-2007.

Pitempiaikaisista vikakeskeytyksistä suurin osa esiintyy pitkillä maaseutujohtolähdöillä, joissa on avojohtoja metsien läheisyydessä. Taajamia ja suuria kuluttajia syöttävillä johtolähdöillä pitempiaikaiset vikakeskeytykset ovat harvinaisia johtuen maakaapeliin ja päällystettyjen avojohtojen suuresta osuudesta johtolähdöillä.

Vuonna 2008 käyttöön otettu Mattilan sähköasema on lyhentänyt merkittävästi jakelualueen eteläosan keskijännitejohtolähtöjen pituuksia. Tämä tulee näkymään tulevaisuudessa mm. Mattilan sähköaseman johtolähtöjen vähentyneinä vikakeskeytyksien määränä.

### 2.1.3 Suunnitellut työkeskeytykset

Suunnitellut keskeytykset sähkönjakelussa johtuvat verkoston kunnossapitotöistä, joita ei voida tehdä jännitetyönä. Keskeytyksen kesto pyritään pitämään maksimissaan n. kolmessa tunnissa. Suunnitellut keskeytykset aiheuttavat sähkön käyttäjille kustannuksia, mutta huomattavasti vähemmän kuin vikakeskeytykset, sillä suunnitelluista työkeskeytyksistä ilmoitetaan keskeytyksen piirissä oleville asiakkaille etukäteen postitse katkokortilla. Keskeytyksistä aiheutuvien kustannusten vähentämiseksi tulisi verkostotyöt tehdä MSOy:n jakeluverkossa aina kun mahdollista jännitetyönä. Suurien teollisuusyrityksien kanssa työkeskeytykset suunnitellaan järjestettäväksi aina tuotannon seisokin aikana.

### 2.1.4 Jännitekuopat

Jännitekuopalla tarkoitetaan jakelujännitteen hetkellistä (10 ms.  $\geq$  1 s.) jännitteenalenemistä. Jännitekuopat saattavat rikkoa tai häiritä sähkölaitteiden toimintaa. Normaalisti toimiessaan sähkölaitteiden tulee kestää nopeita jännitevaihteluja (For 2008). 110/20 kV:n sähköaseman läheisyydessä tapahtuvat oikosulut ovat hyvin haitallisia, sillä tällöin kyseessä olevan sähköaseman kaikki asiakkaat kokevat syvän ja pidempiaikaisen (1s.  $\geq$  1 min.) jännitekuopan, jonka aiheuttamat haitat ovat siten eri asiakasryhmille verrattavissa jälleenkytkentöjen aiheuttamiin haittoihin.

## 2.2 Jakeluverkon investointien kustannukset

Verkostonsuunnittelun tavoitteena on suunnitella ratkaisuja, jotka täyttävät tekniset vaatimukset koko pitoajan ja ovat mahdollisimman taloudellisia. Vertailtaessa eri investointivaihtoehtoa on selvitettävä koko jakelujärjestelmän sekä yksittäisten komponenttien kokonaiskustannukset. (Par 2007) Kustannukset voidaan jakaa kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin.

Sähkönjakeluverkossa kustannukset muodostuvat: investointi-, häviö-, kunnossapito- ja keskeytyskustannuksista. Investointikustannukset ovat kertaluonteisia kustannuksia ja muut kustannukset jaksoittain toistuvia muuttuvia kustannuksia. Taulukossa 2.1 on esitetty kustannuslajit ja niiden luonne.

Taulukko 2.1 Kustannuslajit ja niiden luonne (Par 2007)

	Kiinteä	Muuttuva	Kerta	Jaksottainen
Investoinnit	+		+	
Kuormitushäviöt		+		+
Tyhjäkäyntihäviöt	+			+
Ylläpito	+			+
Keskeytyskustannukset		+		+

Jotta eri investointivaihtoehtojen kustannuksia voidaan vertailla on vuosittain muuttuvat jaksoittaiset kustannukset tehtävä vertailukelpoisiksi joko nykyarvo- tai annuiteettimenetelmällä.

110 kV johto- ja sähköasemainvestoinnit ovat jakeluyhtiön verkoston kalleimpia investointeja. Verkostoinvestointien hintoja ovat: 110/20 kV sähköasema sisältäen

päämuuntajat 0,5-3 M€/kpl, 110/20kV päämuuntaja 200-300 k€/kpl, 110 kV avojohto 60-100 k€/km, 20 kV kaapeli 43-100 k€/km, 20 kV päällystetty avojohto 26 k€/km, 20 kV avojohto 20 k€/km, 0,4 kV maakaapeli 11-30 k€/km, 20/0,4 kV jakelumuuntamo 6-20 k€/kpl ja 0,4kV AMKA-ilmakaapeli 12-18 k€/km. (Par 2007)

Tässä diplomityössä investointilaskelmissa on käytetty Energiamarkkinaviraston laatimia verkkokomponenttien yksikköhintoja. Energiamarkkinaviraston verkkokomponentit ja indeksikorjatut yksikköhinnat vuodelle 2008 on esitetty liitteessä I.

### 2.2.1 Nykyarvomenetelmä

Investoinnista aiheutuneet kustannukset ja tuotot diskontataan laskentakoron avulla nykyhetkeen. Nykyarvomenetelmässä investointi on kannattava, kun nykyarvo  $> 0$ .

$$NA = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} + \frac{JA_n}{(1+i)^n} - H, \quad (2.1)$$

missä  $NA$  on nykyarvo  
 $S_t$  nettotuotto  
 $JA_n$  jäännösarvo  
 $H$  perusinvestointi (Sin 2005)

### 2.2.2 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmässä perusinvestointikustannus jaetaan annuiteettitekijän avulla investointijakson eri vuosille annuiteetiksi. Investointi on kannattava, jos vuosiannuiteetti on pienempi kuin vuotuinen nettotuotto.

$$AN = c_{ni} \times H < S, \quad (2.2)$$

missä  $AN$  on vuosiannuiteetti  
 $c_{ni}$  annuiteettitekijä  
 $H$  perusinvestointi  
 $S$  vuotuinen nettotuotto (Sin 2005)

### 2.3 Mäntsälän Sähkö Oy:n investoinnit käyttövarmuuden parantamiseksi

Mäntsälän Sähkö Oy:n investointeja vikojen vähentämiseksi ja vian paikannuksen nopeuttamiseksi:

- säännölliset rakennettujen linjojen kuntotarkastukset ja johtokatuja raivaukset
- sähkön laadun tarkkailu releiden ja mittauksien avulla
- viimeiset viisitoista vuotta keskijännitelinjat on pääsääntöisesti rakennettu tien varteen
- keskijänniteverkon uusissa ilmajohdoissa käytetään päällystettyjä avojohtoja
- keskijänniteverkon jakelumuuntajina käytetään pienihäviöisiä muuntajia
- keskijänniteverkon jakelumuuntamokäytteenä käytetään pikkukoppimuuntamoita
- virtaarojoittavien suojusten käyttö
- kauko-ohjattavien erotinasemien asennus
- jokaisella sähköasemalla maasulun sammutusjärjestelmä
- pienjännitekaapeleiden aeraus
- uuden sähköaseman rakentaminen Mäntsälän taajaman eteläpuolelle
- verkkotietojärjestelmän hyödyntäminen verkon suunnittelussa, käytössä ja kunnossapidossa.

### 2.4 Tietojärjestelmien hyväksikäyttö verkostosuunnittelussa

Verkkotietojärjestelmä on energiayhtiössä keskeinen tiedon lähde. Mäntsälän Sähkö Oy:llä on jakeluverkon suunnittelussa käytössä Tekla Xpower-ohjelmisto ja reaaliaikaisen kytkentätilanteen hallinnassa Xpower DMS. Lisäksi yhtiön asiakaspalveluhenkilöstö on koulutettu käyttämään WEBTCC (Web trouble call centre) vikailmoituskeskusta, joka liitettynä Xpower DMS:n takaa vikailmoitusten siirtymisen reaaliajassa valvomon päätteelle.

Tekla Xpowerin verkostonlaskenta ja maastotallentimista ajatut kunnossapitotiedot tukevat suunnittelijaa verkoston teknistaloudellisessa suunnittelussa. Ohjelmistolla voidaan simuloida verkon käyttäytymistä erilaisissa kytkentätilanteissa.

Xpower DMS tarjoaa reaaliaikaisen tiedon verkon tilasta ja työvälineen kytkentöjen suunnitteluun. MSOy:ssä suoritetaan viranomaisen valvoma keskijänniteverkon keskeytysten tilastointi DMS:n avulla.



Katkaisijoiden ja releiden kaukokäytössä yrityksellä on käytössään Netcontrollin toimittama SCADA-kaukokäyttöjärjestelmä, joka liitettynä Xpower DMS:n kanssa mahdollistaa vikojen nopean rajaamisen ja sähköjakelun palautukset.

## 2.5 Verkostolaskennassa käytetyt parametrit

Laskentajännite	$U = 20.7 \text{ kV}$	
Tehokerroin	$\cos \varphi = 0.95$	
Kuormituksen kasvuprosentti	$r = 3 \text{ %/a}$	
Suurin sallittu jännitteenalenema	Keskijänniteverkolle	$u_{hmax} = 5 \text{ %}$
	Pienjänniteverkolle	$u_{hkmax} = 7\%$
Huipunkäyttöaika	$t_h = 3\,547$	
Häviöhuipun käyttöaika	$t_h = 2\,167$	
Korkoprosentti	$p = 5 \text{ %/a}$	
Tarkastelu-aika	$t = 25 \dots 40 \text{ a}$	
Kuormitushäviöiden hinta	$H_w = 53,1 \text{ €/MWh,a}$	

Kuormitushäviöiden hinnaksi on valittu 13.01.2008 Nord Poolin johdannaistuotteesta ENOYR-09 maksettu hinta. (Nor 2008)

Investointilaskelmissa verkkokomponenttien hintoina on käytetty Energiamarkkinaviraston julkaisemia indeksikorjattuja yksikköhintoja vuodelle 2008. (Emv 2008)

## 2.6 Jännitteenalenema ja häviöt

Jännitteen suuruus sähkökäyttöpaikassa on tärkeä sähkön laatutekijä. Kulutuskojeet eivät toimi kunnolla, jos jännitetaso on liian korkea tai liian alhainen. Jakeluverkon jännitteenalenema on keskijännitejohdon, jakelumuuntajan ja pienjännitejohdon jännitteenalenemien summa. (Par 2007)

Johdolla syntyvä jännitteenalenema voidaan likimääräisesti laskea kaavan 2.3 avulla

$$U_h = \sqrt{3}(I_p R + I_q X), \quad (2.3)$$

missä  $U_h$  johdon jännitteenalenema  
 $R$  johdon resistanssi  
 $X$  johdon reaktanssi,  
 $I_p$  kuormitusvirran pätökomponentti  
 $I_q$  kuormitusvirran loiskomponentti (Lak 1996)

Johtojen ja muuntajien tehohäviöillä on merkittävä vaikutus sähköjakelun taloudellisuuteen. Johdon tai muuntajan pätötehohäviö määritetään kaavalla 2.4

$$P_h = 3(I^2 R), \quad (2.4)$$

missä  $P_h$  pätötehohäviö  
 $I$  kuormitusvirta

Vastaavasti johdolla syntyvä loistehohäviö voidaan laskea kaavan 2.5 avulla

$$Q_h = 3(I^2 X), \quad (2.5)$$

missä  $Q_h$  loistehohäviö

Muuntajan kuormitushäviöiden määrittämisessä käytetään muuntajan kilpiarvosta löytyvää nimelliskuormitushäviötä  $P_{kN}$ . Muuntajan kuormitushäviöt voidaan laskea kaavalla 2.6,

$$P_k = \left( \frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot P_{kN}, \quad (2.6)$$

missä  $P_k$  muuntajan kuormitushäviö  
 $S$  muuntajan kuormitusteho  
 $S_n$  muuntajan nimellisteho  
 $P_{kN}$  muuntajan nimelliskuormitushäviö

Kun tunnetaan johdolla tai muuntajassa syntyvä häviöteho ja häviöhuipun käyttöaika voidaan energiahäviöt vuodessa laskea likimääräisesti kaavan (2.7) avulla

$$W_h = (P_{h_{max}} t_h), \quad (2.7)$$

missä  $W_h$  häviöenergia

$P_{h_{max}}$  häviöhuipputeho

$t_h$  häviöhuipun käyttöaika (Par 2007)

Häviöenergian hankinta markkinoilta aiheuttaa sähkönjakeluyhtiölle paljon kustannuksia ja tämän vuoksi investoinnin tarkastelujakson aikana syntyvät häviöt on otettava huomioon investointien suunnitteluvaiheessa.

MSOy:n jakeluverkon vuotuinen häviöenergia on verkostolaskennan mukaan n. 4 % jakeluverkossa siirretystä kokonaisvuosienergiasta. Taulukossa 2.2 on kuvattu häviöenergian jakautuminen verkon eri osiin. Häviöenergiat on laskettu Xpower verkkotietojärjestelmällä.

Taulukko 2.2. Häviöenergian jakautuminen verkon eri osiin.

	Tyhjäkäyntihäviöt[MWh]	Kuormitushäviöt[MWh]
Päämuuntajat	827	1 017
Jakelumuuntajat	2 868	2 429
Keskijännitejohdot		1 350
Pienjännitejohdot		2 173
Yhteensä	3 695	6 969

Taulukon 2.2 perusteella noin 50 % jakeluverkon häviöistä muodostuu jakelumuuntajissa, 20 % pienjänniteverkossa, 17 % päämuuntajissa ja 13 % keskijänniteverkossa.

## 2.7 Johtojen mitoitus taloudellisesti

Uusia jakelujohtoja mitoittaessa keskeisintä on valita oikeapoikkipintainen johto. Poikkipinta vaikuttaa rakentamiskustannuksiin ja laskennallisesti vertailukelpoisiksi tehtyihin häviökustannuksiin. (Par 2007) Kustannukset voidaan yhdistää diskonttaamalla häviökustannukset nykyhetken kaavan 2.8 mukaisesti

$$K = K_R + \kappa K_{hl}, \quad (2.8)$$

missä

$K$  = kokonaiskustannukset

$K_R$  = rakentamiskustannukset

$K_{hl}$  = ensimmäisen vuoden häviökustannukset

$k$  = häviöiden kapitalisointikerroin.

Uutta johtoa suunniteltaessa valitaan taloudellisesti kannattavin vaihtoehto käytettävissä olevien poikkipintojen joukosta. Mitoitusohjeen suunnittelussa haetaan rajakäyriä, joilla kaksi peräkkäistä johdinpoikkipintaa johtaa samaan taloudelliseen tulokseen. (Par 2007)

Varastointi-, häviö- ja työkustannusten minimoimiseksi käytetään uuden verkon rakentamisessa MSOy:ssä seuraavia komponenttityyppejä:

Muuntajakoot: 50, 100, 200, 315, 500 kVA.

Keskijänniteverkko:

Ilmajohdot: PAS70, PAS120

Maakaapelit: AHXMK-W 3x185, AHXMK-W 3x70

Pienjänniteverkko:

Ilmajohdot: AMKA 3x70+95

Maakaapelit: AXMK 4x35, AXMK4x70, AXMK 4x120, AXMK 4x185

### 2.7.1 Johdon taloudellisin poikkipinta

Taloudellisimmaksi poikkipinnaksi sanotaan poikkipintaa, jonka vuotuiset kustannukset ovat minimissä. Johdon vuotuiset kustannukset muodostuvat johdinmetallin hinnasta, teho- ja energiamaksusta. Paksujohtiminen hankintahinnaltaan kalliimpi vaihtoehto voi osoittautua pienempien häviökustannuksien ansiosta valitulla tarkastelujaksolla edullisemmaksi kuin halvempi ohutjohtiminen johto. (Paa 1975)

Määritetään avojohdon taloudellisin poikkipinta  $A$  ja virrantiheys  $S$ :

$$A = I \sqrt{\frac{c + t_h d}{k_\kappa \gamma b}} \quad (2.9)$$

Johdon taloudellisin virrantiheys:

$$S = I \sqrt{\frac{k_k \gamma b}{c + t_h d}}, \quad (2.10)$$

missä  $c_h$  = häviöiden hinta €/kW,a  
 $k_k$  = häviöiden kapitalisointikerroin  
 $\gamma$  = johdinmetallin konduktanssi  
 $b$  = johdinmetallin hinta  
 $t_h$  = huipunkäyttöaika  
 $d$  = energiamaksu.

### **3. MÄNTSÄLÄN SÄHKÖ OY:N SÄHKÖNJAKELUVERKON NYKYTILA**

#### **3.1 Jakeluverkon rakenne**

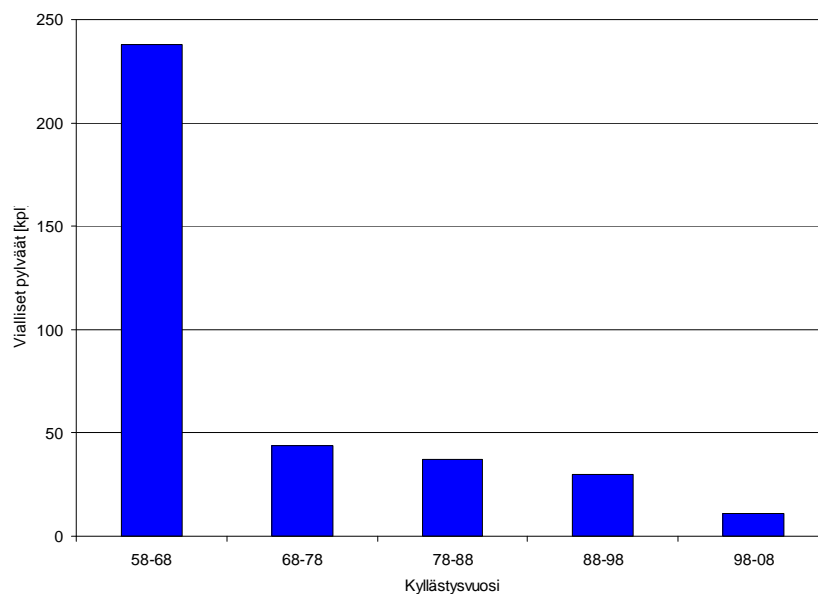
Jakelualueella on neljä sähköasemaa. Jokaisella asemalla on maasulun sammutusjärjestelmä. Jakelumuuntajia oli verkossa tammikuussa 2010 1 000 kpl. Jakeluverkon keskijännitejohtojen kokonaispituus on n. 890 km ja pienjännitejohtojen n. 1 500 km. Jakeluverkon kaapelointiaste on keskijänniteverkossa n. 7,5% ja pienjänniteverkossa n. 12%.

Viimeiset viisitoista vuotta keskijännitelinjat on pääsääntöisesti rakennettu tien varteen ja uusissa ilmajohdoissa käytetään PAS-johtimia. PAS-johtimien osuus kaikista keskijännitejohdoista on tällä hetkellä n. 16%. Pienjännitelinjojen rakentamisessa pyritään aina kun mahdollista käyttämään kaapeleiden auraamista.

#### **3.2 Kunnossapitotiedot ja ikätiedot**

Suomessa sähkönjakelu laajeni kattamaan myös taloudet, jotka sijaitsivat maaseudulla 1960-luvulla. Voimakas verkon rakennus 60-luvulla näkyy myös Mäntsälän Sähkö Oy:n jakeluverkossa, jossa kaikista keskijännitepylväistä lähes neljännes on kyllästetty ennen vuotta 1967. Puupylväiden pitoajan ollessa n. 50 vuotta on lähivuosina edessä mittavat verkoston saneerausinvestoinnit.

Vuodesta 2008 on maastotarkastajien tekemät havainnot MSOy:n jakeluverkosta päivitetty verkkotietojärjestelmään. Verkkotietojärjestelmän kunnossapitosovelluksen avulla verkostosuunnittelijat määrittävät verkon saneerausaikataulun ja tekevät työmääräykset havaittujen vikojen korjaamiseksi. Kuvassa 3.1 on esitetty kesän 2008 aikana tarkastajien havaitsemien viallisten pylväiden määrät ja kyllästysvuodet.



Kuva 3.1. Tarkastuksissa havaittujen viallisten pylväiden määrät ja kyllästysvuodet

Kuvasta 3.1 nähdään, että viallisten pylväiden lukumäärä on selvästi suurin yli neljäkymmentä vuotta sitten kyllästetyillä pylväillä. Kuvasta nähdään myös, että viallisia pylväitä havaittiin myös melko paljon myöhemmin kyllästettyjen pylväiden joukossa, joten ikä ei suoraan kerro pylvään kuntoa.

### *3.2.1 Mäntsälän Sähkö Oy:n 110 kV verkko*

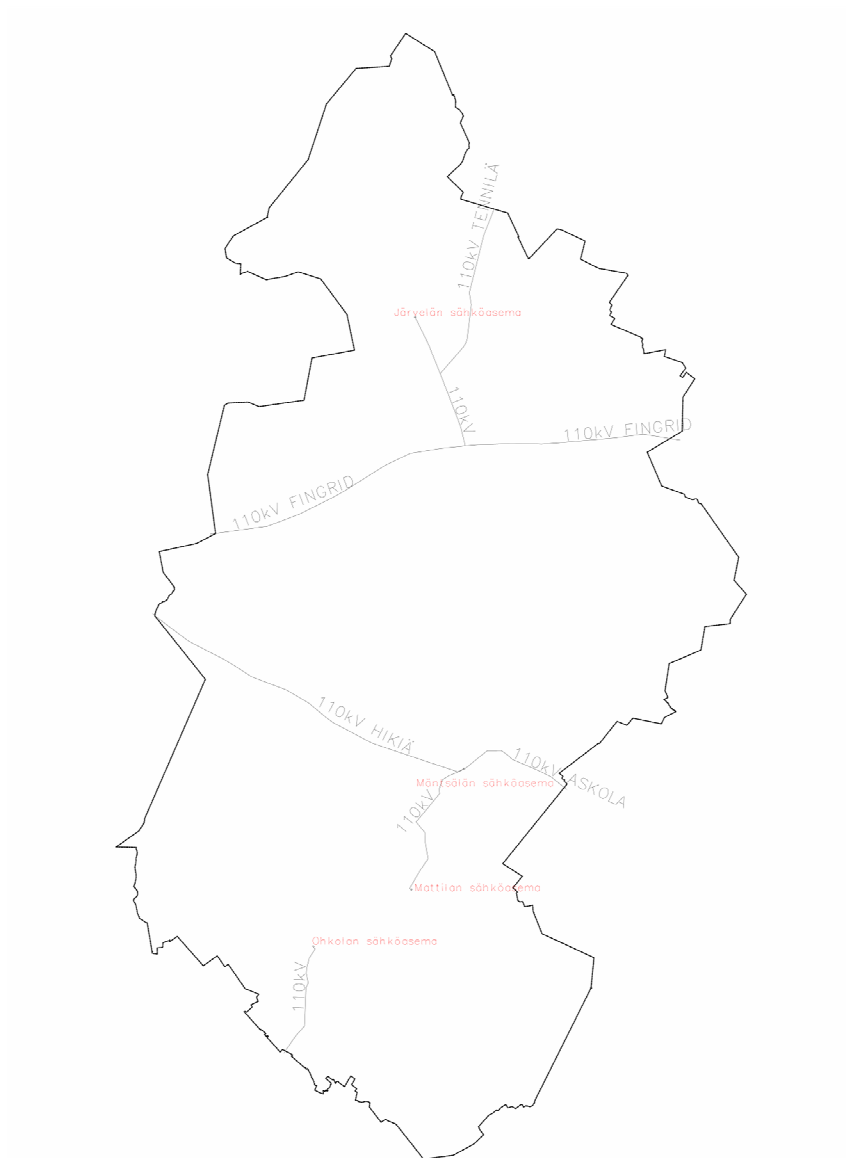
Mäntsälän Sähkö Oy:llä on omaa 110 kV verkkoa yhteensä Hikiä - Askola-johdolla 24 km. Johto on rakennettu 1972. 110 kV johto on HAWK-avojohtoa. Lisäksi vuonna 2007 rakennettu 7,6 km pitkä haarajohto Mattilan sähköasemalle on yhtiön omistuksessa. Mäntsälän sähköasemat(Mäntsälä, Mattila) on liitetty 110 kV verkkoon Hikiä - Askola johdolta.

Ohkolan asema on liitetty 110 kV verkkoon Nurmijärvi-Anttila-johdolta. Mäntsälän Sähkö Oy:n omistaman 110 kV haarajohdon pituus on 10,6 km. Mäntsälän Sähkö Oy:n omistamaan haarajohtoon on lisäksi Kellokoskella liitetty Fortum Oyj:n 25 MVA sähköasema.

Järvelän asemalle tulevasta 110 kV johdosta Mäntsälän Sähkö Oy:n omistuksessa on Sirkkosuo-Järvelä-haara, jonka pituus on 3,1 km.

Kuvassa 3.2 on esitetty MSOy:n sähköasemat ja 110 kV johdot.





Kuva 3.2. MSOy:n sähköasemat ja 110 kV johdot

Sähkönjakelun käyttövarmuuden parantamiseksi yhtenä vaihtoehtona tulisi tarkastella yhtiön omistaman 110 kV verkon rakentamista rengasverkoksi. Tämä vaatisi Ohkolan ja Mattilan välille 110 kV linjan rakentamista n. 7 km.

### 3.2.2 Sähköasemat

Yhtiön jakelualueella on neljä sähköasemaa. Jakelualan pohjoisosassa sijaitsevan Järvelän sähköaseman päämuuntajien koko on 25 MVA ja 16 MVA. Eteläosassa sijaitsevan Ohkolan aseman päämuuntajakoko on 25 MVA. Kuvassa 3.3 on esitetty Ohkolan sähköasema.



Kuva 3.3. Ohkolan sähköasema

Mäntsälän taajamassa on kaksi sähköasemaa. Taajaman länsiosassa sijaitsevan Mäntsälän aseman päämuuntajat ovat kooltaan 25 MVA ja 16 MVA. Vuoden 2008 alussa otettiin taajaman eteläpuolella käyttöön Mattilan sähköasema, jossa on tällä hetkellä 25 MVA päämuuntaja. Taulukossa 3.1 on esitetty MSOy:n sähkösemissen päämuuntajakoot ja rakentamisvuodet.

Taulukko 3.1. Sähkösemissen päämuuntajakoot ja rakentamisvuodet

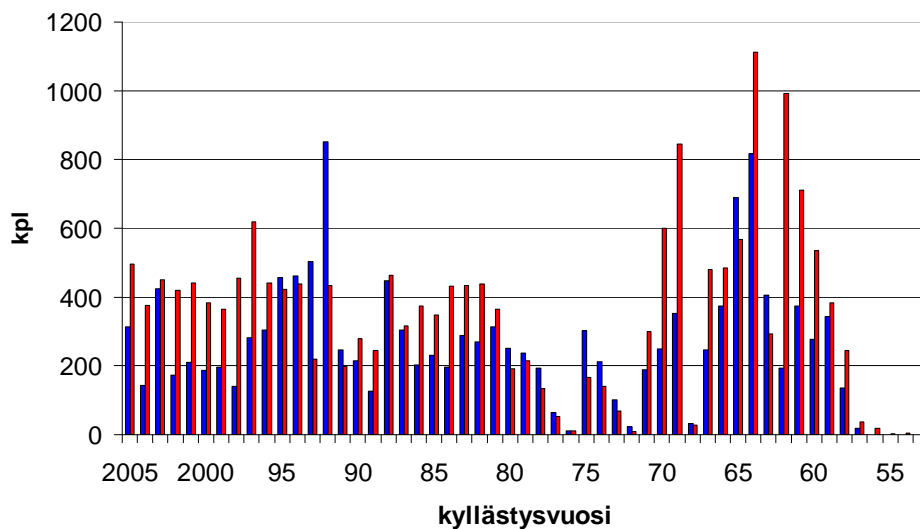
Asema	Rakentamisvuosi	Päämuuntajakoko [MVA]	Releistys
Järvelä	1998	25 ja 16	ABB
Mäntsälä:			
KL1	1973	16	ABB
KL2	2005	25	VAMP
Mattila	2007	25	VAMP
Ohkola	1989	25	ABB

Sähkösemissen pitoajan ollessa n. 40 vuotta on Mäntsälän aseman kytkinlaitoksen 1 uusiminen edessä jo lähivuosina.

### 3.2.3 Keski- ja pienjänniteilmajohdot

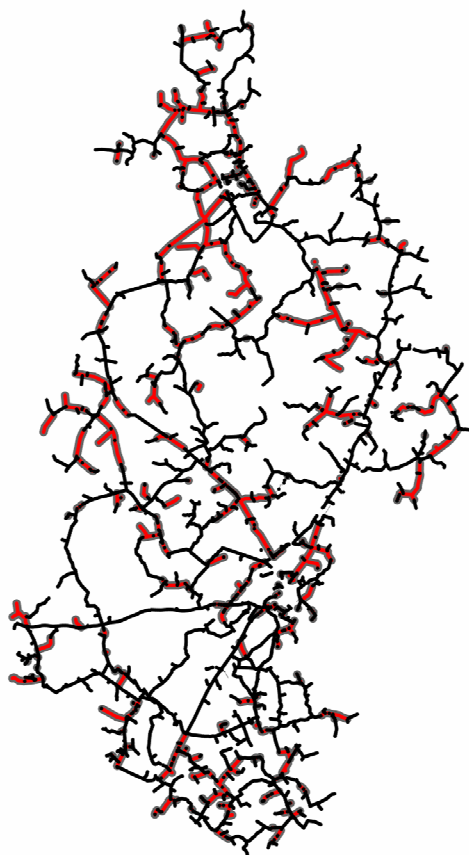
Mäntsälän Sähkö Oy:n jakeluverkossa on keskijännite-pylväitä n. 13 500 kpl. ja pienjännitepylväitä n. 21 500 kpl. Kuvassa 3.4 on esitetty pylväiden ikäjakauma

kyllästysvuoden mukaan. Keskijännitepylväät on väritetty kuvassa sinisellä ja pienjännitepylväät punaisella.



Kuva 3.4. Pylväiden ikäjakauma kyllästysvuoden mukaan

Ennen vuotta 1967 pystytettyjä keskijännitepylväitä on n. 3 500 kpl. Kuvassa 3.5 on korostettu punaisella nämä keskijännitejohto-osuudet.



Kuva 3.5. Keskijännitejohto-osuudet, joissa pylvaiden kyllästysvuosi on ennen vuotta 1967.

Pylväiden pitoaikavälin ollessa kyllästystavasta riippuen 30-50 vuotta, on kuvassa 3.5 esitettyjen johto-osuuksien saneeraus edessä lähivuosina. Erityisesti johto-osuudet, joissa johtimena on oikosulkukestoton johto tulee ottaa välittömästi investointiohjelmaan.

Verkoston saneeraukset tulevat olemaan laaja tehtävä, mutta samalla voidaan käytettävät verkstorakenteet ja reitit suunnitella uudelleen. Seuraavina 15 vuotena tulisi korvata n. 350 keskijännitepylvästä vuosittain, jotta pylväille asetettua 50 vuoden pitoaikaa ei ylitetä.

MSOy käyttää taajamissa sähköverkon rakentamisessa ainoastaan maakaapelointia. Maaseudulla kaapeloidaan kaikki pienjännitejohdot, mikäli maasto ei ole erityisen hankala. Keskijännitejohtojen maakaapelointi maaseudulla tulee kysymykseen vain mikäli se on taloudellisesti kannattavampaa kuin ilmajohtotekniikka tai kun johto-osuudelta vaaditaan ehdotonta käyttövarmuutta haastavissakin sääolosuhteissa.

### 3.3 Oikosulkuvirrat

Taulukossa 3.2 on esitetty oikosulkuvirrat sähköasemien 20 kV:n kiskostossa.

Taulukko 3.2. Suurimmat oikosulkuvirrat sähköasemien 20 kV kiskostossa

Sähköasema	Päämuuntajakoko [MVA]	Oikosulkuvirta 20kV kiskostossa $I_{k3}$ [kA]
Mäntsälä		
PM1	16	3,6
PM2	25	5,3
Järvelä		
PM1	25	4,9
PM2	16	3,4
Ohkola		
PM1	25	5,3
Mattila		
PM1	25	5,3

Verkkotietojärjestelmän oikosulkulaskennan tuloksien perusteella oikosulkukestottomia johtoja ovat Ohkolan sähköaseman Ridasjärven lähdön muuntajalle M0011 Ohkola 2 menevä 0,9 km pitkä SWAN-haara ja saman aseman Halkian lähdön muuntajalle M0106 Riihimaa menevä 0,9 km pitkä SWAN-haara. Muuntajalle M0011 Ohkola 2 menevä SWAN-johto on tällä hetkellä kylmänä jakeluverkossa ja sen lopullinen purku tapahtuu, kun suoritetaan

Ohkolan kylän 20 kV verkoston laajempi saneeraus. Aivan jakelualueen eteläosassa sijaitsevan Halkian lähdön välin M0218 Decca ja M0106 Riihimaa saneeraus on otettava heti investointiohjelmaan, sillä johto-osuus on myös rakenteellisesti erittäin huonossa kunnossa.

Lisäksi oikosulkukestottomia johtoja ovat Järvelän aseman Nikinoja lähdön muuntajalle M0183 Viljasuo menevä 1,1 km pitkä SWAN-haara ja Mäntsälän aseman Hyvinkääntien lähdön muuntajalle M0025 Jatila menevä 0,6 km pitkä SWAN-haara.

Tarkasteltaessa oikosulkukestottomien johto-osuuksien ikärakennetta havaitaan, että kaikissa tapauksissa johdinlajin vahvistuksen lisäksi on järkevää samalla uusia myös pylväsrakenteet, mikäli johdon saneerauksessa päädytään ilmajohtoratkaisuun.

### 3.4 Maasulkuvirrat

Taulukossa 3.3 on esitetty sekä vikaresistanssiton ( $R_f = 0\Omega$ ) että vikaresistanssillinen ( $R_f = 500\Omega$ ) maasulkuvirta sähköasemittain.

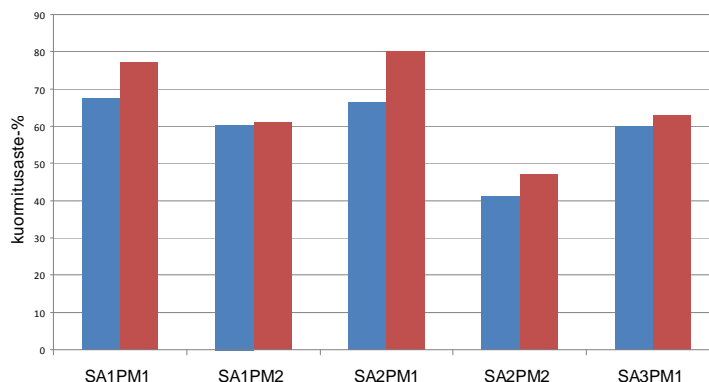
Taulukko 3.3. Maasulkuvirrat sähköasemilla vuonna 2009

Sähköasema	Päämuuntajakoko [MVA]	Johtopituus ilmajohto/kaapeli [km]	Maasulkuvirta $R_f=0\Omega$ [A]	Maasulkuvirta $R_f=500\Omega$ [A]
Mäntsälä	PM1 16	212/16	56,6	22,0
	PM2 25	68/24	72,7	22,7
Järvelä	PM1 25	21/6	18,6	14,7
	PM2 16	278/2	24,3	17,0
Ohkola	PM1 25	161/6	25,8	17,5
Mattila	PM1 25	91/16	50,1	21,6

Tällä hetkellä kaapelointiaste keskijänniteverkossa on n. 7,5 %. 10-15 vuoden päästä jakelualueiden taajamien ilmajohtojen korvautuessa maakaapeleilla tulevat maasulkuvirrat kaikilla asemilla kasvamaan. Keskimäärin maakaapeliverkkoa rakennetaan jakelualueella n. 8 km vuodessa. Maakaapelityyppinä jakelualueen taajamissa käytetään AHXMK-W 3x185, jolle maasulkuvirran kehittymisen ominaisarvo on 2,8A/km(ABB 00).

### 3.5 Päämuuntajien ja johtolähtöjen kuormat

Kuvassa 3.6 on esitetty sähköasemien päämuuntajien kuormitusasteet perustuen Xpower-ohjelmiston laskentaan ja mittaustuloksiin, jotka on otettu 7.2.2007 huippukuorman aikana.

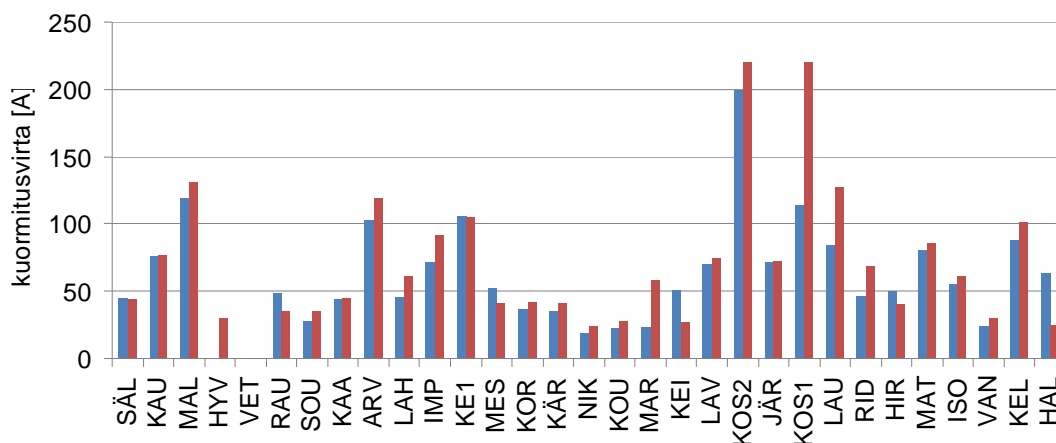


Kuva 3.6. Päämuuntajien kuormitusasteet huippukuorman aikaan.

Kuten kuvasta 3.6 nähdään lasketut ja mitatut kuormitusarvot poikkeavat toisistaan. Verkkotietojärjestelmällä lasketut kuormitusasteet ovat Järvelän PM1:n kohdalla n.13,5% ja Mäntsälän PM1:n kohdalla n. 9,5 % suuremmat. Molempien päämuuntajien kuormitukset muodostuvat suurelta osin teollisuuden kuormituksista, kun taas muiden päämuuntajien kuormat muodostuvat lähes yksinomaan maataloudesta ja asumisesta. Virhe selittyy Xpowerin käyttämällä Suomen sähkölaitosyhdistyksen vuonna 1992 laatimilla kuormituskäyrämalleilla, jotka eivät mallinna jakeluverkkoon kytkettyjä kuormituksia täysin tarkasti.

Lisäksi Kuvasta 3.6 nähdään, että yhdenkään päämuuntajan kuormitusaste ei ole huippukuormitustilanteessa yli 70 %. Riittävän tehoreservin ansiosta kulloinkin käytöstä pois olevan päämuuntajan aiheuttama tehovaje verkossa on mahdollista korvata toisten päämuuntajien avulla, mikäli asemien välisten 20 kV johtojen terminen kestoisuus ei ylity.

Johtolähtöjen verkostolaskentaohjelmistolla lasketut ja 7.2.2007 huippukuorman aikana mitatut kuormitusvirrat on esitetty kuvassa 3.7. Verkostolaskennan avulla kuormitusvirrat on esitetty punaisella pylväällä ja mitatut kuormitusvirrat sinisellä pylväällä.



Kuva 3.7. Johtolähtöjen kuormitusvirrat huippukuorman aikaan

Kuvan 3.7 perusteella mitatut huippukuormitusvirrat poikkeavat laskennallisesti määritellyistä lähdöillä: Koskisen 1 ja Lautatarha erityisen paljon. Ero selittyy johtolähtöjen teollisuuskuormituksen pienestä kuormituksesta mittaushetkellä. Muiden lähtöjen poikkeamat selittyvät erilaisella jakorajatilanteella.

Kuvasta 3.7 nähdään, että Mäntsälän sähköasemalla suurimmat kuormitukset ovat Mallamäen, Keskusta1:n ja Arvonpellon johtolähdöillä, joiden kuormitus muodostuu Mäntsälän keskustan palveluiden, asumisen ja teollisuuden kuormituksista.

Järvelän aseman johtolähdöillä: Koskisen1, Koskisen2, Järvelä, Lautatarha, Lavanmäki on suurimmat kuormitukset. Näistä Koskisen1, Koskisen2 ja Lautatarha syöttävät Koskisen Oy:n tehtaita.

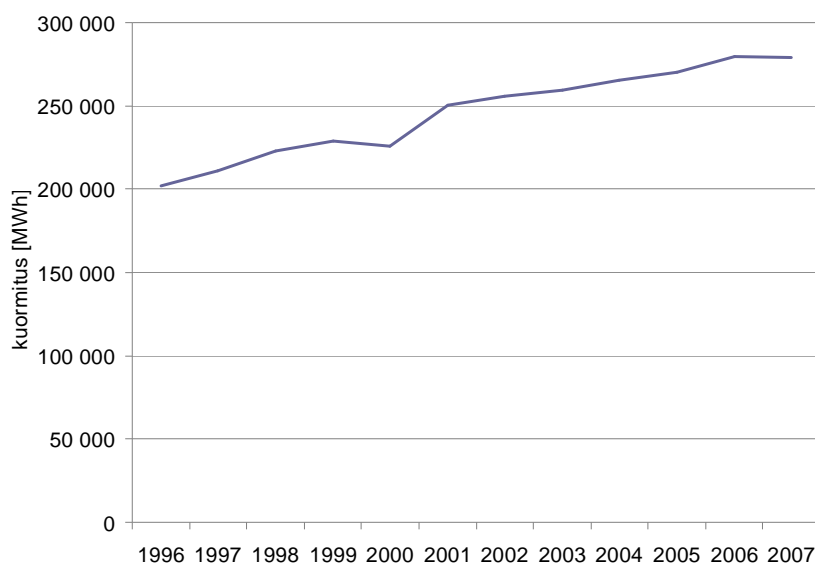
Ohkolan asemalla suurimmat kuormitukset ovat Kellokosken ja Mattilan johtolähdöillä. Kellokosken johtolähdön kuormitus muodostuu Hyökännummen taajaman ja Ohkolan sairaalan kuormituksista. Mattilan johtolähtö syöttää IDMAN:n valaisintehdasta sekä haja-asutusalueen omakotitaloja.

#### 4. MÄNTSÄLÄN SÄHKÖ OY:N JAKELUALUEEN KUORMIEN KASVUENNUSTE JA TAAJAMIEN KUVAUS

MSOy:n asiakaskunnasta valtaosa eli noin 80% on kuluttaja-asiakkaita, joille luotettavuus, käyttövarmuus ja kohtuullinen hintataso ovat tärkeitä. Jakelualan taajamat muistuttavat entistä enemmän kaupunkimaista ympäristöä tiivistyvän ja korottuvan rakennuskannan ansiosta. Tulevaisuudessa suurin kappalemääräinen kasvu tulee tapahtumaan kerros-, rivi- ja pientaloasujien lisääntymisenä. Kunnan keskustaajamaan rakentuu lisää kerros- ja rivitaloja. Haja-alueelle rakennetaan uusia pientaloja ja nykyinen asukaskanta siirtyy ikääntymisen takia entistä voimakkaammin keskustoihin palvelujen läheisyyteen.

Tulevaisuudessa merkittävin kuormituksen kasvu tapahtuu kaupan, palvelujen ja teollisuuden käyttöpaikoissa. Mäntsälän sijainti tulee vetämään alueelle uusia toimijoita ruuhkautuvalta pääkaupunkiseudulta.

Kuormituksen kasvu jakelualueella on ollut viime vuosina hyvin voimakasta. Kuvassa 4.1 on esitetty kokonaiskuormituksen kehitys MSOy:n jakelualueella vuodesta 1996 vuoteen 2007.



Kuva 4.1 Kuormituksen kehitys MSOy:n jakelualueella vuodesta 1996 vuoteen 2007.

Kuormitus jakelualueella oli vuonna 2007 lähes 40 % suurempi kuin vuonna 1996. Keskimäärin kuormituksen kasvuprosentti on ollut n. 3 % vuodessa.



Teollisuuden investoinnit ja asutuksen keskittyminen eteläiseen Suomeen takaavat, että kuormitusten kasvu tulee vuosina tulevina vuosina jatkumaan. Osoituksena teollisuuden kiinnostuksesta investoida Mäntsälään on vuonna 2008 valmistunut Tokmannin logistiikka- ja hallintokeskus.

Tulevaisuuden kuormitukset voivat vuosittain kasvaa jopa reilusti enemmän kuin 3% vuodessa, johtuen mahdollisista suurista yksittäisistä hankkeista. Tällaisia ovat mm. Gasum Oy:n kaasuputkihanke Mäntsälän Hirvihaaran venttiiliasemalta Siuntion Pölansin venttiiliasemalle ja Orimattilan kunnan suunnittelema kokonaan uusi Hennan taajama.

#### **4.1 Mäntsälä**

Mäntsälän kunnan keskuksena toimii MSOy:n jakelualueen keskellä sijaitseva Mäntsälän kirkonkylä, jossa asukkaita oli vuoden 2002 lopulla 8 947 henkilöä. Koko kunnan väestöstä 52 % asui kirkonkylän alueella. Väestömäärä on viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana kasvanut lähes 4 000 henkilöllä. Mäntsälän kunnan tavoitteena on kasvattaa kirkonkylän asukasluku 15 600 asukkaaseen vuoteen 2020 mennessä. Kirkonkylässä oli 2 710 työpaikkaa vuoden 2000 lopussa. Mäntsälän työvoimasta noin puolet kävi vuonna 1999 töissä Mäntsälän ulkopuolella. Kirkonkylää kehitetään pääosin pientalovaltaisena taajamana. Asuinkerrostalojen rakentaminen sijoitetaan ydinkeskustaan. Kirkonkylää kehitetään kunnan kaupallisena keskuksena. Asuin- ja työpaikka-alueiden mitoituksessa pyritään riittävään väljyyteen. Kunnan laatiman osayleiskaavan tavoitteena on lisäksi hyödyntää alueelle tullutta Kerava-Lahti oikorataa ja liittää Mäntsälän kirkonkylä entistä kiinteämmin osaksi pääkaupunkiseudun työssäkäyntialuetta. (Män 2009)

#### **4.2 Etelä-Mäntsälä**

Mäntsälän eteläosassa on haja-asutuksen lisäksi Hyökännummen taajama-alue. Hyökännummi on kirkonkylän ohella toinen kunnan asemakaavoitetuista alueista. Hyökännummi sijaitsee noin 20 km Mäntsälästä luoteeseen. Hyökännummella asui vuoden 2003 lopulla 1 130 henkilöä. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana alueen asukasluku on yli kaksinkertaistunut. Hyökännummella oli työpaikkoja 66 vuonna 1999. Suurimpana toimialana palvelusektori. Hyökännummen alueen kasvu pyritään pitämään Mäntsälän kunnan toimesta mahdollisimman maltillisena, mistä kertoo kunnanhallituksen hyväksymä 1500 asukkaan väestötavoite vuodelle 2020. Osayleiskaavassa Hyökännummea suunnitellaan

pientalovaltaiseksi taajamaksi. Asuntoalueiden mitoitustarkentamien mukaan Hyökännummelle on tarve rakentaa vuoteen 2020 mennessä 224 uutta asuntoa, mikä keskimäärin 13 asuntoa vuosittain. Tämän lisäksi Etelä-Mäntsälään rakennetaan asuntoja myös alueille, joissa vaaditaan suunnittelutarveratkaisu. (Män 2009)

### **4.3 Järvelä**

MSOy:n jakelualueen pohjoisosassa sijaitsee Järvelän taajama, jossa on n. 3 000 asukasta ja joka sijaitsee n. 25 km päässä Lahdesta Riihimäen suuntaan. Alue on pientalovaltainen, mutta taajamassa on myös jonkin verran kerros- ja rivitaloja. Asutuksen lisäksi Järvelän keskustan teollisuus on saha- ja vaneriteollisuuspainotteista, joista suurin yksittäinen yritys on Koskisen Oy, joka on samalla myös MSOy:n suurin yksittäinen sähkökäyttäjä. Keskustaajaman ulkopuolella on jonkin verran suuria karja- ja maitotiloja. (Kär 2009)

### **4.4 Orimattila, Hennan alue**

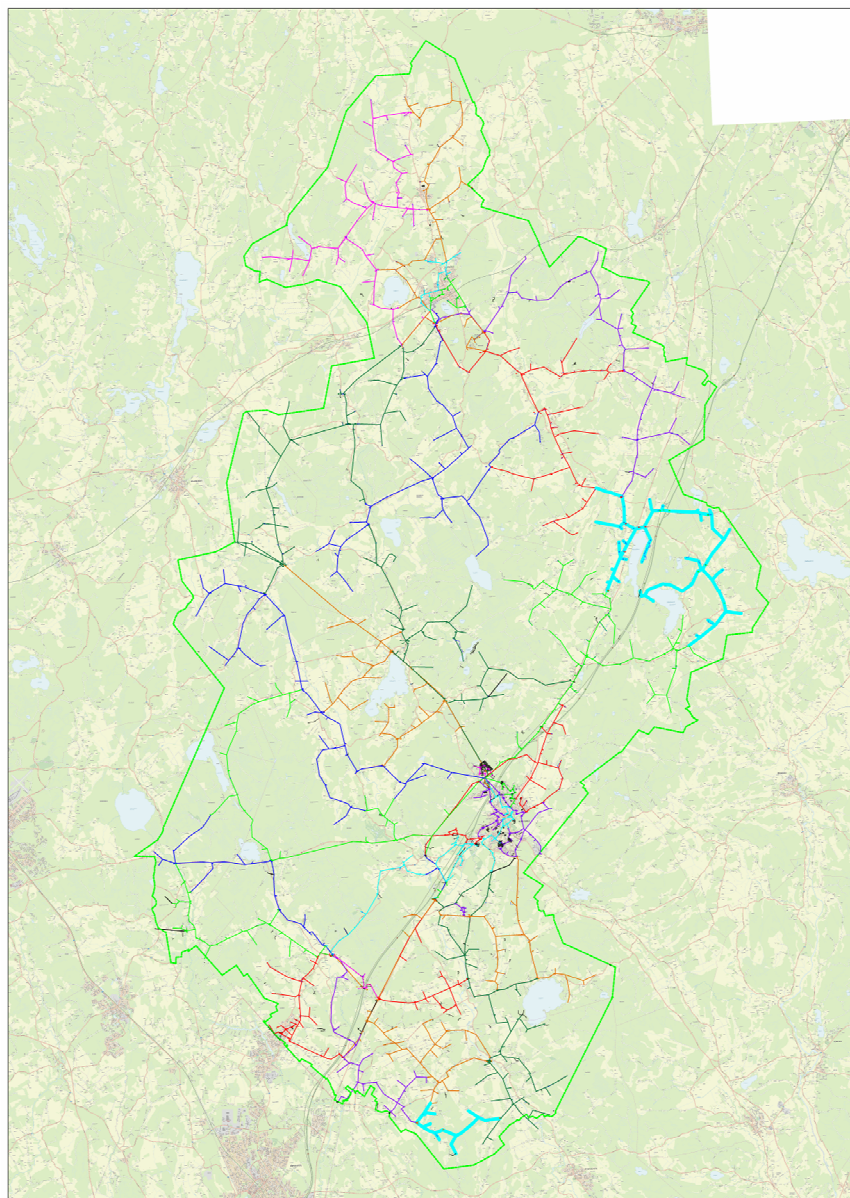
Orimattilan kunta on laatinut Hennan alueesta osayleiskaavan, jonka tarkoituksena on luoda Kerava-Lahti oikoradan varteen kokonaan uusi työpaikka- ja asuinalue. Hennan alue tulee sijaitsemaan n. 10 km Mäntsälästä pohjoiseen. Alueelle on suunniteltu tulevan aluksi asuntoja n. 3 000 asukkaalle ja myöhemmin jopa n. 10 000 asukkaalle. Alueelle voi kaavavarauksen perusteella sijoittua tulevaisuudessa jopa 3 000 työpaikkaa. (Ori 2009) Suunnitteilla oleva alue sijaitsee pääosin MSOy:n jakelualueella.

## **5. KESKIJÄNNITEVERKON HÄVIÖT JA SÄHKÖASEMIEN KORVAAMINEN**

Jakeluverkon kytkentätilanteen muodostumiseen ovat vaikuttaneet merkittävästi sähköasemien sijainti, jakeluverkon rakennustapa, kuormitusten sijainti, keskeytyshistoria ja kaukokäyttöerotinasemien sijainti. Jakeluverkon kaukokäyttöerotinasemat on esitetty liitteessä II.

### **5.1 Keskijänniteverkon häviöiden pienentäminen**

MSOy:n jakeluverkon 20 kV verkon normaali kytkentätilanne on esitetty kuvassa 5.1. Lisäksi kuvassa on korostettu turkoosilla ja paksummalla viivaleveydellä johto-osuudet, joissa jännitteenalenemat ovat verkostolaskennan mukaan suurimpia talven huippukuormitustilanteessa.



Kuva 5.1. Jakeluverkon kytkentätilanne ja suurimmat jännitteenalemat

MSOy:n keskijänniteverkossa normaalikytkentätilanteessa talvella suurin jännitteenalenema on Kaukalammen johtolähdön päässä. Jännitteenalenema on verkostolaskennan mukaan huippukuormituksen aikaan 3,9 %. Keskijänniteverkon jännitteenalenemat ovat hyvällä tasolla, sillä huonoinkaan jännitteenalenema ei ylitä MSOy:n asettamaa 5 % raja-arvoa.

#### *5.1.1 Mäntsälän, Mattilan ja Ohkolan sähköasemien korvaaminen*

Mäntsälän sähköaseman kuormitusten korvaaminen onnistuu talven huippukuormitustilanteessa Mattilan, Ohkolan ja Järvelän sähköasemien keskijännitejohtolähtöjen avulla. Mikäli Mäntsälä-Mattila 110 kV johto ei ole käytettävissä, voidaan Mäntsälän asema korvata Ohkolan ja Järvelän asemienn keskijännitejohtolähtöjen

avulla. Ohkolan sähköasemalle 110 kV johto tulee Vähänummesta ja Järvelään Metsämarttila-Sirkkosuo johdolta tai vaihtoehtoisesti Sirkkosuo-Tennilä johdolta.

Mattilan aseman kuormitukset voidaan korvata huippukuormitustilanteessa Ohkolan ja Mäntsälän asemien johtolähtöjen avulla.

Ohkolan sähköaseman kuormitus talven huippukuorman aikaan voidaan korvata Mattilan ja Mäntsälän asemien johtolähtöjen avulla.

### *5.1.2 Järvelä*

Järvelän sähköaseman maaseudun ja Järvelän taajaman kuormitukset voidaan korvata Mäntsälän sähköaseman johtolähtöjen avulla kesällä. Koskisen Oy:n kuormituksia ei pystytä korvaamaan Mäntsälän sähköasemalta käsin, sillä tällöin jännitteenalenema kasvaa liian suureksi. Talven huippukuormituksen aikaan vain osa Järvelän aseman maaseudun ja taajaman kuormituksista pystytään korvaamaan.

## **6. JÄRVELÄN SÄHKÖNJAKELUN KÄYTTÖVARMUUDEN PARANTAMINEN**

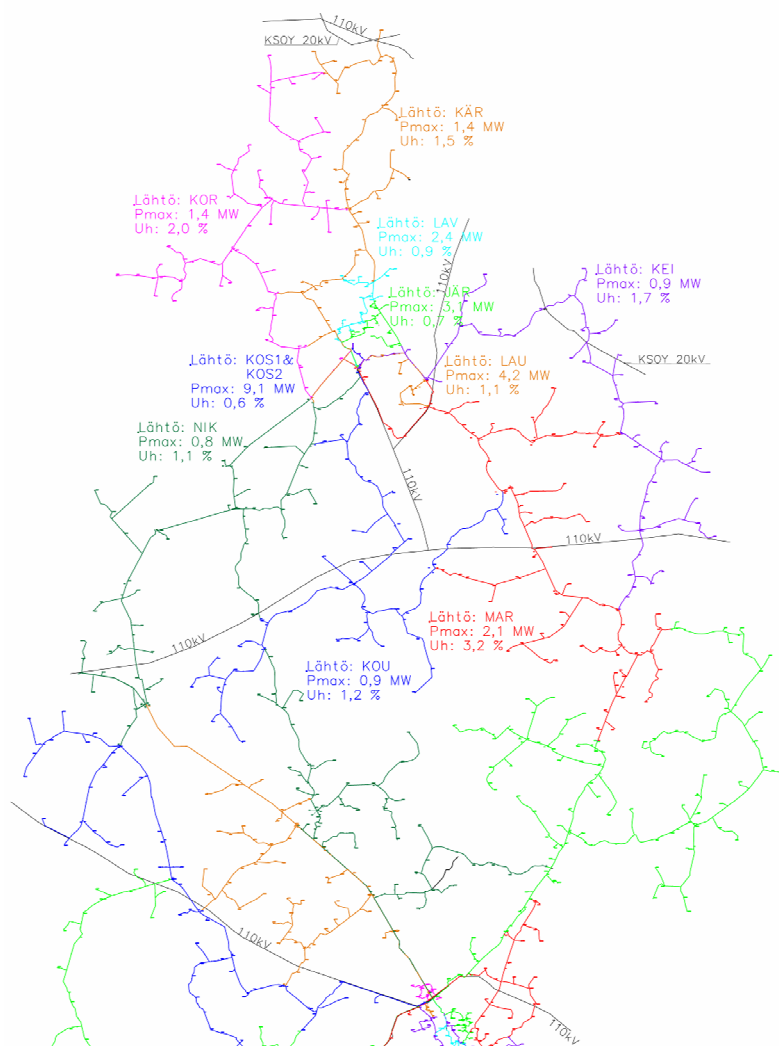
### **6.1 Kuormitukset talvella ja kesällä**

Järvelän sähköjakelu hoidetaan Järvelän sähköasemalla, joka koostuu kahdesta päämuuntajasta, joiden koot ovat 16 MVA ja 25 MVA. Asema sijaitsee Koskisen Oy:n päätehtaiden läheisyydessä. Asema on kytketty Fingridin verkkoon Sirkkosuolta n. 4 km pitkällä johtohaaralla. Vuonna 2009 valmistui asemaa syöttävän Sirkkosuon 110 kV:n johdon haaraan johtoerottimet, joiden avulla Järvelän asema voidaan tarvittaessa kytkeä Kymenlaakson Sähkön omistaman johdon perään.

Asemalta lähtee 11 kpl. 20 kV johtolähtöä, jotka ovat pääosin ilmajohtoja. Tulevina vuosina Järvelän keskustan ilmajohdot tullaan korvaamaan maakaapelilla. Pitkät maaseutujohtolähdöt ovat kytkettyinä eri kiskoon taajaman ja tehtaan johtolähtöjen kanssa. Pienemmän päämuuntajan kuorma muodostuu maaseudun kuormituksista ja suuremman päämuuntajan taajaman ja tehtaan kuormituksista.

Sähköjakelun käyttövarmuuden kannalta haastavin vikatilanne on MSOy:n omistaman 110 kV:n johtohaaran vikaantuminen, jolloin Järvelän sähköaseman kuormitukset joudutaan Mäntsälän sähköaseman 20 kV johtolähdöillä. Koskisen Oy:lle ja pienteollisuudelle aiheutuvat sähköjakelun keskeytykset tulevat hyvin kalliiksi johtuen tuotannon pysähtymisestä. Myös jakelualueella olevat suuret karja- ja maitotilat asettavat verkonhaltijalle vaatimuksia sähkön laadusta ja käyttövarmuudesta.

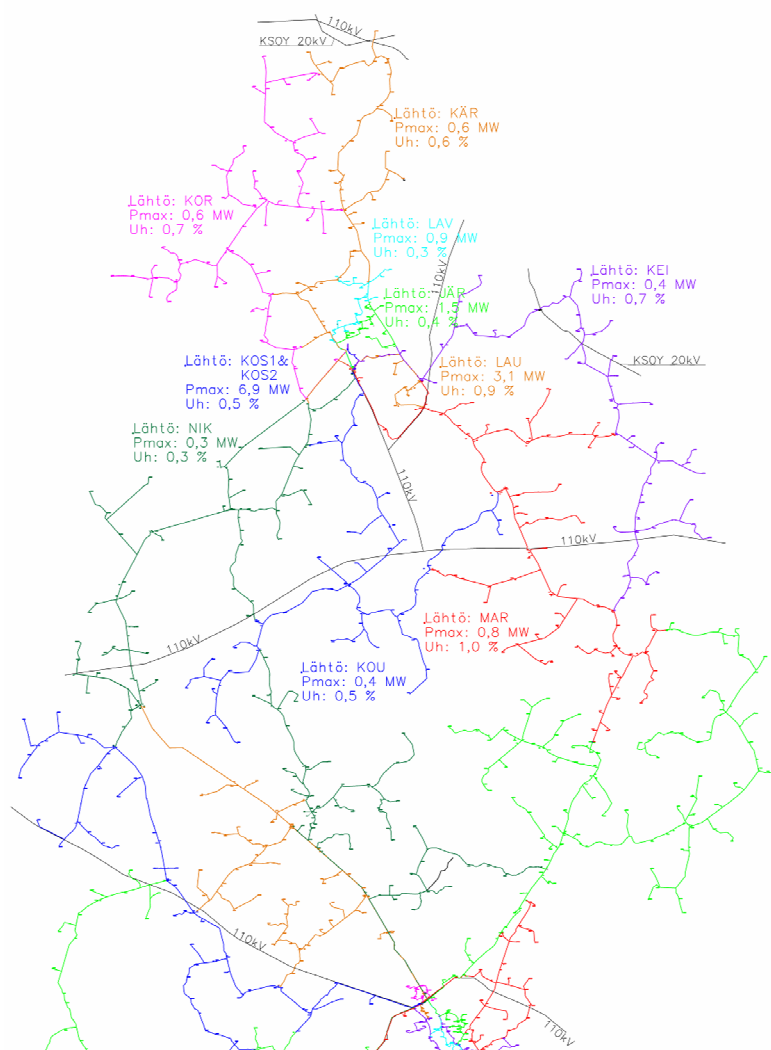
Kuvassa 6.1 on esitetty verkkotietojärjestelmällä lasketut Järvelän sähköaseman johtolähtöjen tehot ja jännitteenalenemat talvella 2009 huippukuorman aikaan.



Kuva 6.1. Järvelän sähköaseman johtolähtöjen tehot ja jännitealenemat huippukuorman aikaan.

Talvella korvattavaksi kokonaistehoksi, Järvelän sähköaseman ollessa pois käytöstä, muodostuu: 26,3 MW. Koskisen Oy:n tarvitsema teho huippukuorman aikaan on päättehtaiden alueella 9,1 MW ja Lautatarhan alueella 4,2 MW.

Kuvassa 6.2 on esitetty Järvelän sähköaseman johtolähtöjen kuormitukset kesällä 2009.



Kuva 6.2. Järvelän sähköaseman johtolähtöjen tehot ja jännitteenalenemat kesällä.

Kesällä korvattavat tehot, Järvelän sähköaseman ollessa pois käytöstä, ovat huomattavasti pienemmät kuin talvella huippukuorman aikaan. Korvattavaksi kokonaistehoksi kesällä muodostuu: 15,5 MW.

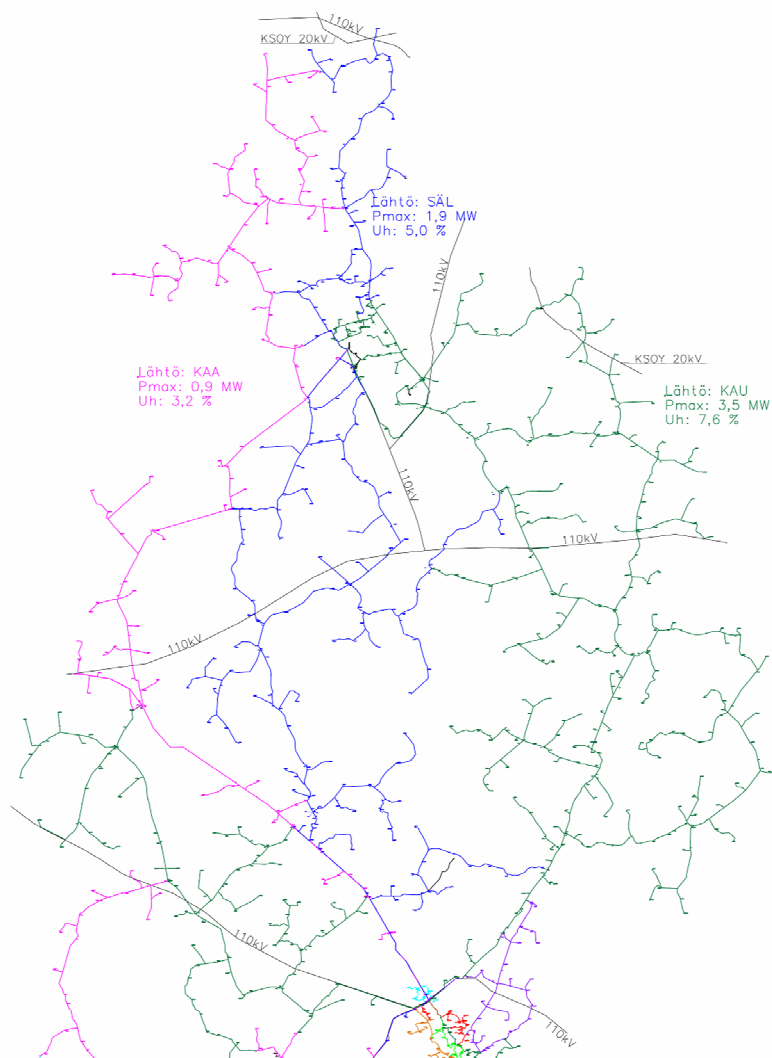
### 6.1.1 Järvelän sähköaseman korvaaminen nykyverkolla

Järvelän sähköaseman ollessa pois käytöstä siirretään jakelualueen pohjoisosan tarvitsema sähköteho Mäntsälän taajamassa olevalta Mäntsälän sähköasemalta. Mäntsälän sähköaseman päämuuntajakoot ovat 25 MVA ja 16 MVA. Osa aseman normaalin kytkentätilanteen kuormituksista voidaan siirtää korvaustilanteessa Mattilan ja Ohkolan sähköasemien johtolähtöihin.

Järvelän sähköaseman tehojen korvaamiseksi on käytössä kolme Mäntsälän sähköaseman johtolähtöä: Kaanaa (KAA), Kaukalampi (KAU) ja Sälinkää (SÄL). Suurin sallittu



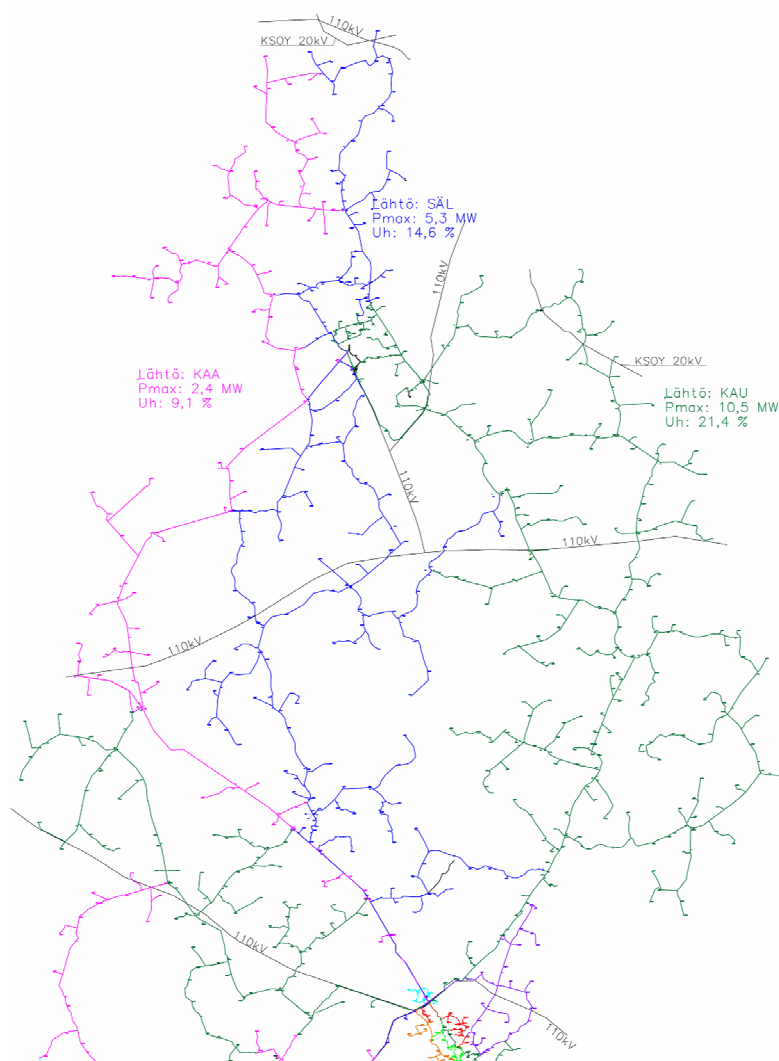
jännitteenalenema 20 kV verkossa korvaustilanteessa on 5 %. Koskisen Oy:n tehtaiden tarvitsemaa tehoa ei pystytä korvaamaan Mäntsälän sähköaseman johtolähdöillä missään kuormitustilanteessa jännitteenaleneman kasvaessa liian suureksi. Kuvassa 6.3 on esitetty tehot ja jännitteenalenemat johtolähdöittäin korvaustilanteessa kesällä 2009.



Kuva 6.3. Järvelän sähköaseman korvaus kesän kuormituksilla

Kuvasta 6.3 nähdään, että johtolähdöillä Kaanaa (KAA), Kaukalampi (KAU) ja Sälinkää (SÄL) voidaan kesän kuormitustilanteessa korvata asutuksen ja maatalouden tarvitsemaa tehoa 6,3 MW. Jännitteenalenemat ovat Kaanaan(KAA) ja Sälinkään(SÄL) johtolähdöillä sallitun 5 % alle, mutta Kaukalammen (KAU) johtolähdöllä jännitteenalenema kasvaa sallittua suuremmaksi.

Kuvassa 6.4 on esitetty tehot ja jännitteenalenemat johtolähdöittäin korvaustilanteessa talvella 2009 huippukuorman aikaan.



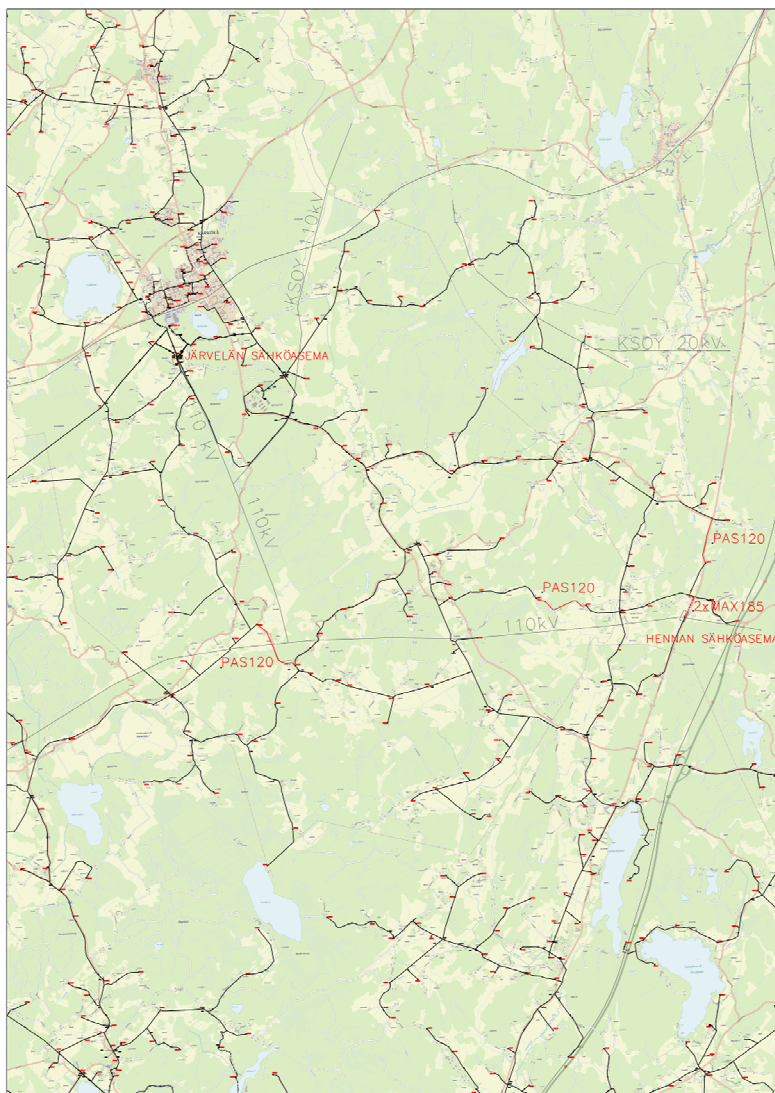
Kuva 6.4. Järvelän sähköaseman korvaus talven huippukuormituksilla

Kuvasta 6.4 nähdään, että jännitteenalenemat kasvavat kaikilla johtolähdöillä yli sallitun 5 %.

Maatalouden ja asutuksen talven huippukuormitustilanteen tehojen korvaamiseksi Mäntsälän sähköasemalta tulisi olla useampi varayhteys Järvelään. Tämä edellyttää 20 kV linjan rakennustöitä. Hennan alueen kehityksen myötä tulee alueen eteläosaan uusi sähköasema, jota voidaan hyödyntää Järvelän sähköaseman korvaustilanteessa. Linjan rakennustöiden minimoimiseksi sähköaseman optimaalisin sijoituspaikka on 140 tien varrella jakelualueen halki kulkevan Fingridin 110 kV tuplajohdon vieressä.

### 6.1.2 20 kV varasyötöt suunnitellulta Hennan sähköasemalta

Järvelän sähköaseman johtolähtöjen korvaamiseksi talven huippukuormitusilanteessa suunnitellulta Hennan sähköasemalta on rakennettava 20 kV linjaa n. 5,5 km. Rakennettavat johdot ja suunniteltu sähköaseman paikka on esitetty kuvassa 6.5.



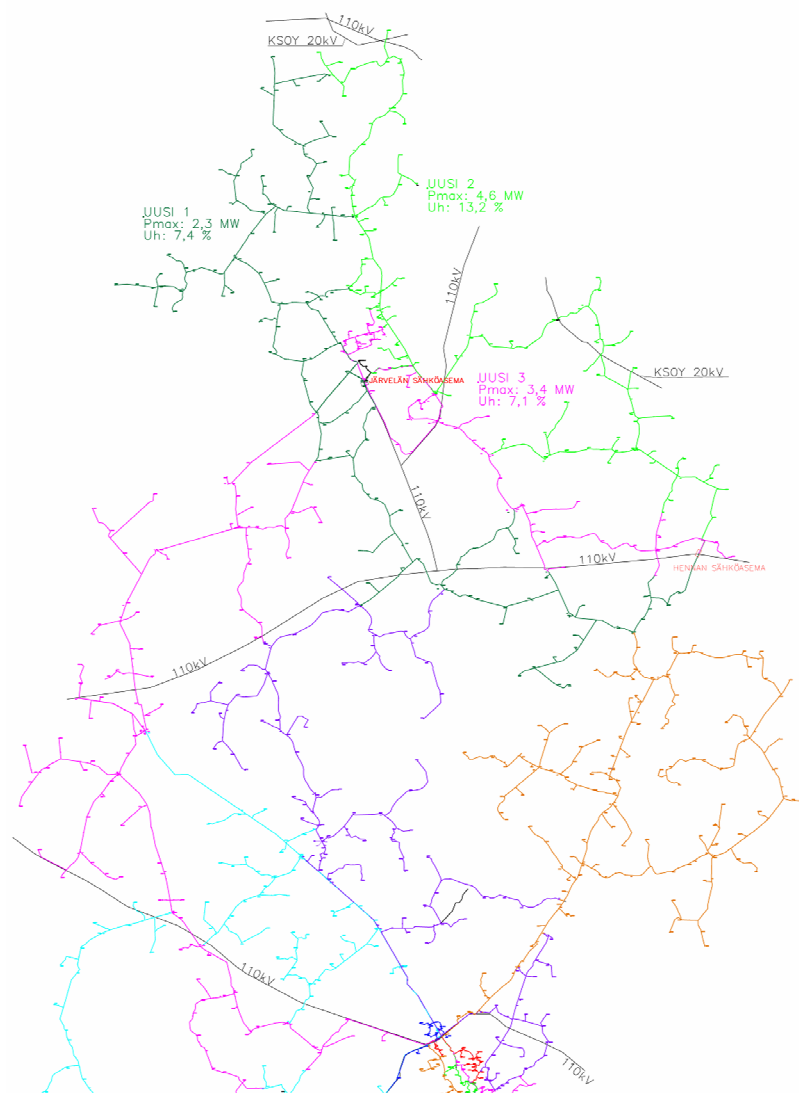
Kuva 6.5. Hennan sähköasema ja rakennettavat 20 kV johdot.

Hennan asemalta saadaan Järvelän korvaustilanteessa käyttöön kolme johtolähtöä, kun rakennetaan 20 kV linjaa n. 5,5 km. Suunnitelmassa 4 km matka rakennetaan ilmajohtotekniikalla PAS120-johtimella ja 1,5 km matka maakaapelina MAX 185-johtimella. Taulukossa 6.1 on esitetty investointien hankintakustannukset. Investointilaskelmissa on käytetty Energiamarkkinaviraston laatimia verkkokomponenttien yksikköhintoja vuodelta 2008, jotka on esitetty liitteessä I.

Taulukko 6.1. Hennan sähköaseman ja 20 kV johtojen investointikustannukset

Investointi	Yksikköhinta	Investointikustannus
Sähköasema (1x25 MVA)		1 686 490
PAS120 (3km)	32 640	97 920
MAX 185 (1,5 km)	41 380	62 070

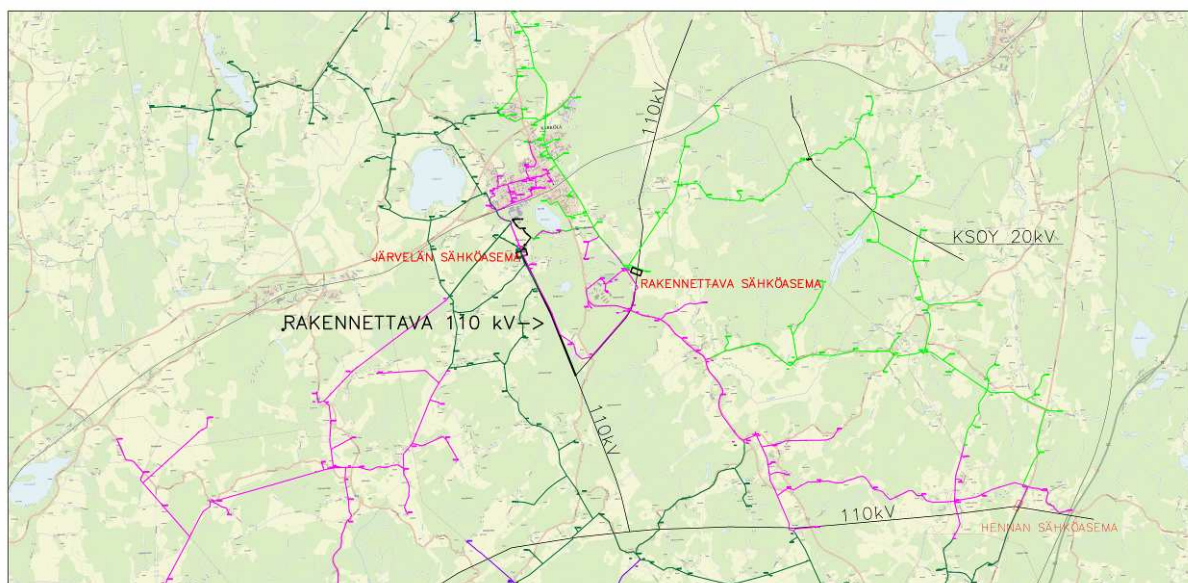
Kuvassa 6.6 on esitetty suunnitellun Hennan sähköaseman 20 kV verkon tehot ja jännitteenalenemat johtolähdöittäin korvaustilanteessa talvella 2009.



Kuva 6.6. Järvelän korvaaminen suunnitellulta Hennan sähköasemalta talven huippukuormitustilanteessa

Kuvasta 6.6 nähdään, että jännitteenalenemat muodostuvat liian suuriksi talven 2009 kuormitustilanteessa.

Koskisen Oy:n tarvitsemaa n. 10 MW tehoa ei pystytä syöttämään 20 kV johdolla Hennan asemalta, sillä matkaa sähköasemalta tehtaalle tulee n. 18 km ja jännitteenalenema muodostuu tällöin liian suureksi. Jotta tehtaan tehot voidaan korvata, tulee Järvelän sähköasemalle tulevan 110 kV johdon yhteyteen rakentaa toinen 110 kV johto tai vaihtoehtoisesti rakentaa KSOy:n omistaman 110 kV linjan alle uusi sähköasema. Kuvassa 6.7 on esitetty suunnitelmat uuden sähköaseman paikasta ja 110kV johdon rakentamisesta.



Kuva 6.7. 110 kV johdon rakentaminen ja uuden sähköaseman suunniteltu paikka

### 6.1.3 Uuden sähköaseman ja 110 kV johdon rakentaminen

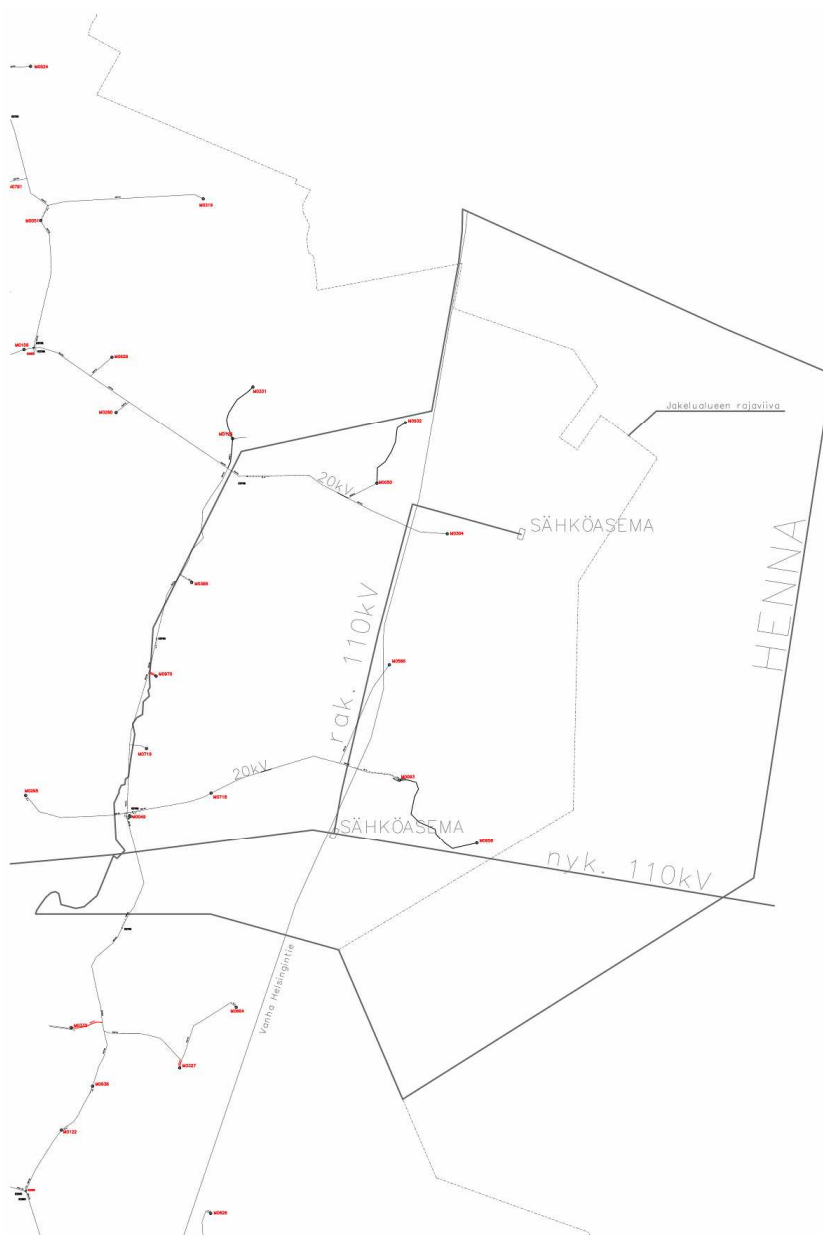
Koskisen Oy:n huipputehon korvaamiseksi joudutaan tulevaisuudessa rakentamaan joko 3,1 km 110 kV johtoa nykyisen Sirkkosuon haaran rinnalle tai uusi sähköasema Kymenlaakson Sähkö Oy:n omistaman 110 kV johdon alle. Lautatarhan läheisyyteen suunniteltu uusi sähköasema on tässä investointilaskelmassa varustettu 1-kiskojärjestelmällä, jonka hyviä puolia ovat yksinkertainen ja selväpiirteinen suojausautomaatiikka ja pienet hankintakustannukset. Aseman päämuuntajan kooksi valittiin 25 MVA, sillä osa Järvelän aseman huippukuormitustilanteen tehosta voidaan siirtää Mäntsälän aseman lähtöihin. Sirkkosuolta Järvelän asemalle nykyisen 110 kV rinnalle rakennettavan toisen 110 kV johdon alkupäähän on lisäksi rakennettava johtoerotin, jotta sähkönsyöttö asemalle voidaan järjestää toisen johdon vikaantuessa. Taulukossa 6.2 on esitetty investointien kustannukset. Investointilaskelmissa on käytetty Energiamarkkinaviraston laatimia verkkokomponenttien yksikköhintoja vuodelta 2008, jotka on esitetty liitteessä I.

Taulukko 6.2. Investointikustannukset

Investointi	Määrä	Yksikköhinta [€]	Investointikustannus [€]
<b>Sähköasema (1x25 MVA)</b>			
Päämuuntaja 25 MVA	1	446 010	446 010
Asemarakennukset, Muut kaava-alueet	1	241 200	241 200
110kV kentät ilmaeristeisellä sähköasemalla	1	398 530	398 530
Sähköasematontti	10000	2,8	28 000
Muuntajaperustus ja liitynnät ilmaeristeisellä asemalla	1	60 690	60 690
110 kV suojaus- ja automaatio perushinta	1	66 350	66 350
20 kV Ilmaeristeiden 1-kiskokojeiston perushinta	15	21 970	329 550
20 kV suojaus- ja automaatio asemakohtainen perushinta	1	18 860	18 860
Maasulun sammutuslaitteisto	1	125 700	125 700
Kuristin alle 50 MVA	1	46 930	46 930
Kondensaattori 2,4 MVAr	1	38 280	38 280
<b>Yhteensä</b>			<b>1 753 170</b>
<b>110 kV</b>			
Puupylväsjohto, yksi virtapiiri	3,1	116 490	361 119
110 kV kaukokäyttöinen johtoerotin	1	35 510	35 510
<b>Yhteensä</b>			<b>396 629</b>
<b>Yhteensä (Sähköasema+110kV)</b>			<b>2 149 799</b>

## 7. HENNAN ALUEEN MAHDOLLISEEN KUORMITUKSEN KASVUUN VARAUTUMINEN

Orimattilan kunta on laatinut Hennan alueesta osayleiskaavan, jonka tarkoituksena on luoda Kerava-Lahti oikoradan varteen kokonaan uusi työpaikka- ja asuinalue. Hennan alue sijaitsee n. 10 km Mäntsälästä pohjoiseen. Alueelle on suunniteltu tulevan aluksi asuntoja n. 3 000 asukkaalle ja myöhemmin jopa n. 10 000 asukkaalle. Alueelle voi kaavavarauksen perusteella sijoittua tulevaisuudessa jopa 3 000 työpaikkaa. (Ori 2009) Suunnitteilla oleva alue sijaitsee pääosin MSOy:n jakelualueella. Kuvassa 7.1 on esitetty Hennan alueen alustava rajaus.



Kuva 7.1. Hennan alueen alustava rajaus (Ori 2009)

Hennan alueella on tällä hetkellä sekä MSOy:n että Kymenlaakson sähkön (KSOy) jakeluverkot. Tällä hetkellä alueelle pystytään syöttämään huippukuorman aikaan kahdella MSOy:n keskijännitejohdolla n. 4 MW.

Taulukossa 7.1 on esitetty kaavoituksen perusteella tehdyt kuormitusennusteet alueelle. Kuormitusennusteessa on tarkasteltu osayleiskaavan osittaista ja täydellistä toteutumista.

Taulukko 7.1. Hennan alueen kuormitusennuste

	<b>Vaihtoehto 1</b>	<b>Vaihtoehto 2</b>
<b>YksityinenOkt</b>	<b>1 000</b>	<b>1 500</b>
Energia/asunto/vuosi [MWh]	10.5	10.5
Energia/vuosi [MWh]	10 500	15 750
<b>Huipputeho [MW]</b>	<b>3.3</b>	<b>4.8</b>
<b>Yksityinenkerrostaloasunto</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
Energia/asunto/vuosi [MWh]	5.5	5.5
Energia/vuosi [MWh]	1 100	2 200
<b>Huipputeho [MW]</b>	<b>0.4</b>	<b>0.7</b>
<b>Teollisuus(Hehtaaria)</b>	<b>110</b>	<b>220</b>
Teho/hehtaari [MW]	0.15	0.15
Energia/vuosi [MWh]	58 526	117 051
<b>Huipputeho [MW]</b>	<b>16.7</b>	<b>33</b>
<b>Palvelut ja julkinen</b>	<b>40</b>	<b>80</b>
Teho/hehtaari [MW]	0.02	0.02
Energia/vuosi [MWh]	2 838	5 675
<b>Huipputeho [MW]</b>	<b>0.8</b>	<b>1.6</b>
Huipunkäyttöaika [h]	3 547	3 547
<b>Yhteensä Energia/vuosi [MWh]</b>	<b>72 963</b>	<b>140 676</b>
<b>Yhteensä huipputeho [MW]</b>	<b>21.2</b>	<b>41.7</b>

Kuormitusennusteen perusteella havaitaan, että alueen nykyverkolla ei pystytä toimittamaan tulevaisuudessa tarvittavia tehoja.

Tehontarpeen äkillisestä kasvusta johtuen sekä käyttövarmuuden ylläpitämiseksi alueelle on rakennettava kaksi sähköasemaa. Alueen asutuksen ja teollisuuden oletetaan kehittyvän samankaltaisesti kuin Helsingin ympäristökunnissa etelästä pohjoiseen päin. Tämän johdosta ensimmäiseksi rakennettava asema tulisi sijoittaa Hennan alueen eteläosassa kulkevan Fingridin 110 kV voimajohdon läheisyyteen. Toinen asema tulisi rakentaa teollisuus- ja työpaikka-alueen yhteyteen Hennantien varteen. Uusien sähköasemainvestointien myötä

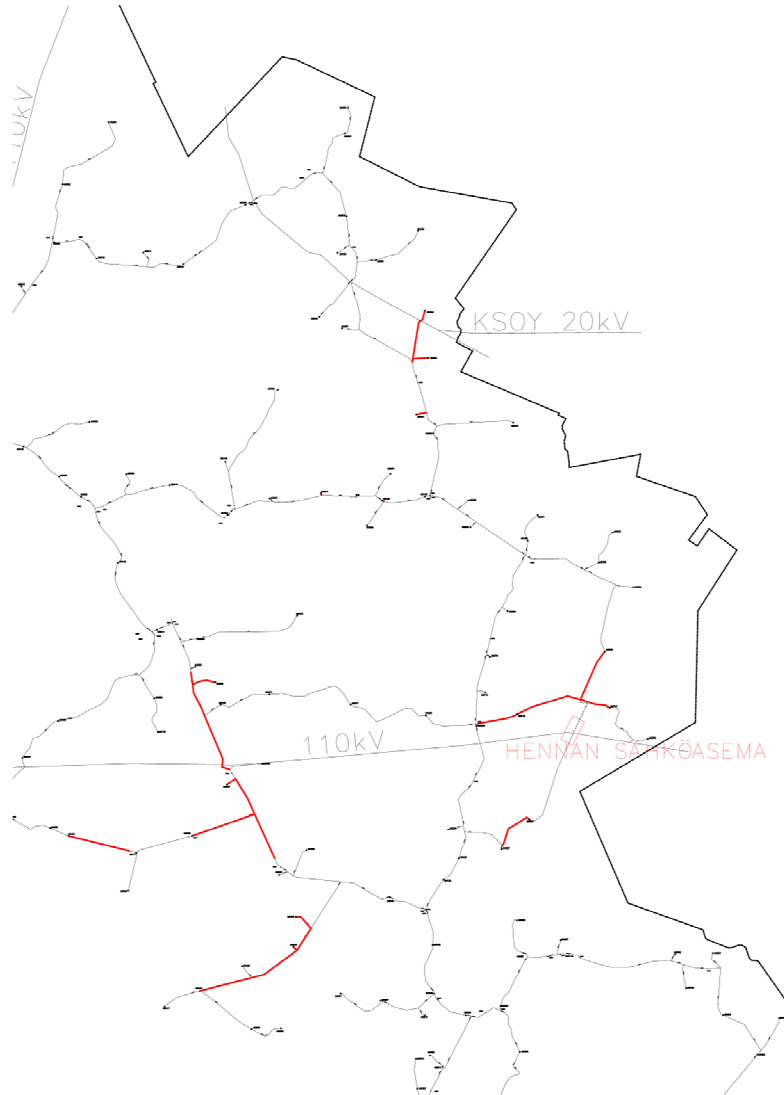


alueen oikosulkuvirrat kasvavat huomattavasti ja nykyisiä 20 kV avojohtoja joudutaan uusimaan.

#### *7.1.1 Ensimmäisen sähköaseman rakentaminen*

Ensimmäiseksi Vanhan Lahdentien varteen rakennettava sähköasema hoitaa alueen sähkönjakelun kaavan kehittymisen alkuvaiheessa ja myöhemmin aseman kuormitus koostuu Hennan alueen eteläosan kuormituksista. Lisäksi aseman perään kytketään osa Kaukalammen, Marttilan ja Keiturin alueen kuormista. Sähköaseman suunniteltu rakennuspaikka on Fingridin 110 kV voimajohdon läheisyydessä, jolloin MSOy:n aseman tarvitsema oma 110 kV johto on mahdollisimman lyhyt.

Asemainvestoinnin seurauksena alueen oikosulkuvirrat kasvavat ja nykyisten 20 kV verkon avojohtojen oikosulkuvirtakestoisuus ylittyy. Yhteensä uusittavia 20 kV johtoja on n. 12 km. Kuvassa 7.2 on korostettu punaisella johdot, jotka tulee uusia ennen uuden aseman käyttöönottoa.



Kuva 7.2. Oikosulkukestottomat johdot

Taulukossa 7.2 on esitetty ensimmäiseksi rakennettavan sähköaseman investointikustannukset ja nykyisten 20 kV linjan vahvistamisesta aiheutuvat rakennuskustannukset. Investointilaskelmissa on käytetty Energiamarkkinaviraston laatimia verkkokomponenttien yksikköhintoja vuodelta 2008, jotka on esitetty liitteessä I.

Taulukko 7.2. Sähköaseman investointikustannukset

Investointi	Määrä	Yksikköhinta [€]	Investointikustannus [€]
<b>Sähköasema (1x25 MVA)</b>			
Päämuuntaja 25 MVA	1	446 010	446 010
Asemarakennukset, Muut kaava-alueet	1	241 200	241 200
110kV kentät ilmaeristeisellä sähköasemalla	1	398 530	398 530
Sähköasematontti	10000	2,8	28 000
Muuntajaperustus ja liitynnät ilmaeristeisellä asemalla	1	60 690	60 690
110 kV suojaus- ja automaatio perushinta	1	66 350	66 350
20 kV Ilmaeristeiden 1-kiskokojeiston perushinta	15	21 970	329 550
20 kV suojaus- ja automaatio asemakohtainen perushinta	1	18 860	18 860
Maasulun sammutuslaitteisto	1	125 700	125 700
Kuristin alle 50 MVA	1	46 930	46 930
Kondensaattori 2,4 MVar	1	38 280	38 280
<b>Yhteensä</b>			<b>1 753 170</b>
<b>20kV(Vahvistus)</b>			
PAS 95 tai suurempi	12	32 640	391 680
<b>Yhteensä (Sähköasema+20kV)</b>			<b>2 144 850</b>

### 7.1.2 Toisen sähköaseman rakentaminen Hennan alueelle

Toisen Hennan kaava-alueelle rakennettavan sähköaseman kuormitukset koostuvat pääosin Hennan teollisuusalueen kuormituksista. Alueen kuormitukset riippuvat suurelta osin alueelle tulevan teollisuuden muodosta. Sähköasemaa varten on MSOy:n rakennettava 110 kV johtoa noin 3 km Hennan ensimmäiseltä sähköasemalta pohjoiseen. Alueen mahdollisesta suuresta teollisuuskuormituksesta johtuen jakeluverkko on suunniteltava erittäin käyttövarmaksi. Aseman kiskostoratkaisun valinta riippuu suurelta osin alueelle tulevien teollisuuskäyttäjien vaatimuksista käyttövarmuudesta. Taulukossa 7.3 on esitetty toisena Hennan alueelle rakennettavan sähköaseman investointikustannukset.

Taulukko 7.3. Toisena Hennan alueelle rakennettavan aseman investointikustannukset

Investointi	Määrä	Yksikköhinta [€]	Investointikustannus [€]
<b>Sähköasema (2x25 MVA)</b>			
Päämuuntaja 25 MVA	2	514 800	1 029 600
Asemarakennukset, Muut kaava-alueet	1	241 200	241 200
110kV kentät ilmaeristeisellä sähköasemalla	1	482 180	482 180
Sähköasematontti	10000	2,8	28 000
Muuntajaperustus ja liitynnät ilmaeristeisellä asemalla	2	60 690	121 380
110 kV suojaus- ja automaatio perushinta	1	66 350	66 350
20 kV Ilmaeristeiden 2-kiskokojeiston perushinta	20	31 510	630 200
20 kV suojaus- ja automaatio asemakohtainen perushinta	1	18 860	18 860
Maasulun sammutuslaitteisto	1	125 700	125 700
Kuristin alle 50 MVA	1	46 930	46 930
Kondensaattori 2,4 MVAr	1	38 280	38 280
<b>Yhteensä</b>			<b>2 828 680</b>
<b>110 kV</b>			
Puupylväsjohto, yksi virtapiiri	3	116 490	582 450
<b>Yhteensä (Sähköasema+110kV)</b>			<b>3 178 150</b>

## 8. YHTEENVETO

Järjestelmällinen keskusta-alueiden maakaapelointi, uuden Mattilan sähköaseman valmistuminen vuonna 2008 sekä investoinnit verkoston saneerausinvestointeihin ja kunnossapitoon ovat merkittävästi alentaneet suurhäiriöriskiä MSOy: jakelualueella. 2010-luvun aikana tullaan uusimaan runsaasti vanhoja 50- ja 60-luvuilla rakennettuja 20 kV ja 0,4 kV ilmajohtoverkkoja. Tarkka investointijärjestys laaditaan verkkotietojärjestelmän avulla, kun verkostotarkastukset koko jakelualueelta on saatu ajettua tietojärjestelmään.

Tällä hetkellä Järvelän sähköaseman ollessa pois käytöstä kesällä siirretään jakelualueen pohjoisosan kotitalouksien ja pienteollisuuden tarvitsema sähköteho Mäntsälän sähköasemalta. Talven huippukuorman aikaan kuormituksien korvaaminen Mäntsälästä 20 kV verkolla ei kuitenkaan onnistu. Tämän lisäksi Koskisen Oy:n tehoja ei pystytä korvaamaan tällä hetkellä 20 kV verkolla vaan Koskisen Oy:n huipputehon korvaamiseksi joudutaan tulevaisuudessa rakentamaan joko 3,1 km 110 kV johtoa nykyisen Sirkkosuon haaran rinnalle tai uusi sähköasema Kymenlaakson Sähkö Oy:n omistaman 110 kV johdon alle.

Verkoston vanhentumisen ja Koskisen Oy:n korvaamisen lisäksi suuri haaste käyttövarmuuden osalta tulee tulevaisuudessa olemaan kuormituksen kasvuun varautuminen erityisesti Hennan osayleiskaava-alueella. Alueelle tullaan rakentamaan kaavan toteutumisen edetessä yksi tai jopa kaksi sähköasemaa. Uusien sähköasemainvestointien myötä joudutaan myös alueen 20kV avojohtoja uusimaan oikosulkuvirtojen kasvaessa huomattavasti.

**LÄHDELUETTELO**

- (Abb 00)                   ABB: Abb:n TTT-käsikirja 2000-07.  
Saatavissa:  
<http://www.abb.com/cawp/fiabb255/816ed499bb0d20a8c2256936003e64ed.aspx>  
(Ladattu 12.12.2009)
- (Emv 2008)               Energiamarkkinaviraston kotisivut.2008.  
Saatavissa:  
[www.energiamarckkinavirasto.fi](http://www.energiamarckkinavirasto.fi)  
(Ladattu 20.12.2008)
- (For 2008)               Fortum Oyj:n kotisivut. 2008. Vahingonkorvaukset. Saatavissa:  
<http://www.fortum.fi/document.asp?path=14020;14028;14030;35987;36012;36200;36215;36217>  
(Ladattu 06.01.2008)
- (Kär 2009)               Kärkölän kunnan kotisivut. 2009.  
<http://www.karkola.fi/>  
(Ladattu 15.6.2009)
- (Lak 1996)               Sähkönjakeluverkkojen suunnittelu. Otatieto Oy. 1996. E Lakervi.
- (MSO 2009)               Mäntsälän Sähkö Oy:n kotisivut. 2009.  
Saatavissa:  
<http://www.msosoy.fi/doclist3.asp?section=5619>  
(Ladattu 1.10.2009)

- (Män 2009) Mäntsälän kunnan kotisivut.  
Saatavissa:  
[www.mantsala.fi](http://www.mantsala.fi)  
(Ladattu 15.6.2009)
- (Nor 2008) Nord Pool ASA kotisivut. 2008.  
Saatavissa:  
<http://www.nordpool.com>  
(Ladattu 13.1.2008)
- (Ori 2009) Orimattilan kunnan kotisivut. Hennan osayleiskaava.  
Saatavissa:  
<http://www.orimattila.fi/liitteet/Henna%20kaavaselostus.pdf>  
(Ladattu 12.12.2009)
- (Paa 1975) Sähköjohdot. WSOY. 1975. M Paavola
- (Par 2007) Sähköjakelutekniikka. LTY, TKK. 2007. J Partanen, E Lakervi.
- (Sin 2005) Johdon laskentatoimen peruskurssi. LTY. 2005. Opetusmoniste.
- (Vil 2006) Viljainen, S. Regulaation haasteet ja mahdollisuudet. Sähköjakeluverkkojen verkkovisio 2030, Maaliskuu 13.-14, 2006.  
Saatavissa:  
[http://www.ee.lut.fi/fi/lab/sahkomarkkina/viljainen\\_regulaatio.pdf](http://www.ee.lut.fi/fi/lab/sahkomarkkina/viljainen_regulaatio.pdf)  
(Ladattu 20.12.2008)

**Energiamarkkinavirasto**

Energimarknadsverket

**VERKKOKOMPONENTIT JA INDEKSIKORJATUT YKSIKKÖHINNAT  
VUODELLE 2008 (alv 0 %)**

Muuntamot	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
1-pylväsmuuntamo	kpl	4 650
2-pylväsmuuntamo	kpl	6 360
4-pylväsmuuntamo	kpl	6 920
Puistomuuntamo, tyyppi 1 (ulkoa hoidettava)	kpl	26 350
Puistomuuntamo, tyyppi 2 (sisältä hoidettava)	kpl	33 560
Kiinteistömuuntamo	kpl	45 650
Erikoismuuntamot	kpl	77 650
Satelliittimuuntamo	kpl	16 110
Kaapeloitu erotinasema	kpl	21 230
Kaapeliverkon muuntamon kauko-ohjauslaitteet	kpl	4 600
1000 V suojalaitteet	kpl	1 510

Muuntajat	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
16	kpl	2 780
30	kpl	2 780
50	kpl	3 400
100 - 160	kpl	4 560
200	kpl	6 260
300 - 315	kpl	6 980
500 - 630	kpl	8 520
800	kpl	11 490
1000	kpl	14 000
1250	kpl	17 860
1600	kpl	21 990
20/10 kV muuntajat	kpl	242 520
10/20 kV muuntajat	kpl	242 520
45/20 kV muuntajat	kpl	268 040
20/20 kV säätömuuntajat	kpl	193 590

20 kV ilmajohdot	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Sparrow tai pienempi	km	17 190
Raven	km	21 090
Pigeon	km	24 100
AI 132 tai suurempi	km	27 910



SAXKA 70 tai pienempi	km	48 560
SAXKA 120 tai suurempi	km	57 580
PAS 35 - 70	km	28 070
PAS 95 tai suurempi	km	31 290
Muut	km	17 190

0,4 kV ilmajohdot	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
AMKA 16 - 25	km	12 970
AMKA 35 - 50	km	13 670
AMKA 70	km	16 790
AMKA 120	km	20 190
Muut	km	12 970

20 kV erottimet ja katkaisijat	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Johtoerotin, kevyt	kpl	3 500
Johtoerotin, katkaisukammioin	kpl	6 470
Kauko-ohjattu erotinasema 1 erotin	kpl	15 920
Kauko-ohjattu erotinasema 2 erotinta	kpl	30 290
Kauko-ohjattu erotinasema 3-4 erotinta	kpl	39 710
Pylväskatkaisija (kauko-ohjattava)	kpl	21 230
20 kV katkaisija-asema	kpl	72 330
20 kV kytkinasema	kpl	42 550
20/20 kV säätöasema	kpl	202 100

20 kV maakaapelit (asennus)	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
enintään 70 maakaapeli	km	24 230
95 - 120 maakaapeli	km	33 170
150 - 185 maakaapeli	km	40 260
240 - 300 maakaapeli	km	45 710
enintään 70 vesistökaapeli	km	55 830
Kojeistopääte	kpl	1 210
Pylväspääte	kpl	2 540
Jatko	kpl	2 390

0,4 kV maakaapelit (asennus)	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
enintään 25 maakaapeli	km	7 030
35 - 50 maakaapeli	km	9 420
70 maakaapeli	km	12 110
95 - 120 maakaapeli	km	13 030
150 - 185 maakaapeli	km	18 870

240 – 300 maakaapeli	km	19 370
enintään 35 vesistökaapeli	km	12 230
50 – 70 vesistökaapeli	km	14 370
95 – 120 vesistökaapeli	km	17 980
vähintään 150 vesistökaapeli	km	27 230

0,4 ja 20 kV maakaapelit (kaivu)	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Haja-asutusalue	km	9 770
Taajama-alue	km	20 800
Kaupunkialue	km	64 330

Jakokaapit ja jonovarokeytkimet	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Haaroituskaappi	kpl	600
Kaapelijakokaappi enintään 400 A	kpl	1 320
Kaapelijakokaappi vähintään 630 A	kpl	1 480
Jonovarokeytkin enintään 160 A	kpl	260
Jonovarokeytkin 250 – 400 A	kpl	390
Jonovarokeytkin 630 A	kpl	730

45 kV, 110 kV ja 400 kV johdot sekä erotinasemat	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
45 kV puupylväsjohto	km	49 990
110 kV puupylväsjohto, yksi virtapiiri	km	111 680
110 kV teräsristikkopylväsjohto, yksi virtapiiri	km	234 010
110 kV teräsristikkopylväsjohto, kaksi virtapiiriä	km	297 830
110 kV maakaapeli	km	420 150
400 kV harustettu teräspylväsjohto	km	196 780
400 kV vapaasti seisova teräspylväsjohto	km	361 650
45 kV erotinasema (1 erotin)	kpl	15 950
110 kV johtoerotin	kpl	22 340
110 kV kaukokäyttöinen johtoerotin	kpl	34 040
110 kV johtoaluekorvaus	km	21 590
400 kV johtoaluekorvaus	km	29 680

45 kV sähköasemarakenteet	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
45/20 kV sähköasema	kpl	366 960
45 kV kentät 110 kV asemilla	kpl	207 410
+ lisäkenttien hinnat	kpl	182 950

Käytönvalvontajärjestelmä	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
---------------------------	---------	-----------------------

Käytönvalvontajärjestelmän perusosa	kpl	308 460
+ sähköasemakohtainen lisähinta	kpl	10 100
+ erotinasemakohtainen lisähinta	kpl	2 330

Käytönvalvontajärjestelmän viestiverkot	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Käytönvalvontajärjestelmän viestiverkkojen perusosa	kpl	83 390
+ sähköasemakohtainen lisähinta	kpl	4 840

Verkko- ja asiakastietojärjestelmä	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Verkkotietojärjestelmähinta	kpl	276 550
+ käyttäjämäärään perustuva osa	asiakasta	4,3
Asiakastietojärjestelmähinta	kpl	276 550
+ käyttäjämäärään perustuva osa	asiakasta	4,3

Energiamittauslaitteet	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Paikallisesti luettavat mittarit	kpl	130
Tuntiluettavat mittarit (yli 63 A)	kpl	1070
Muut kaukoluettavat mittarit (63 A tai vähemmän)	kpl	230

Sähköasemat Sähköasematontit	Yksikkö	Yksikköhinta euroa/m <sup>2</sup>
Suurkaupunkien kaava-alueet	m <sup>2</sup>	69,1
Muut kaava-alueet	m <sup>2</sup>	2,7
Kaavoittamaton alue	m <sup>2</sup>	1,3

Sähköasemat Asemarakennukset	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Suurkaupunkien kaava-alueet	kpl	783 710
Muut kaava-alueet	kpl	231 240
Kaavoittamaton alue	kpl	82 750

Sähköasemat 110 kV muuntajat [MVA]	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
6	kpl	257 410
10	kpl	290 380
16	kpl	343 560
20	kpl	387 170
25	kpl	427 590
31,5	kpl	493 540

40	kpl	553 110
50	kpl	629 690
63	kpl	738 180
80	kpl	846 680
100	kpl	955 170
220/110 kV muuntaja	kpl	1 148 760

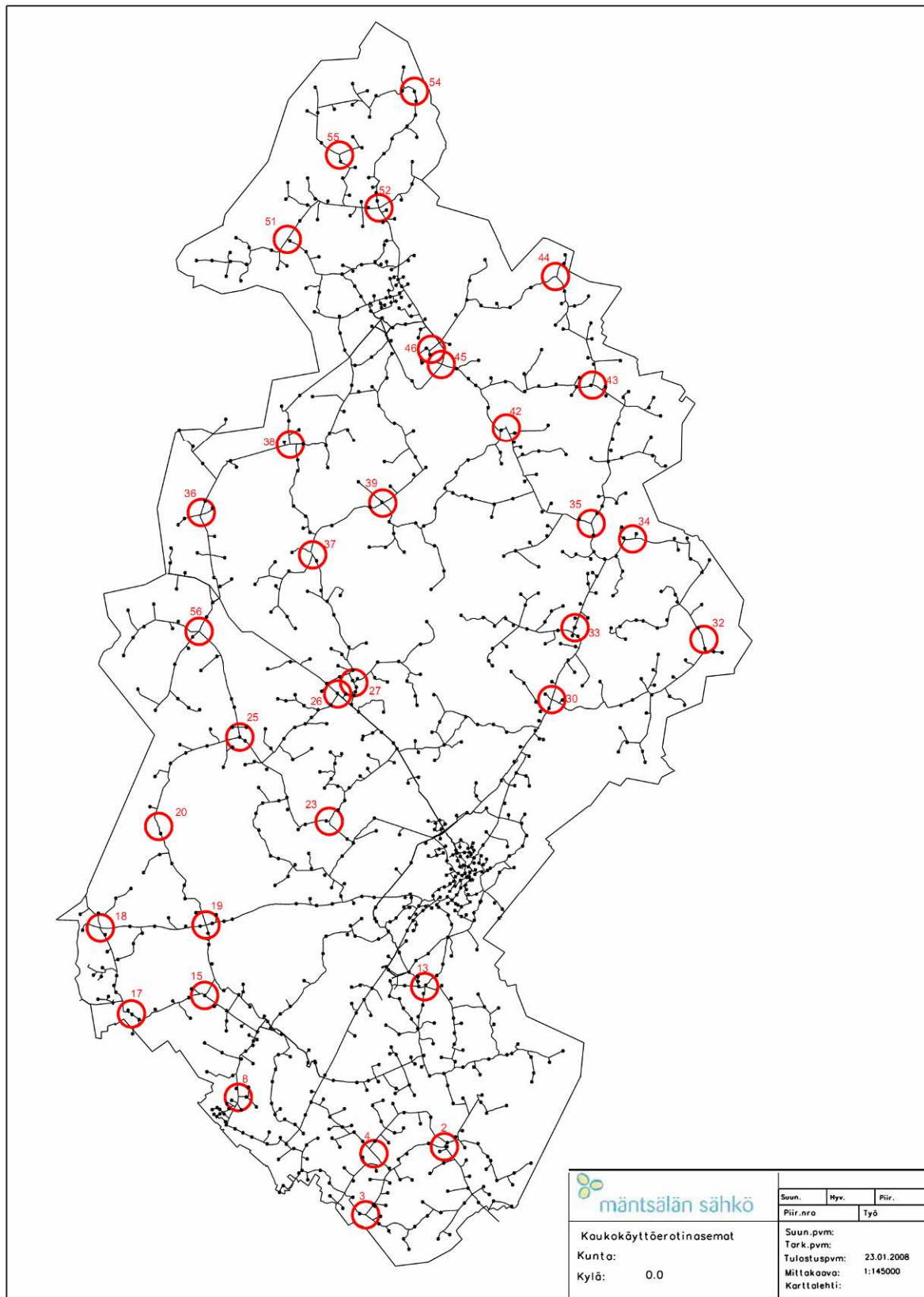
Sähköasemat 110 kV kevyt sähköasema	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
110 kV kevyt sähköasema	kpl	387 170

Sähköasemat 110 kV kentät ilmaeristeisellä sähköasemalla	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Muuntajaperustus ja liittynät ilmaeristeisellä asemalla		58 180
Ilmaeristeisen 1-kiskokojeiston perushinta	kpl	382 070
+ 1-kisko lisäkentän hinta	kpl	243 790
Ilmaeristeisen 2-kiskokojeiston perushinta	kpl	462 270
+ 2-kisko lisäkentän hinta	kpl	323 460
Ilmaeristeisen 3-kiskokojeiston perushinta	kpl	538 210
+ 3-kisko lisäkentän hinta	kpl	380 470
Suojaus- ja automaatio perushinta (ilmaeristeinen)	kpl	63 610
+ lisäkenttä	kpl	16 590

Sähköasemat 110 kV kentät kaasueristeisellä sähköasemalla	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Muuntajaperustus ja liittynät kaasueristeisellä asemalla	kpl	51 480
Kaasueristeisen 1-kiskokojeiston perushinta	kpl	589 700
+ 1-kisko lisäkentän hinta	kpl	354 520
Kaasueristeisen 2-kiskokojeiston perushinta	kpl	689 150
+ 2-kisko lisäkentän hinta	kpl	433 120
Suojaus- ja automaatio perushinta (kaasueristeinen)	kpl	84 350
+ lisäkenttä	kpl	30 630

Sähköasemat 20 kV kojeistot	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Ilmaeristeisen 1-kiskokojeiston perushinta	kpl	21 060
+ 1-kisko lisäkentän hinta	kpl	13 190
Ilmaeristeisen 2-kiskokojeiston perushinta	kpl	30 210
+ 2-kisko lisäkentän hinta	kpl	20 850
Kaasueristeinen 2-kiskokojeiston perushinta	kpl	47 650
+ 2-kisko lisäkentän hinta	kpl	28 510
Suojaus- ja automaatio asemakohtainen perushinta	kpl	18 080
+ lisäkenttä	kpl	5 320
Kondensaattori 2,4 Mvar	kpl	36 700

Maasulun sammutuslaitteisto	kpl	120 510
Kuristin < 50 MVA	kpl	68 710
Kuristin > 50 MVA	kpl	44 990



 mäntsälän sähkö	Suun.	Myv.	Piir.
	Piir.nro		Työ
Kaukokäyttöerolinaset	Suun.pvm:		
Kunta:	Tark.pvm:		
Kylä: 0.0	Tulostuspvm: 23.01.2008		
	Mittakaava: 1:145000		
	Karttalehti:		