

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Energia- ja ympäristötekniikan osasto

DIPLOMITYÖ

SÄHKÖVERKKOYHTIÖN KESKIJÄNNITEVERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Diplomityön aihe on hyväksytty Lappeenrannan teknillisen yliopiston Energia- ja ympäristötekniikan osaston osastoneuvostossa 6.10.2004

Työn tarkastajana on toiminut professori Jarmo Partanen ja työn ohjaajana sekä toisena tarkastajana diplomi-insinööri Petri Tuomainen.

Kouvola 31.12.2004

Hannu Sorsa
Sorsatie 2
47400 Kausala
puh. 0400 558714

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Energia- ja ympäristötekniikan osasto
Hannu Sorsa

Sähköverkkoyhtiön keskijänniteverkon kehittämissuunnitelma

Diplomityö

2004

140 sivua, 55 kuvaa, 72 taulukkoa ja 9 liitettä

Tarkastajat: professori Jarmo Partanen ja diplomi-insinööri Petri Tuomainen

Hakusanat: jakeluverkko, keskijänniteverkko, verkostosuunnittelu

Tämän työn tavoitteena oli laatia KSS Energia Oy:n keskijänniteverkon kehittämissuunnitelma. Tätä varten selvitettiin verkon nykytila ja sen toimivuus korvaustilanteissa. Suunnitelmaa varten laadittiin verkoston vuoteen 2020 asti ulottuva kuormitusennuste. Kehittämissuunnitelmassa paikannettiin alueet, joilla kuormitettavuus, korvattavuus tai oikosulkukestoisuus olisivat toimivan sähkönjakelun esteinä tulevaisuudessa.

Työn painopistealueiksi muodostuivat Vuolenkosken, Paimenpolun ja Valkealan alueet. Näiden alueiden kasvavan tehontarpeen tyydyttämiseksi selvitettiin uusien sähköasemien rakentamismahdollisuuksia. Suunnitelmassa tarkasteltiin ja vertailtiin kolmen uuden sähköaseman rakentamista keskijänniteverkon saneerausvaihtoehtoon.

Työssä selvitettiin myös miten alueen kuormituksen kasvun aiheuttama lisätehontarpeen jakelu voidaan hoitaa. Näiden alueiden kuormituksen kasvu edellyttää uusien sähköasemien rakentamista seuraavien 10 vuoden kuluessa.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology

Department of Energy and Environmental Technology

Hannu Sorsa

Developing Plan for Medium Voltage of the Electric Network Company

Master's thesis

2004

140 pages, 55 figures, 72 tables and 9 appendices

Supervisors: Professor Jarmo Partanen and M.Sc. Petri Tuomainen

Keywords: medium voltage network, distribution network, network design

The aim of this thesis was to design a long-term plan for the development of the medium voltage network for KSS Energia Ltd. The preparation involved the research of the present condition of this network and its activity in the replace mode. The plan was designed by means of preparing the load forecasts for the period up to year 2020. The development plan located in the areas in which the load capacity and absorber circuit or maximum permitted short-circuit current could become obstacles to the efficient distribution of electricity.

The emphasis in this work was located on the areas of Vuolenkoski, Paimenpolku and Valkeala. The satisfying ways for fulfilling the need for extra energy to the development of electric consumption was studied in these regions. The building of the three new substations and the fixing of the existent medium voltage network are examined and compared in this thesis.

It was researched also how to handle the distribution of extra power due to the growth in the load in this area. The increase in the consumption of electricity demands new substations to be built within next 10 years.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty KSS Energian antamasta aiheesta.

Työn tarkastajana on toiminut professori Jarmo Partanen Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta. Työtä on ohjannut sekä ollut toisena tarkastajana KSS Energian puolesta verkkoliiketoimintajohtaja diplomi-insinööri Petri Tuomainen. Kiitän heitä saamastani opastuksesta kaikissa työn vaiheissa. Monet kiitokset ansaitsee myös koko KSS Energian suunnittelutiimi kaikkine jäsenineen sekä muu henkilökunta, jotka yhdessä ovat suuresti helpottaneet työni edistymistä.

Haluan myös kiittää perhettäni sekä ystäviäni, jotka ovat ymmärtäneet ja kannustaneet minua niin opinnoissani kuin tässä diplomityössäni.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	JAKELUVERKOSTON NYKYTILA.....	10
2.1	IS:n alueen keskijänniteverkosto.....	10
2.2	KSS:n alueen keskijänniteverkosto.....	11
3	VERKOSTOLLE ASETETUT VAATIMUKSET.....	13
3.1	Käytetyt parametrit.....	13
3.2	Taloudellinen mitoitus.....	14
3.2.1	<i>Häviöiden laskeminen</i>	14
3.2.2	<i>Uuden johdon taloudellinen mitoitus</i>	15
3.2.3	<i>Johdinten vaihdon taloudellinen mitoitus</i>	17
3.2.4	<i>Rajatehon laskenta</i>	18
3.3	Jännitteenalenema.....	19
3.3.1	<i>Jännitteenaleneman laskenta</i>	20
3.3.2	<i>Jännitteenalenemat KSS:n kj -verkossa</i>	21
3.4	Verkoston kuormitettavuus.....	21
3.5	Oikosulkukestoisuus.....	22
3.5.1	<i>Oikosulkukestoisuus KSS:n alueella</i>	23
3.6	Oikosulkusuojaus.....	24
3.6.1	<i>Oikosulkusuojaus KSS:n alueella</i>	26
3.7	Maasulku.....	26
3.7.1	<i>Maasta erotettu verkko</i>	27
3.7.2	<i>Kompensoitu verkko</i>	30
3.7.3	<i>Maadoitusjännite</i>	33
3.7.4	<i>Maasulkuvirrat KSS:n alueella</i>	34
3.8	Maasulkusuojaus.....	34
3.8.1	<i>Maasulkusuojaus KSS:n alueella</i>	35
4	KUORMITUKSET NYKYTILASSA.....	35
4.1	Päämuuntajien kuormitukset.....	35
4.2	Keskijännitelähtöjen kuormitukset.....	36
4.2.1	<i>Kausala</i>	36
4.2.2	<i>Mankala</i>	37

		2
4.2.3	<i>Vahteronmäki</i>	37
4.2.4	<i>Kuusaanlampi</i>	38
4.2.5	<i>Nirvistentie</i>	39
4.2.6	<i>Valkeala</i>	40
4.2.7	<i>Korjala</i>	41
4.2.8	<i>Pilkanmaa</i>	42
4.2.9	<i>Myllykoski</i>	43
5	KORVATTAVUUS NYKYTILASSA	44
5.1	Päämuuntaja- ja kiskostohäiriöt	44
5.1.1	<i>Kausalan sähköasema</i>	44
5.1.2	<i>Mankalan tehot</i>	46
5.1.3	<i>Vahteronmäen sähköasema</i>	46
5.1.4	<i>Kuusaanlammen sähköasema</i>	48
5.1.5	<i>Nirvistentien sähköasema</i>	49
5.1.6	<i>Valkealan sähköasema</i>	50
5.1.7	<i>Korjalan sähköasema</i>	51
5.1.8	<i>Pilkanmaan sähköasema</i>	51
5.1.9	<i>Myllykosken sähköasema</i>	52
5.1.10	<i>Kuusaanlampi ja Korjala samanaikaisesti</i>	53
5.2	Verkoston kuormituksen nykytilan yhteenveto	54
5.2.1	<i>Normaali nykytila</i>	54
5.2.2	<i>Korvaustilanteet</i>	58
6	KULUTUKSEN MUUTOSENNUSTEET	60
6.1	Iitti	61
6.2	Valkeala	65
6.3	Kouvola	68
6.4	Kuusankoski	71
6.5	Anjalankoski	74
7	SÄHKÖASEMIEN KUORMITUKSET 2004 – 2020	76
7.1	Kausala	76
7.1.1	<i>Päämuuntaja</i>	77
7.1.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	77
7.2	Mankala	78
7.2.1	<i>Päämuuntaja</i>	78

7.2.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	79
7.3	Valkeala	79
7.3.1	<i>Päämuuntajat</i>	80
7.3.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	80
7.4	Vahteronmäki	81
7.4.1	<i>Päämuuntajat</i>	81
7.4.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	83
7.5	Kuusaanlampi	84
7.5.1	<i>Päämuuntajat</i>	84
7.5.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	86
7.6	Nirvistentie	87
7.6.1	<i>Päämuuntajat</i>	87
7.6.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	89
7.7	Korjala	90
7.7.1	<i>Päämuuntaja</i>	90
7.7.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	91
7.8	Pilkanmaa	92
7.8.1	<i>Päämuuntaja</i>	92
7.8.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	92
7.9	Myllykoski	93
7.9.1	<i>Päämuuntaja</i>	94
7.9.2	<i>Kj-lähtöjen kuormitukset</i>	94
7.10	Verkoston vuoden 2020 kuormitusennusteen yhteenveto	95
8	KORVATTAVUUS VUONNA 2020	97
8.1	Kausala	97
8.2	Mankala	98
8.3	Vahteronmäki	98
8.4	Kuusaanlampi	99
8.5	Nirvistentie	100
8.6	Valkeala	101
8.7	Korjala	102
8.8	Pilkanmaa	103
8.9	Myllykoski	104
8.10	Kuusaanlampi ja Korjala samanaikaisesti	104

8.11	Päämuuntajien vuoden 2020 korvattavuuden yhteenveto	105
8.11.1	<i>Kj-lähtöjen korvattavuus sähköasemittain</i>	105
8.11.2	<i>Päämuuntajien korvattavuus sähköasemittain</i>	106
8.11.3	<i>Korvaustilanteiden jännitteenalenemat</i>	107
9	HAVAITUT VERKOSTON KEHITTÄMISTARPEET	108
9.1	Kausalan sähköasema	108
9.1.1	<i>Uusi Vuolenkosken alueen sähköasema</i>	111
9.1.2	<i>Keskeytyksestä aiheutuvan haitan hinta</i>	111
9.1.3	<i>Häviökulut</i>	112
9.1.4	<i>Uuden Vuolenkosken aseman vaihtoehdot</i>	113
9.2	Mankala	117
9.3	Vahteronmäki	120
9.3.1	<i>Uusi Paimenpolun tai Valimotien sähköasema</i>	122
9.4	Kuusaanlampi	124
9.5	Nirvistentie	125
9.6	Valkeala	127
9.6.1	<i>Anttilan tai Sopasen uusi sähköasema</i>	129
9.7	Korjala	132
9.8	Pilkanmaa	132
9.9	Myllykoski	134
9.10	Päämuuntajavaihdot	135
9.11	110 kV Alueverkosto	136
10	YHTEENVETO	137
	LÄHDELUETTELO	139

LIITELUETTELO

1. Iitin Sähkö Oy:n keskijänniteverkosto
2. KSS Energia Oy:n keskijänniteverkosto
3. KSS Energia Oy:n 110 kV:n aluejohtoverkosto
4. KSS Energia Oy:n koko keskijänniteverkko
5. Laskennassa käytettyjen johtimien sähköisiä arvoja
6. Oiko- ja maasulkuvirrat keskijännitelähdöittäin
7. Oikosulkulaskelman esimerkki
8. Maasulkulaskelman esimerkki
9. Johdinvaihdon rajatehon laskentaesimerkki

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

a	vuosi, annuiteettikerroin
H	hinta
I	virta
K	kustannus
k	häviökustannus
l	pituus
P	pätöteho
p	korko
R	resistanssi
r	kasvuprosentti, resistanssi
S	näennäisteho
t	aika
U	jännite
X	reaktanssi
x	reaktanssi
Z	impedanssi

Alaindeksit

0	alkuhetki
1	yksivaiheinen
2	kaksivaiheinen
3	kolmivaiheinen
f	vika
h	häviö
j	johdin
k	oikosulku, huippu
m	muuntaja
n	nimellinen
p	pätöteho
q	loisteho
v	vaihto, vaihe

Kreikkalaiset

α	kasvukerroin (korko)
ε	kasvukerroin (muutos/korko)
β	kasvukerroin (muutos)
κ	diskonttauskerroin
τ	aikavakio
φ	kulma

Lyhenteet

IS	Iitin Sähkö Oy
JSE	Järvi-Suomen Energia Oy
KSS	KSS Energia Oy
KLS	Kymenlaakson Sähkö Oy
LE	Lahti Energia Oy

KJL	Korjalan sähköasema
KSA	Kausalan sähköasema
KSP	Kuusaanlammen sähköasema
MAN	Mankalan sähköasema
MYE	Myllykosken sähköasema
NIR	Nirvistentien sähköasema
PIL	Pilkanmaan sähköasema
VAL	Valkealan sähköasema
VHT	Vahteronmäen sähköasema
ANT	Anttilan erotinasema
SOP	Sopasen erotinasema
PMP	Paimenpolun kytkinasema
TOR	Tornionmäen kytkinasema
PM	päämuuntaja
ajk	aikajälleenkytkentä
pjk	pikajälleenkytkentä
kj	keskijännite
pj	pienjännite

1 JOHDANTO

KSS Energia Oy:n toimialueena on suuri osa Pohjois-Kymenlaaksoa. KSS Energia-konsernin muodostavat emoyhtiö KSS Energia Oy (KSS) ja tytäryhtiöt KSS Rakennus Oy (KSSR) sekä Iitin Sähkö Oy (IS). KSS Energia Oy harjoittaa sähkön ja kaukolämmön tuotantoa, myyntiä sekä sähköverkkoliiketoimintaa. Iitin Sähkö Oy keskittyy sähköverkkoliiketoimintaan ja KSS Rakennus Oy:n toimialana on verkonrakennus siihen liittyvine palveluineen. KSS:n verkkoalue on esitetty kuvassa 1.1. Toiminta-alueella on 82 000 asukasta. Sähkönkäyttöasiakkaita alueella on 47 000 ja sähköliittymiä yhteensä 25 800.



Kuva 1.1. KSS Energian verkostoalue

KSS-konsernissa työskentelee vakituisesti 96 henkilöä. Liikevaihtoa KSS:lla oli vuonna 2003 yhteensä 53,1 miljoonaa euroa. Siirretty sähkömäärä häviöineen oli tuolloin 659 gigawattituntia (GWh). Verkostoon kuului 23,7 kilometriä (km) 110 kilovoltin (kV) johtoja, 8 sähköasemaa, 1333 km keskijännitejohtoja, 1391 jakelumuuntamoita ja 2875 km pienjännitejohtoja.

Omaa sähköntuotantoa vuonna 2003 oli 167 GWh, joka tuotettiin vesi-, maakaasu- ja biovoimalaitoksissa. Vesivoimalaitoksia konsernilla on kolme: Siikakoskella, Verlassa ja Kannuskoskella.

Hinkismäen laitos käyttää polttoaineenaan maakaasua ja Kymin Voima toimii biopolttoaineella. KSS omistaa Kymin Voiman yhdessä Pohjolan Voiman Oy:n (PVO) kanssa. Lisäksi yhtiöllä on tuotanto-osuuksia PVO:n vesivoimaloissa ja Pietarsaarella sijaitsevassa Oy Alholmens Kraft Ab:ssa. Kymin Voiman ja Hinkismäen voimalaitokset ovat sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia.

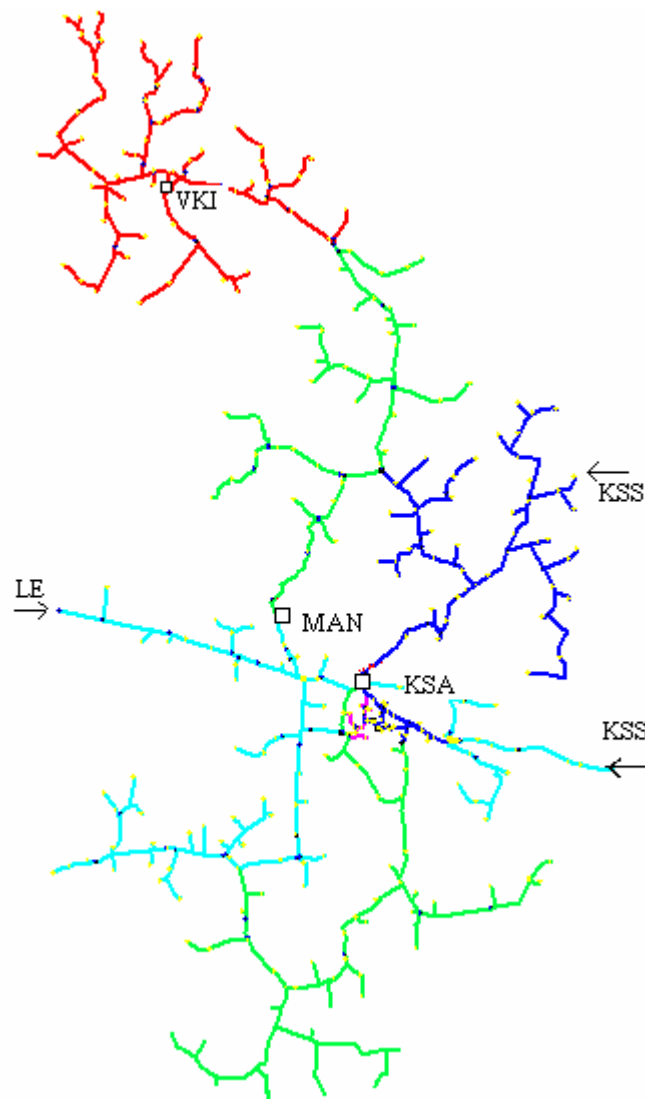
Tässä työssä selvitetään KSS:n sähkönjakeluverkoston nykytilaa sekä alueen tehontarvetta ja käytettävyyttä tulevaisuudessa ja laaditaan verkoston kehittämissuunnitelmarunko vuoteen 2020 asti. Nykyhetkeä arvioidaan verkkotietojärjestelmien laskelmien ja tilastotietojen avulla selvittäen verkoston kuormitustila sekä maa- ja oikosulkuvirrat. Tulevaa tehontarvetta tarkastellaan alueellisten kasvuennusteiden avulla ja sähköasemien korvattavuutta tarkastellaan sekä nykytilassa että tehtyjen kuormitusennusteiden pohjalta.

2 JAKELUVERKOSTON NYKYTILA

KSS:n alue jakautuu kahteen, emoyhtiö KSS Energia Oy:n ja tytäryhtiö Iitin Sähkö Oy:n, alueeseen. KSS:n ja IS:n verkot eivät ole päämuuntajien kytkentäryhmien erillaisuudesta johtuen rinnankäyttökelpoisia.

2.1 IS:n alueen keskijänniteverkosto

IS:n 20 kV:n keskijänniteverkko on tyypillinen säteittäinen maaseutuverkko, jota esittää kuva 2.1 sekä liite 1. Vuonna 2003 kaapelointiaste oli vain noin 1,8 %.



Kuva 2.1. Iitin Sähkön keskijänniteverkko, sähköasema ja alueen voimalaitokset

IS:n verkkoa syötetään yhdeltä omalta 110/20 kV:n sähköasemalta ja Helsingin Energian omistamalta Mankalan vesivoimalaitokselta sekä tilapäisesti tarvittaessa Myllykoski Paper Oy:n omistamalta Vuolenkosken vesivoimalaitokselta.

Kausalan sähköaseman päämuuntaja on kooltaan 20 megavoltiampeeria (MVA). 20/04 kV muuntoasemia oli 308 kappaletta. IS:n keskijänniteverkostoa vuoden 2003 lopulla oli 334 km, josta 328 km ilmajohtoa ja 6 km maakaapelia.

2.2 KSS:n alueen keskijänniteverkosto

KSS:n keskijännitejakelualue muodostuu kaupunkiverkosta sekä maaseutuverkosta. Alueen kj-kaapelointiaste vuonna 2003 oli 21.2 %. KSS:n kj-verkkoa syötetään seitsemältä 110/20 kV:n sähköasemalta ja kolmelta vesivoimalaitokselta: Siikakoski, Verla ja Kannuskoski. Hinkismäen maakaasu- ja Kymin Voiman biovoimalaitos syöttävät tehonsa suoraan 110 kV:n alueverkkoon.

KSS:n kj-verkostossa oli vuoden 2003 lopussa johtoja yhteensä 999 km, josta 787 km ilmajohtoa ja 212 km kaapelia. Muuntoasemia oli 1083 kappaletta. 110 kV:n alueverkossa oli 23,7 km omaa ilmajohtoa. Seitsemällä sähköasemalla oli yhteensä 11 päämuuntajaa, jotka on esitetty tehoineen taulukossa 2.1.

Taulukko2.1. KSS Energia Oy:n päämuuntajat ja tehot asemittain

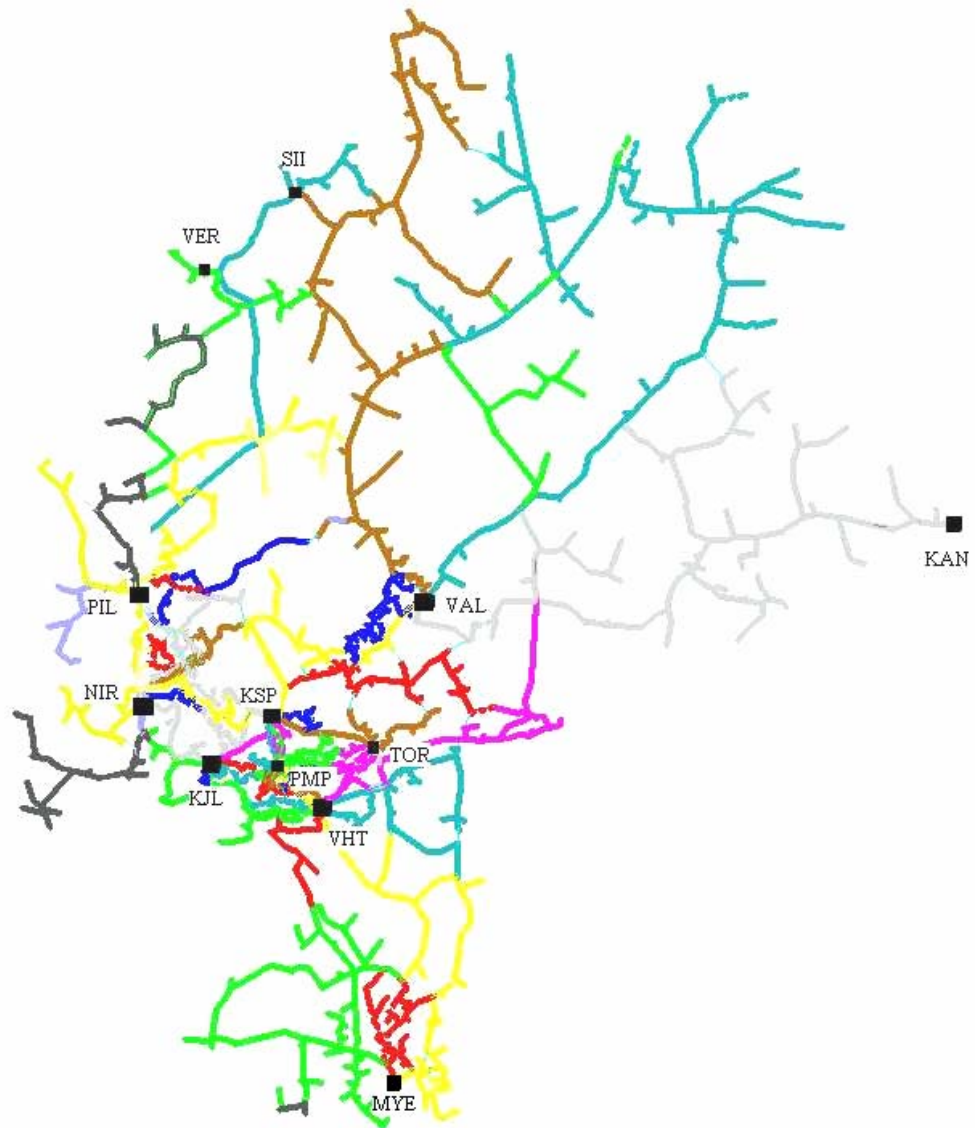
Sähköasema	Päämuuntaja	S_{mn} [MVA]
Vahteronmäki (VHT)	PM 1	25
	PM 2	25
Kuusaanlampi (KSP)	PM 1	25
	PM 2	25
Nirvistentie (NIR)	PM 1	16
	PM 2	25
Valkeala (VAL)	PM 1	10
	PM 2	10
Korjala (KJL)	PM 1	25
Myllykoski (MYE)	PM 1	20
Pilkanmaa (PIL)	PM 1	20

KSS:n kokonaan omistamien voimalaitosten tehot ja päämuuntajat on esitetty taulukossa 2.2. Voimalaitoksista Hinkismäki syöttää 110 kV alueverkkoa ja muut Kannuskoskea lukuun ottamatta kj-verkkoa. Kannuskoski on pieni pienjänniteverkkoon kytketty yksikkö.

Taulukko 2.2. KSS Energia Oy:n vesivoimalaitosten generaattori- ja muuntajatehot ja -jännitteet

Voimalaitos	S_G [MVA]	U_{mn} [kV]	Muuntaja	S_{mn} [MVA]
Siikakoski (SII)	1,3	3 / 20	M 1	1,3
Verla (VER)	1,5	1,3 / 20	M 1	2,2
	2,0	0,695 / 20	M 2	2,0
Kannuskoski (KAN)	0,4	0,4 / 20	M1026	0,315
Hinkismäki (HIN)	48,4	10 / 110	M 1	50

KSS Energia Oy:n kj-verkosto on esitetty kuvassa 2.2 ja liitteessä 2.



Kuva 2.2. KSS Energia Oy:n kj-verkosto, sähköasemat ja alueen voimalaitokset

3 VERKOSTOLLE ASETETUT VAATIMUKSET

Jakeluverkoston tulee olla teknisesti luotettava ja taloudellisesti toimiva kokonaisuus. Verkoston johtimien valintaa ei voi siis suorittaa pelkän taloudellisen eikä teknisen tarkastelun perusteella, vaan sen on myös täytettävä käyttöpaikan asettamat teknis-taloudelliset vaatimukset. Näitä vaatimuksia ovat taloudellisuuden lisäksi jännitteenalenema, kuormitettavuus, oikosulkukestoisuus ja rakenteen tulee täyttää olosuh-teiden asettamat vaatimukset.

Seuraavassa tarkastellaan niitä teknistaloudellisia vaatimuksia ja reunaehtoja joita KSS on verkostolleen asettanut ja miten sähköverkkoteorioissa yleisesti näitä asioita käsitellään.

3.1 Käytetyt parametrit

KSS:n verkoston tilaa laskettaessa käytettiin tämän työn aikana useampaa verkosto-laskentaohjelmistoa. IS:n aluetta laskettaessa oli käytössä Integra, KSS:n verkostos-sa Maestro sekä molemmissa Power Grid. Käytönvalvontajärjestelmänä KSS:ssä on Opera.

Laskelmia tehdessä käytettiin seuraavia laskentaparametrejä

– jännite	U	116 kV ja 20,7 kV
– tehokerroin	$\cos\varphi$	0,97
– investointien pitoaika	t	
	päämuuntajat	45 a
	20 kV kaapelit	40 a
	20 kV avojohdot	40 a
	20 kV johtoerotin	25-30 a
	20 kV kaukokäyttöerotin	20 a
	muuntajat	40 a
– jännitteenalenema		
	normaalitila $U_{hn, max}$	taajama 4 %, haja-asutus 7 %
	korvaustila $U_{hk, max}$	taajama 5 %, haja-asutus 10 %
– laskentakorko	p	6 %

– huipunkäyttöaika			
	IS:n verkosto	$t_{k, is}$	3 940 h
	KSS:n verkosto	$t_{k, kss}$	4 470 h
– häviöiden käyttöaika			
	IS:n verkosto	$t_{h, is}$	2050 h
	KSS:n verkosto	$t_{h, kss}$	2550 h
– häviöenergian hinta		H_w	41 € / MWh

Häviöiden hinnaksi on valittu kulloinkin voimassa olevan KSS:n energiapalveluhinnaston mukainen yksiaikaisen perustuotteen energiamaksu (alv 0 %).

3.2 Taloudellinen mitoitus

Sähköverkoston komponenttien pitoajat ovat yleensä pitkiä, suuruusluokaltaan kymmeniä vuosia. Tästä johtuen ei ole taloudellisesti järkevää rakentaa sellaista verkostoa, joka täyttää kaikki mahdollisesti pitoaikana lisääntyvät vaatimukset. Parhaaseen taloudelliseen tulokseen päästään optimoimalla rakentaminen jaksottaiseksi kulutuksen kasvun mukaan. Johtimien vaihtaminen tai uuden sähköaseman rakentaminen tulee kannattavaksi, jos vaihdolla saadaan aikaan komponenttien käyttöaikana suuremmat säästöt häviökuluissa kuin siitä syntyvät kustannukset ovat.

3.2.1 Häviöiden laskeminen

Häviöiden laskemista varten on tunnettava johdinta kuormittava teho. Tämä teho saadaan arvioitua verkkotietojärjestelmää apuna käyttäen. Useimmat järjestelmät laskevat myös johdolla syntyvän häviötehon. Eräs tapa symmetrisen kuorman kolmevaiheisen häviötehon P_h selvittämiseksi on laskea se yhtälöstä

$$P_h = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R_j \quad (3.1)$$

missä	R_j	johdon resistanssi
	U	pääjännite
	$\cos \varphi$	tehokerroin
	P	johdon kuormitusteho

Häviötehon aiheuttaman energiahäviön W_h voi laskea yhtälöllä

$$W_h = \hat{P}_h t_h \quad (3.2)$$

missä t_h häviötehon huipunkäyttöaika

\hat{P}_h häviön huipputeho

/1/

3.2.2 Uuden johdon taloudellinen mitoitus

Uuden johdon mitoitus tapahtuu vertailemalla eri poikkipintaisten johtojen häviöiden ja investointien kustannuksia keskenään mitoitusteholla. Häviökustannukset K_h voidaan laskea yhtälöistä

$$K_h = k_0 \kappa \quad (3.3)$$

$$\kappa = \varepsilon \frac{\varepsilon^t - 1}{\varepsilon - 1} \quad (3.4)$$

$$\varepsilon = \frac{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^2}{1 + \frac{p}{100}} \quad (3.5)$$

joissa k_0 ensimmäisen vuoden häviökustannus

ε kasvukerroin

t tarkastelu-aika

r tehon kasvuprosentti

p laskentakorko

κ diskonttauskerroin, jolla saadaan häviökustannusten nykyhetken diskontattu summa koko pitoajalta

Diskonttauskerroin κ voidaan laskea yhtälöistä (3.4) ja (3.5) kasvuprosentin ollessa vakio. Jos kasvuprosentti on aluksi kasvava r % vuodessa vuosia t' ja sen jälkeen vakio tarkastelujakson t loppuun, muuttuu κ seuraavasti

$$\kappa = \varepsilon \frac{\varepsilon^{t'} - 1}{\varepsilon_1 - 1} + \beta^{2t'} \frac{1}{\alpha^{t'+1}} \frac{\varepsilon_2^{t-t'} - 1}{\varepsilon_2 - 1} \quad (3.6)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\beta^2}{\alpha} = \frac{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^2}{1 + \frac{p}{100}} \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{1 + \frac{p}{100}} \quad (3.8)$$

Tällainen tilanne tulee vastaan sähköverkostossa, kun asuntoalue tms. valmistuu ja tehon käytön kasvu pysähtyy. /2/

Ensimmäisen vuoden häviökustannukset k_0 saadaan laskettua yhtälöllä

$$k_0 = H_p \frac{P_0^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R_j \quad (3.9)$$

missä	H_p	häviötehon hinta
	P_0	johdon huipputeho ensimmäisenä vuonna
	U	pääjännite

Häviötehon hinnaksi H_p voidaan johtaa

$$H_p = \frac{W_h H_w}{\hat{P}_h} = t_h H_w \quad (3.10)$$

missä	W_h	häviöenergia
	H_w	häviöenergian hinta
	\hat{P}_h	häviön huipputeho
	t_h	häviön huipputehon käyttöaika

Suuremman poikkipinnan valinta tulee kannattavaksi silloin, kun johtimen koko käyttöaikana häviöissä saavutetut säästöt ovat suuremmat kuin johtimien rakennuskustannusten välinen ero. Tätä kannattavuutta kuvaa epäyhtälö

$$(K_{h1} - K_{h2}) - (K_{01} - K_{02}) \kappa > K_v \quad (3.11)$$

missä	K_{h1}	johdon 1 koko pitoajan häviökustannukset
	K_{h2}	johdon 2 koko pitoajan häviökustannukset
	K_{01}	johtimen 1 häviökustannukset 1. vuonna
	K_{02}	johtimen 2 häviökustannukset 1. vuonna
	K_v	johtojen 1 ja 2 rakentamiskustannusten ero
	κ	diskonttauskerroin, jolla saadaan häviökustannusten nykyhetken diskontattu summa koko pitoajalta

3.2.3 Johdinten vaihdon taloudellinen mitoitus

Johtimien vaihtaminen tulee kannattavaksi silloin, jos ensimmäisen vuoden häviökustannusten ero on suurempi kuin investoinnin vuotuiserä. Silloin on voimassa epäyhtälö

$$K_{h1} - K_{h2} > a K_v \quad (3.12)$$

jossa	K_{h1}	tarkasteltavan johdon 1. vuoden häviökustannukset
	K_{h2}	suuremman johdon 1. vuoden häviökustannukset
	K_v	johdinvaihdon kustannukset
	a	annuiteettikerroin, jolla lasketaan investoinnin vuotuiserä

Annuiteettikerroin, tässä a ja jota merkitään yleisesti kirjallisuudessa c :llä, saadaan yhtälöllä

$$a = \frac{\frac{p}{100}}{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^t}} \quad (3.13)$$

missä p on laskentakorko ja t pitoaika. /2/

3.2.4 Rajatehon laskenta

Uutta johtoa mitoitettaessa voidaan käyttää yhtälöä (3.14), joka antaa sen rajatehon P_0 jota suuremmilla tehoilla poikkipinnaltaan suuremman johtimen käyttö on taloudellisempaa

$$P_0 > \sqrt{\frac{K_v}{\kappa H_p (R_{j1} - R_{j2})}} U^2 \cos^2 \varphi \quad (3.14)$$

missä	κ	diskonttauskerroin, jolla saadaan häviökustannusten nykyhetkeen diskontattu summa koko pitoajalta
	R_{j1}	tekniset ehdot täyttävän johtimen resistanssi
	R_{j2}	vertailtavan johtimen resistanssi
	K_v	johtojen 1 ja 2 rakentamiskustannusten ero

Yhtälöllä (3.15) voidaan laskea johdinvaihdolle rajateho, jolla vaihtaminen suurempaan poikkipintaan parhaan tuoton saavuttamiseksi tulisi tehdä. Tässä mitoituksessa otetaan huomioon häviö- ja investointikustannukset, mutta keskeytys- ja ylläpitokustannuksia ei huomioida.

$$P_0 > \sqrt{\frac{a K_v}{H_p (R_{j1} - R_{j2})}} U^2 \cos^2 \varphi \quad (3.15)$$

missä	P_0	johdon huipputeho ensimmäisenä vuonna
	H_p	häviötehon hinta
	R_{j1}	tarkasteltavan johtimen resistanssi
	R_{j2}	vertailtavan johtimen resistanssi
	K_v	johdinvaihdon investointikustannukset

Ensimmäistä rajatehon yhtälöä (3.14) voidaan myös käyttää johdon vaihdon rajatehon laskennassa. Silloin on huomattava, että K_v tarkoittaa johdinvaihdon investointikustannusta ja saavutettu häviökustannussäästö on koko johdon käyttöaikana yhtä suuri kuin johdinvaihdon investointikustannus. Tämä menetelmä on kuitenkin voimakkaasti riippuvainen johdon tehojen kasvusta tulevaisuudessa ja jos teho kasvaa

ennustettua vähemmän virheinvestoinnin vaara kasvaa. Toisella rajatehon yhtälöllä (3.15) lasketut säästöt häviöissä ovat yhtä suuret kuin investoinnin vuotuiserä ja tällöin vaihdon tuotto mahdollisimman suuri. Virheinvestoinnin riski pienenee tällä tavalla laskien, jos huomioidaan, ettei johdon teho saa pienentyä johdinvaihdon jälkeen. /3/

Taulukkoon 3.1 on laskettu muutamia johdinvaihdon rajatehoja. Laskennassa on käytetty KSS:ssä käytössä olevia alkuarvoja ja Senerin verkostosuositus KA2:03 kj-johdinvaihdolle määritellyjä kustannushintoja. /4/

Taulukko 3.1. Eräitä taloudellisemman poikkipinnan rajatehoja (MW)

Vanha johdin	Uusi johdin		
	Rv63	Pg99	A132
Fe14	0,47	0,51	0,49
Bantam (Bt16)	0,71	0,76	0,73
Swan (Sw25)	1,54	1,51	1,38
Sparrow (Sp40)	2,49	2,12	1,85
Raven (Rv63)	-	3,41	2,61

Taulukon lukuja tarkasteltaessa havaitaan, että KSS:n lähtöarvoilla johtimen poikkipinta kannattaa vaihtaa jo Sw25:stä alkaen suoraan A132:ksi.

Johdinvaihdon rajatehon laskelmaesimerkki liitteessä 9.

3.3 Jännitteenalenema

Verkoston eri osien jännitteenalenema määräytyy johtoreitin impedanssin ja osien kuormituksen perusteella sekä vaihtelee tästä johtuen eri aikoina, ja siksi sen huomiointi yhden verkoston osan mitoituksessa on epämääräistä. Yleinen käytössä oleva tapa on sallia koko keskijänniteverkolle tietty jännitteenalenema verkon mitoitusteholla. KSS:ssa on asetettu jännitteenalenemalle seuraavanlaisia rajoja käytön ja suunnittelun tarpeisiin.

Normaalitilanteessa kj-verkostossa sallitaan jännitteenaleneman ylärajana

- taajamissa 4 %
- maaseudulla, haja-asutusalueilla 7 %

Häiriötilanteessa voidaan jännitteenalenemana sallia

- taajamissa 5 %
- maaseudulla ja haja-asutusalueella 10 %

Verkoston saneeraus- ja uudisrakentamiskohteissa pyritään saavuttamaan jännitteenalenemaksi korkeintaan

- taajamissa 2 %
- maaseudulla ja haja-asutusalueilla 4 %

3.3.1 Jännitteenaleneman laskenta

Johdoissa syntyvän jännitteen aleneman U_h voi laskea likimääräisesti yhtälöllä (3.16), joka on kuitenkin yleensä riittävän tarkka. /2/

$$U_h = \sqrt{3} (I_p R + I_q X) \quad (3.16)$$

missä	U_h	jännitteenalenema pääjännitteellä
	R	tarkasteltavan johdon resistanssi
	X	tarkasteltavan johdon reaktanssi
	I_p	kuormitusvirran pätökomponentti
	I_q	kuormitusvirran loiskikomponentti

Toinen tapa laskea jännitteenalenema U_h on käyttää Suomen Sähkölaitosyhdistyksen verkostosuosituksen SA 5:94 jännitteenaleneman yhtälöä (3.17). /6/

$$U_h = 100 P l \frac{r + x \tan \varphi}{U^2} \quad (3.17)$$

missä	P	johdon kautta siirrettävä pätöteho [MW]
	l	johdon pituus [km]
	r	johtimen resistanssi [Ω / km]
	x	johtimen reaktanssi [Ω / km]
	U	jännite [kV]
	φ	vaihekulma

Tällä yhtälöllä (3.17) jännitteenalenema U_h saadaan suoraan prosentteina. Yleisesti käytetään kuitenkin laskennan helpottamiseksi kj-johdoille erikseen valmiiksi taulukoituja jännitteenalenemakertoimia K_{Uh} , jotka ilmoittavat kuinka monta prosenttia alenema on megawattia ja kilometriä kohden. Silloin yhtälö on muotoa

$$U_h = K_{Uh} P l \quad (3.18)$$

missä K_{Uh} on jännitteenalenemakerroin [% / MW, km]. /6/

3.3.2 Jännitteenalenemat KSS:n kj -verkossa

KSS:n jännitteenalenemat laskettiin käyttäen hyväksi verkkotietojärjestelmiä. Asetettuja rajoja ei ylitetty normaalitilanteessa, jos ei huomioida tilannetta jolloin Verlan ja Siikakosken vesivoimalat ovat irti verkosta. Suurimmat alenemat olivat Pilkamaan Verlan, Mankalan aseman Pohjois-Iitin ja Valkealan aseman Toikkalan lähdöillä, jotka ovat molemmat pitkiä maaseudun ilmajohtoja. Verlan lähtö ylittää laskennallisesti 1.3 % haja-asutusalueelle suositellun normaalitilan ylärajan 7 %, kun vesivoimalat ovat irtikytkettyinä. Taajama-alueiden kaapeliverkoissa jännitteenalenemat pysyvät tavoitetasossa, ollen pääosin alle 1,6 %. Asemien kj-lähtökohtaiset suurimmat jännitteenalenemat on taulukoitu kappaleen 4 eri asemien kuormitustaulukoiden yhteydessä.

3.4 Verkoston kuormitettavuus

Normaalitilanteessa kj-syöttöjohtojen kuormitusaste ei saa ylittää 70 % johtimen termisestä maksimikuormitettavuudesta, jotta häiriötilanteessa pystyttäisiin vaurioituneen johdon kuormitus siirtämään toisille syöttöjohdoille. Sähköasemanvaurion sattua on asemien väliset varasyöttöyhteydet ja päämuuntajatehot oltava siten mitoitettuja, että koko vaurioituneen sähköaseman kuorma pystytään korvaamaan toisaalta.

Yleensä taloudellisen rajatehokuormituksen mukaan mitoitettujen johdosten ovat myös kuormitettavuudeltaan oikein mitoitettuja. KSS:n sähköasemien ja kj-lähtöjen kuormituksia nykytilassa tarkastellaan kappaleessa 4.

3.5 Oikosulkukestoisuus

Jakeluverkko on oikosulkukestoinen, jos verkoston missään osassa ei ylitetä sen suurinta sallittua oikosulkuvirtaa. Suurin mahdollinen oikosulkuvirta syntyy vastuksettomassa kolmivaiheisessa oikosulussa. Oikosulkuvirtaa laskettaessa vikapaikan ja syöttöpisteen välisen kokonaisimpedanssin Z_k voi laskea kaavalla (3.19). /2/

$$Z_k = \sqrt{(R_k + R_m + R_j \cdot l)^2 + (X_k + X_m + X_j \cdot l)^2} \quad (3.19)$$

missä	R_k	syöttävän verkon oikosulkuresistanssi
	R_m	muuntajan oikosulkuresistanssi
	R_j	johdon oikosulkuresistanssi
	X_k	syöttävän verkon oikosulkureaktanssi
	X_m	muuntajan oikosulkureaktanssi
	X_j	johdon oikosulkureaktanssi
	l	johdon pituus

Oikosulkuvirta I_k on kääntäen verrannollinen syöttöpisteen ja oikosulkupisteen väliseen kokonaisimpedanssiin Z_k . Impedanssin pienentyessä syöttöpistettä lähestyttäessä oikosulkuvirta puolestaan kasvaa. Säteittäisen kj-verkon verkon alkupäässä olevat haarat muodostuvatkin usein tässä suhteessa ongelmapaikoiksi runkojohdon oikosulkukestoisuutta parannettaessa. Nekin on saneerattava oikosulkukestoiseksi, vaikka kuormitus tai muut seikat eivät sitä edellyttäisikään. Kolmivaiheisen oikosulkuvirran I_{k3} voi laskea yhtälöstä (3.20). /2/

$$I_{k3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (3.20)$$

missä	U	pääjännite
	Z_k	kokonaisimpedanssi

Johdon oikosulkukestoisuus määräytyy johdinmetallimateriaalien, poikkipintojen eristeaineiden ominaisuuksien ja sähködynaamisten voimien mukaan. Oikosulun kesto aika on johtimen kestoisuuden laskennassa merkitsevä tekijä. Oikosulkukestoisuus ilmoitetaan usein suurimpana sallittuna yhden sekunnin oikosulkuvirtana I_{k1} .

Tämä tarkoittaa virtaa, joka voi suurimmillaan vaikuttaa yhden sekunnin ajan johdon vaurioitumatta. Oikosulkuvirta voi olla tätä suurempi, jos sen kestoaika on alle sekunnin ja toisaalta pienempi ajan ylittäessä sekunnin.

Kantaverkon haltijan ilmoittamasta syöttävän verkon oikosulkuvirran I_{ks} ja vaihekulman φ_{ks} suuruudesta voidaan laskea syöttävän verkon keskijännitepuolelle redusoitu impedanssi Z_{ks} ja tämän impedanssin avulla saadaan syöttävän verkon redusoidut oikosulkureaktanssi X_{ks} ja – resistanssi R_{ks} . Yhtälöt muodostuvat seuraaviksi

$$Z_{ks} = \frac{U}{\sqrt{3} I_{ks}} \left(\frac{U_{N2}}{U_{N1}} \right)^2 \quad (3.21)$$

$$X_{ks} = Z_{ks} \sin \varphi_{ks} \quad (3.22)$$

$$R_{ks} = Z_{ks} \cos \varphi_{ks} \quad (3.23)$$

missä	U	syöttävän verkon jännite	
	U_{N1}	kantaverkon puoleinen nimellisjännite	
	U_{N2}	kj-verkon puoleinen nimellisjännite	/6/

3.5.1 Oikosulkukestoisuus KSS:n alueella

KSS:n sähköasemien suurimmat kolmivaiheiset oikosulkuvirrat I_{k3} on koottu verkko-tietojärjestelmien laskelmista ja ne ovat asemittain taulukossa 3.2 sekä lisäksi liitteessä 6 on esitetty pienimmät kaksivaiheiset oikosulkuvirrat I_{k2} kj-lähdöittäin.

Taulukko 3.2. Suurimmat oikosulkuvirrat syöttöpisteissä päämuuntajittain

Sähköasema	Päämuuntaja [MVA]	Max. oikosulkuvirta 20 kV kiskossa I_{k3} [kA]
Kausala	PM1 20	5,04
Manakala	PM1 10	3,47
Vahteronmäki	PM1 25	6,05
	PM2 25	6,10
Kuusaanlampi	PM1 25	5,95
	PM2 25	5,93
Nirvistentie	PM1 16	3,94
	PM2 25	5,92
Valkeala	PM1 10	4,92
	PM2 10	4,92
Korjala	PM1 25	5,83
Pilkanmaa	PM1 20	5,36
Myllykoski	PM1 20	4,93

Tarkasteltaessa johto-osuuksia KSS:n alueella oikosulkukestotonta johtoa oli vain Kausalan aseman Kaivomäki II lähdön muuntajalle M4029 menevä 0,9 km pitkä Bantam-haara. Johto-osuuden alkupään I_{k3} on 3,6 kA ja valmistajan ilmoittama johdon 1 sekunnin oikosulkukestoisuus I_{k1s} on vain 0,7 kA.

3.6 Oikosulkusuojaus

Suojauksen tarkoituksena on ehkäistä oikosulkuvirran johdoille ja muille verkoston osille aiheuttamat lämpenemisvauriot. Oikosulkusuojauksella pyritään erottamaan mahdollisimman nopeasti pienin rajattavissa oleva vioittuneen, oikosulussa olevan, verkon osa. Tavoitteena on myös taata jakelujärjestelmän turvallisuus käyttäjille sekä ulkopuolisille myöskin vikatapauksissa.

Avo- ja sekajohtoverkoissa käytetään yleensä pika- ja aikajälleenkytkentää (pjk ja ajk), koska avojohdimien ylikuormitus on harvinaista hyvän lämmönluovutuksen ansiosta. Jälleenkytkennöillä on huomattava lämpenemää lisäävä vaikutus. Puhtaissa maakaapeliverkoissa ei yleensä käytetäkään jälleenkytkentää, koska kaapelin kuormitettavuus voi ylittyä peräkkäisten yritysten lämmittäessä oikosulussa olevaa, huommin jäähtyvää kaapeliverkkoa.

Oikosulun kesto-aika on tärkeä osatekijä johdon oikosulkukestoisuuden kannalta. Yleensä johdolle ilmoitetaan yhden sekunnin oikosulkukestoisuus. Kestoisuus on siis

riippuvainen kestoajan pituudesta. Laskemalla tarkastelupisteen oikosulun ekvivalenttinen kesto aika, yhtälö (3.24), saadaan selville aika, jonka avulla voidaan laskea yhtälöä (3.25) käyttäen johtimen sallittu oikosulkuvirta tarkastelupisteessä. /2/. Tämä aika ottaa huomioon jälleenkytkentöjen aiheuttaman johtimien lämpenemisen ja ajk:n jännitteettömänä oloajan. Ekvivalenttinen kesto aika ja sallittu oikosulkukertoisuus lasketaan yhtälöillä

$$t = t_1 \cdot e^{\frac{-t_0}{\tau}} + t_2 \quad (3.24)$$

$$I_{kt} = \frac{I_{k1s}}{\sqrt{t}} \quad (3.25)$$

joissa	t	oikosulun kesto aika
	t_1	oikosulun kesto aika ennen ajk:n jännitteetöntä aikaa, joka sisältää releeseen aseteltujen hidastusaikojen summan lisättynä releen havahtumis- ja katkaisijan toiminta-aikojen summalla
	t_0	ajk:n jännitteetön aika
	τ	johtimen jäähtymisaikavakio
	t_2	ajk:n jälkeisen oikosulun kesto aika
	I_{kt}	johtimelle sallittu oikosulkuvirta kestoajalla t
	I_{k1s}	johtimen yhden sekunnin oikosulkuvirta

Havaitaan, että kun t on alle yhden sekunnin sallittu oikosulkuvirta kasvaa ja jos t ylittää sekunnin oikosulkuvirta pienenee.

Oikosulkusuojauksessa käytetään yleensä vakioaikaylivirtareleitä, joissa on suurilla virroilla tapahtuva pikalaukaisutoiminto. Sama rele toimii myös ylivirtasuojana. Suurimmat tarkasteltavat vikavirrat aiheutuvat vastuksettomasta kolmivaiheisesta oikosulusta. Suojauksen on kuitenkin toimittava myös johdon loppupään kaksivaiheisessa oikosulussa. Myös selektiivisyys on toteutettava peräkkäisten suojin varustetussa verkossa. Havahtumisvirran asetteluarvon on oltava suurempi kuin kuormitusvirta, mutta pienempi kuin kaksivaiheinen oikosulkuvirta ja peräkkäisten katkaisijoiden

ylivirtareleiden kyseessä ollessa niiden aikahidastukset on porrastettava aikaselektiivisiksi välikatkaisijoiden oikea-aikaisen toiminnan varmistamiseksi.

Kaapeliverkko suojataan oikosulun aiheuttamilta vikavirroilta usein pikalaukaisu- ja ylivirtareleillä. Maakaapeliverkolle on ominaista, ettei suojauksessa yleensä käytetä jälleenkytkentöjä johtimien lämpenemisen kautta aiheutuvan ylikuormituksen ehkäisemiseksi. Avojohtot suojataan edellisten suojien lisäksi myös jälleenkytkentälaitteilla. Pikajälleenkytkentä on usein riittävä suoja tilapäisten valokaarien sammuttamiseksi. Aikajälleenkytkentää voidaan avojohtoverkossa käyttää edellä mainitun avojohdon hyvän lämmönluovutuskyvyn ansiosta.

Oikosulkusuojauksen esimerkkilaskelma liitteessä 7.

3.6.1 Oikosulkusuojaus KSS:n alueella

KSS:n alueella kj-verkosto on osin puhdasta maakaapeli-, osin avojohto- sekä sekaverkkoa. Puhtaassa kaapeliverkossa suojaus on hoidettu ylivirtasuojilla ja useimmissa lähdoissa on myös pikalaukaisu. Avojohto- ja sekaverkot on suojattu laitepaketeilla, joissa on edellisten lisäksi mukana myös pj- ja ajk-toiminnot.

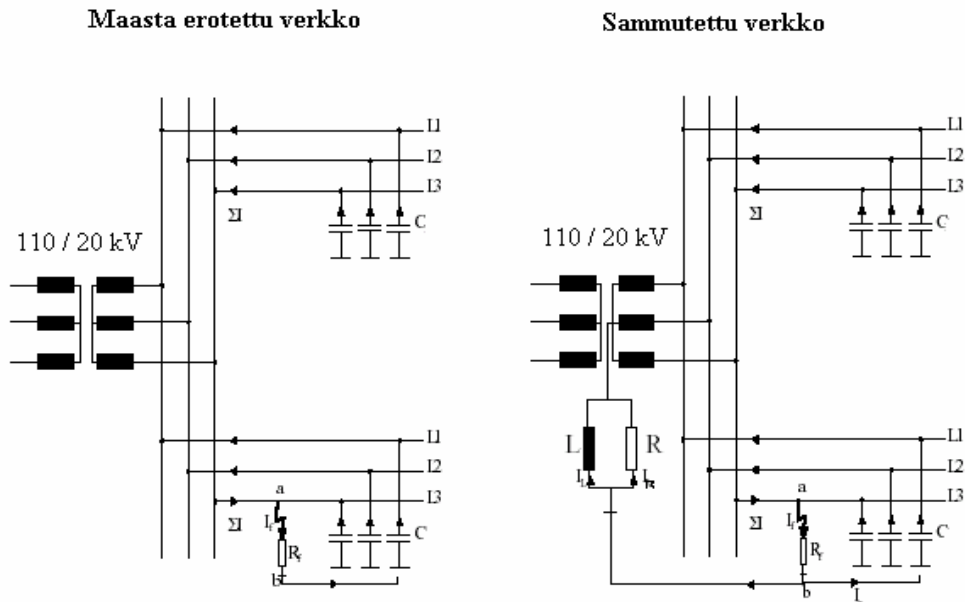
3.7 Maasulku

Maasulussa verkon jännitteinen osa joutuu kosketuksiin maan tai maadoitetun verkon osaan kanssa joko suoraan tai resistanssin kautta. Kosketus tapahtuu usein valokaaren välityksellä. Maasulku voi olla yksivaiheinen, kaksoismaasulku, kaksivaiheinen maaosulku ja se voi olla myös kuorman puoleisen johtokatkeaman synnyttämä maasulku.

Vikakohdassa kulkeva maasulkuvirta vaikuttaa maadoitusjännitteen ja sitä kautta syntyvien vaarajännitteiden suuruuteen. Ilmajohtoverkossa ja maakaapeliverkossa syntyvät maasulkuvirratt ovat eri suuria, koska maakaapelilla on moninkertainen maasulkuvirran synnyttämiskyky. Kaapeliverkoissa onkin huolehdittava maasulussa syntyvän suuren kapasitiivisen maasulkuvirran haittojen riittävästä rajoittamisesta. Suhteellisen lyhyt maakaapeliosuus sekaverkossa saattaa muuttaa huomattavasti

maasulkuvirran määrää ja maasulkujen esiintymistiheys avojohtoverkossa lisää ongelmaa.

Keskijänniteverkot ovat yleensä joko maasta erotettuja tai kompensoituja. Kuvassa 3.1 on esitetty maasta erotettu ja sammutettu verkko sekä maasulkuvirtojen kulku.



Kuva 3.1. Maasta erotettu ja sammutettu kj-verkko sekä maasulkuvirtojen kulku.

3.7.1 Maasta erotettu verkko

Maasta erotetussa verkossa ei nimensä mukaisesti ole johtavaa yhteyttä maahan edes tähtipisteessä paitsi jännitemuuntajien kautta. Kunnossa olevien vaihejohtimien maakapasitanssin kautta kulkevien varausvirtojen summa on nolla. Yksivaiheinen maasulku tapahtuu silloin jos vaihejohdin joutuu suoraan tai vikaimpedanssin kautta yhteyteen maan kanssa. Tällöin viallisen vaiheen jännite ja varausvirta pienenee, mutta terveiden vaiheiden jännitteet maata vasten sekä varausvirrat kasvavat. Kuorimitukset eivät häiriinny ennen katkaisijan toimintaa, koska vaiheiden väliset pääjännitteet pysyvät ennallaan.

Vikaresistanssin kautta tapahtuvassa yksivaiheisessa maasulussa maasulkuvirran ja nollajännitteen yhtälöt ovat

$$\underline{I}_e = \frac{j3\omega C_0 \underline{U}_v}{1 + j3\omega C_0 R_f} \quad (3.26)$$

$$\underline{U}_0 = \frac{-\underline{U}_v}{1 + j3\omega C_0 R_f} \quad (3.27)$$

missä	\underline{I}_e	maasulkuvirta
	C_0	vaiheen maakapasitanssi
	\underline{U}_v	viallisen vaiheen jännite ennen vikaa
	R_f	vikaresistanssi
	\underline{U}_0	nollajännite
	ω	$2\pi f$, jossa f on taajuus

Yhtälöistä (3.26) ja (3.27) voidaan johtaa maasulkuvirran ja nollajännitteen välinen yhtälö

$$\underline{I}_e = -j\omega 3C_0 \underline{U}_0 \quad (3.28)$$

Tästä yhtälöstä voi päätellä maasulkuvirran olevan 90° jäljessä nollajännitettä. /5/

Maasulkuvirran I_e itseisarvon suuruus vikaresistanssittomassa maasulussa, kun vikaresistanssi R_f on nolla voidaan laskea yhtälöllä (3.29) /6/

$$I_e = \sqrt{3} \omega C_0 U \quad (3.29)$$

missä	U	verkon pääjännite
	C_0	yhden vaiheen maakapasitanssi

Kun vikapaikassa on vikaresistanssia ja maasulkuvirta pienenee sen ansiosta, saadaan maasulkuvirta yhtälöllä (3.30).

$$I_e = \frac{\sqrt{3} \omega C_0 U}{\sqrt{1 + (3\omega C_0 R_f)^2}} \quad (3.30)$$

Verkon maasulkuvirran suuruus on lähes riippumaton maasulun paikasta verkossa. Maasulussa olevan johdon alkupäästä mitattava summavirta, jonka releet havaitsevat ei sisällä tämän johdon maakapasitanssin kautta kulkevaa osaa maasulkuvirrasta. Jos maasulku ei ole kyseisessä johdossa on kunnossa olevan johdon summavirta vain johdon oman maakapasitanssin kulkeva osa maasulkuvirrasta. Maasulussa olevan johdon summavirta on vastakkaisuuntainen kunnossa olevan johdon summavirralla. Virtojen kulkusuunnat on esitetty kuvassa 3.1.

Ilmajohdon maakapasitanssi on verrannollinen johdon kokonaispituuteen ja sen halkaisija, vaiheväli tai ripustuskorkeus vaikuttavat kapasitanssin arvoon suhteellisen vähän. Ukkojohtimettomaan 10-45 kV avojohtoverkon maasulkuvirta I_e voidaan laskea vikaresistanssittomassa maasulussa käyttäen likimääräistä yhtälöä (3.31), joka antaa keskijänniteverkkojen maasulkuvirran riittävällä tarkkuudella.

$$I_e \approx \frac{Ul}{300} \quad (3.31)$$

missä	U	pääjännite kilovoltteina
	l	kolmivaihejohtojen galvaanisesti kytketty kokonaispituus kilometreinä

Yhtälössä käytetään suoritettuihin mittauksiin perustuvaa keskimääräistä maakapasiteetin arvoa $C_0 = 6,13 \text{ nF / km}$ vaihetta kohti, joka sisältää myös muuntajien maakapasitanssit. PAS-johdoilla voidaan likimääräisessä tarkastelussa jakajaan vaihtaa luku 350 luvun 300 tilalle. /5, 6/

Kaapelin johtimien ja maan välinen kapasitanssi riippuu kaapelityypistä, eristeaineesta, johtimien poikkipinnasta ja lämpötilasta. Tästä johtuen kaapelien kapasitanssiarvot vaihtelevat suuresti ja käytännössä on laskelmissa käytettävä kaapelivalmistajilta saatavia arvoja. Tapauksessa jossa halutaan määritellä likiarvoisesti maakaapelissa syntyvä maasulkuvirta voidaan käyttää likiarvokaavaa (3.32).

$$I_e \approx \frac{Ul}{5} \quad (3.32)$$

missä	U	pääjännite kilovoltteina
	l	kolmivaihejohtojen galvaanisesti kytketty kokonaispituus kilometreinä

Kaapeleille ilmoitetaan usein kaavalla (3.29) laskettu maasulkuvirran kehittymisen ominaisarvo A/km. Esimerkiksi AHXAMK-W 120 arvo on 2,63 A/km, jos laskentajännitteenä on käytetty 21 kV ja maa- ja käyttösuskeptanssin ominaisarvo on 72,3 $\mu\text{S}/\text{km}/\text{vaihe}$ ominaiskapasitanssin ollessa 0,23 $\mu\text{F}/\text{km}/\text{vaihe}$.

Sellaisessa verkossa jossa ilmajohtojen vaihejohtimet ovat aina samoissa paikoissa pylvääseen nähden muodostuvat vaiheiden maakapasitanssit erilaisiksi ja nollajännitettä U_0 syntyy kunnossakin olevillakin johtimilla. Tämä on haitallista, koska jänniteasettelua on nostettava ja suurivikaresistanssisten maasulkujen havaitseminen vaikeutuu. Tilanteen voi korjata johtimien vuorottelulla eri johtohaaroilla ja yleensä verkkojen monihaarausudesta johtuen tästä ei aiheudu lisäkustannuksia.

Maasulkuvirtojen pienentämiseksi on lähinnä kaksi keinoa, jotka ovat maasta erotetun verkon syöttömuuntajien syöttämien galvaanisesti yhteen kytkettyjen johtojen pituuden rajoittaminen eli jakaminen pienempiin osiin tai verkon synnyttämän maakapasitanssin kompensointi. /5/

3.7.2 *Kompensoitu verkko*

Kompensoidulla verkolla tarkoitetaan sellaista verkkoa, jossa yhden tai useamman muuntajan tähtipisteeseen on kytketty kompensointikela eli - kuristin. Kompensointi tapahtuu siten, että kuristimen induktiivinen reaktanssi pyritään mitoittamaan ja asetelemaan lähelle verkon kapasitiivisen reaktanssin suuruutta. Yksivaiheisen maasulun aikana suurin osa vikavirrasta kulkee kuristinkelan kautta ja maasulkupaikan läpi kulkee vain kuristimen epävireydestä johtuva maasulkuvirta. Koska kuristimen induktiivinen virta kompensoi maakapasitanssin läpi kulkevaa kapasitiivista virtaa jää maasulkuvirraksi pieni osa vastaavan maasta erotetun verkon maasulkuvirrasta.

Kompensoidun verkon maasulkuvirran eli jäännösvirran ja nollajännitteen itseisarvot saadaan yhtälöistä (3.33) ja (3.34). /5/

$$I_e = \frac{\sqrt{1 + R_0^2 \left(3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}{\sqrt{(R_f + R_0)^2 + R_f^2 R_0^2 \left(3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} \frac{U}{\sqrt{3}} \quad (3.33)$$

$$U_0 = \frac{R_0}{\sqrt{(R_f + R_0)^2 + R_f^2 R_0^2 \left(3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} \frac{U}{\sqrt{3}} \quad (3.34)$$

missä R_0 kuristimen rinnalle kytkettävä häviöresistanssi
 L kuristimen induktanssi

R_0 sisältää kuristimen ja verkon häviöresistanssit sekä mahdollisesti kuristimen rinnalle kytketyn lisävastuksen, joka pienentää R_0 :n arvoa. Tämän lisävastuksen tarkoituksena on suurentaa maasulkuvirran pätökomponenttia, jotta releet tunnistavat sen. Vastus kytketään maasulkutilanteessa vain lyhyeksi aikaa, jos vika ei ole poistunut kompensoinnin ansiosta. Vika voidaan havaita nollajännitereleen havahtumisesta.

Verkon ollessa täysin kompensoitu eli kun yhtälö (3.35) on voimassa, yksinkertaistuu I_e :n ja U_0 :n lausekkeet yhtälöiden (3.36) ja (3.37) muotoon. /5/

$$3\omega C_0 = \frac{1}{\omega L} \quad (3.35)$$

$$I_e = \frac{U}{\sqrt{3}(R_f + R_0)} \quad (3.36)$$

$$U_0 = \frac{R_0 U}{(R_f + R_0)\sqrt{3}} \quad (3.37)$$

Myös kunnossa olevassa kompensoidussa verkossa esiintyy vaiheiden epäsymmetriasta johtuvaa nollajännitettä.

Koska kompensointikuristimen ja maakapasitanssien resonanssitaajuus on 50 Hz, voi nollajännite muodostua huomattavan suureksi. Vuorottelemattomassa kj-verkossa voi kunnossa olevan verkon suhteellinen nollajännite olla kymmeniä prosentteja. Tällöin nollajännitettä voi pienentää tähtipistevastuksella, mutta parempi tapa on symmetroida verkoston eri vaiheiden maakapasitanssit. /5/

Maasulkuvirran kompensoinnilla saavutetaan seuraavia etuja

- Valokaari sammuu paremmin kuin samalla virralla maastaerotetussa verkossa, koska palaava jännite kasvaa suhteessa hitaammin.
- Maasulkukohdan läheisyydessä esiintyvä vaarajännite vähenee maasta erotettuun verkkoon nähden.
- Maasulkuvalokaarien aiheuttamat lyhytaikaiset jakelukeskeytykset vähenvät n. 70-90 %.
- Toimintojen väheneminen lisää katkaisijoiden kestoikää.
- Kompensoinnin suojaava vaikutus ulottuu verkon kaikkiin osiin, myös kytkinlaitoksiin.
- Jos verkkoa käytetään maasulussa tehonkulutus pienenee ja kuumeneminen sekä palaminen vähenee vikapaikassa.
- Suojakipinäväliden käyttö tehostuu, koska kipinäväli voidaan lyhentää valokaarien sammussa itsestään. Kipinäväliden lyhentäminen vähentää kalliimpien ylijännitesuojien tarvetta kipinäväliden suojausominaisuuksien parantuessa.
- Verkoston komponenttien vaurioituminen vähenee maasulkuvirran vaikutusajan lyhetessä.
- Esimerkiksi vaiheen katkeamisen aiheuttama verkon epäsymmetria voidaan usein ilmaista herkemmin.
- Terveiden vaiheiden ylijänniterasitus vähenee ja maasulun muuttuminen oikosuluksi yksivaiheisissa maasuluissa vähenee.

Maasulkuvirran kompensointiin liittyy myös seuraavia epäkohtia

- Lyhytkin kuristimen poistaminen käytöstä muuttaa maasulkuvirran suuruutta ja vaihetta. Tämä on otettava huomioon releistyksessä ja käytön suunnittelussa.
- Galvaanisesti yhteen kytketty verkko pitää olla sopiva, ei liian suuri eikä liian pieni. virityksen epätarkkuus on pysyttävä kohtuullisissa rajoissa, joka rajoittaa verkon käyttötilannesovelluksia.
- Suuremmat vaatimukset verkon symmetrialle, koska nollajännite nousee muuten terveelläkin verkolla liian suureksi.
- Releistyksen toteutus vaikeutuu. Asettelujen tarkkuusvaatimus on suurempi kuin maasta erotetussa verkossa.
- Kompensoinnin lisäkustannukset. /5/

3.7.3 Maadoitusjännite

Maasulkuvirta I_e , joka syntyy vikapaikassa aiheuttaa tapaturman ja omaisuuden vaa-
raa. Maasulkuvirran kulkiessa maadoitetun osan kautta syntyy maadoitusjännite U_m .
Se voidaan laskea yhtälöllä (3.38). /6/

$$U_m = R_m I_e \quad (3.38)$$

missä R_m on maadoitusresistanssi.

Suurjänniteasennuksia koskevan standardin SFS 6001 liite Y jättää sähköturval-
lisuusmääräykset voimaan ja ennen standardin voimaantumista rakennettujen maa-
doitusten maadoitusjännitteelle U_m ylärajan, joka määräytyy maadoituskohteen, maa-
doituksen toteuttamistavan ja maasulun yhtäjaksoisen kestoajan mukaan. Yhtälön
(3.38) mukaan maadoitusjännitettä voidaan alentaa kahdella tavalla, joko maadoi-
tusresistanssia tai maasulkuvirtaa pienentämällä. Yhtälö (3.39) on esimerkki suurim-
masta määritellystä maadoitusjännitteestä U_{mmax} tapauksessa, jossa muuntajan käyttö-
ja suojamaa ovat yhdistetty, kuten KSS:n verkossa on tehty.

$$U_{mmax} = \frac{500}{\sqrt{t}} \quad (3.39)$$

missä t on maasulun kesto aika. Standardin SFS 6001 mukaisissa maadoituksissa sallittu maadoitusjännite määritellään standardin kokemusperäisiin mittauksiin perustuvien käyrästöjen ja laskentaohjeiden avulla. Arvot ovat uudella tavalla määritettynä tiukempia kuin aiemmin sähköturvallisuusmääräysten mukaiset. /7/

3.7.4 Maasulkuvirrat KSS:n alueella

Maasulkuvirtojen I_f arvot on laskettu käyttäen apuna verkkotietojärjestelmiä. Taulukossa 3.3 on esitetty KSS:n alueen maasulkuvirrat. Liitteessä 6 on esitetty sähköasemittain kj-lähtöjen maasulkuvirrat .

Taulukko 3.3. Suurimmat maasulkuvirrat syöttöpisteissä päämuuntajittain

Sähköasema	Päämuuntaja [MVA]	Johtopituus ilmajohto / kaapeli [km]	Maasulkuvirta	Maasulkuvirta	
			0 Ω I_f [A]	500 Ω I_f [A]	
Kausala	PM1	20	150,0 / 3,2	19,1	14,9
Mankala	PM1	10	178,6 / 0,9	17,5	14,2
Vahteronmäki	PM1	25	82,8 / 63,9	109,3	23,4
	PM2	25		120,8	23,6
Kuusaanlampi	PM1	25	45,5 / 62,0	128,2	23,6
	PM2	25		72,1	22,8
Nirvistentie	PM1	16	31,4 / 38,1	63,6	22,5
	PM2	25		61,8	22,4
Valkeala	PM1	10	325,4 / 16,1	66,0	22,6
	PM2	10			
Korjala	PM1	25	23,0 / 30,2	55,9	22,1
Pilkanmaa	PM1	20	156,3 / 10,2	47,1	21,4
Myllykoski	PM1	20	92,6 / 7,5	32,8	19,4

Havaitaan, että maasulkuvirrat ovat suuret Vahteronmäen, Kuusaanlammen, Nirvistientien ja Valkealan alueilla. Maasulkuvirtojen laskentaesimerkki on liitteessä 8.

3.8 Maasulkusuojaus

Maasulkusuojauksen on toimittava, jos maasulku kohdistuu suojamaadoitettuun osaan ja suojamaadoittamattomaan paikkaan tapahtuvassa maasulussa, kun vikaresistanssi R_f on pienempi kuin 500 Ω . Suositeltavaa on kuitenkin, että suojaus toimii tätäkin suuremmilla vikaresistanssin arvoilla. PAS-johdoilla maasulkusuojauksen on toimittava niin suurilla vikaresistanssin arvoilla kuin tavanomaisilla suojaustekniikoilla on mahdollista. Maasulkusuojaus voidaan toteuttaa joko hälyttävänä tai laukaisevana. Hälytys toteutetaan yleensä verkon nollajännitettä U_0 valvovalla vakioaikaylijännitereleellä. Selektiivinen laukaisu voidaan toteuttaa maasta erotetuissa verkoissa johtokohtaisien nollavirtareleiden tai nollajännitteeseen ja nollavirtaan kytkettyjen suuntareleiden avulla. Nykyiset suuntareleet perustuvat vaihekulmamit-

taukseen. Kompensoidussa verkossa ei selektiivistä suojausta voi toteuttaa nollavirtareleillä eikä loistehoon tai –virtaan perustuvilla suuntareleillä, vaan on käytettävä päto- tai pätövirtasuuntareleitä

3.8.1 Maasulkusuojaus KSS:n alueella

KSS:n keskijänniteverkostossa maasulkusuojaus on pääosin toteutettu lähdöttäisillä nollajännite-, summavirta ja suuntakulmareleistyksellä. Suojaus on laukaisevaa tyyppiä. KSS:n kj-verkossa ei toistaiseksi ole kompensointikuristimia, mutta näiden hankintaa on suunniteltu, koska joillakin sähköasemilla maasulkuvirrat kohoavat suuriksi. Suoritettua verkkotietojärjestelmälaskennassa ei havaittu puutteita maasulkusuojuksessa millään johto-osalla, mutta maadoituksia on parannettava Vuolenkosken alueella.

4 KUORMITUKSET NYKYTILASSA

Kuormitusten nykytilana on käytetty verkkotieto- ja käytöntukijärjestelmistä saatuja päämuuntajien ja kj-lähtöjen kuormituksen huipputehoja verkoston ollessa laskentahetken kytkentätilanteessa.

4.1 Päämuuntajien kuormitukset

KSS:n sähköasemien päämuuntajien laskentahetken kytkentätilanteen huippukuormitustehot ja -asteet esitetään taulukossa 4.1. Valkealan sähköaseman päämuuntajat ovat rinnankytkentäkäytössä, muiden asemien päämuuntajat syöttävät tehonsa erillisinä muuntajina.

Taulukko 4.1. KSS:n sähköasemien päämuuntajien huipunaikainen kuormitus.

Sähköasema	Päämuuntajan		Kuormituksen huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]
	nimellisteho [MVA]			
Kausala	PM1	20	14,0	70,0
Vahteronmäki	PM1	25	13,9	55,4
	PM2	25	14,4	57,4
Kuusaanlampi	PM1	25	14,5	58,1
	PM2	25	6,2	24,9
Nirvistentie	PM1	16	8,9	55,7
	PM2	25	7,4	29,5
Valkeala	PM1	10		
	PM2	10	12,3	61,3
Korjala	PM1	25	9,7	38,8
Pilkanmaa	PM1	20	14,2	70,9
Myllykoski	PM1	20	10,6	52,8

Sähköasemien huipunaikaisen kuormituksen tarkastelusta käy ilmi, että kaikilla päämuuntajilla on nykytilassa ja laskentahetken kytkentätilanteessa reservitehoja, joita tarvitaan toisten sähköasemien päämuuntajien häiriötilanteiden aiheuttamien tehovajeiden korvaamiseen. Päämuuntajien käytöntukijärjestelmään tallennetut mitatut huippukuormitustehot eivät poikkea oleellisesti laskennallisista, kun ottaa huomioon mahdolliset erilaiset jakorajatilanteet.

4.2 Keskijännitelähtöjen kuormitukset

4.2.1 Kausala

Kausalan asema syöttää viittä keskijännitelähtöä. Lähdöt ovat maakaapelia ensimmäiselle pylvälle ja siitä eteenpäin pääosin ilmajohtoa.

Kausalan sähköaseman kj-lähtöjen kuormitusasteet, huipputehot, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2. Kausalan aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

KAUSALA Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviö [MWh / a]	Jän.alenema [%]
Kausala (KSAL01)	8,9	3,8	49	18	50	0,9
Kaivomäki I (KSAL03)	5,1	4,2	58	13	30	0,9
Kaivomäki II (KSAL05)	66,3	1,8	22	22	44	3,2
Tillola (KSAL06)	21,6	2,5	36	15	30	1,5
Iitti kk (KSAL08)	51,4	1,8	25	17	42	2,4

Kausalan sähköaseman risteilykertoimeksi saatiin 0,993. Risteilykerroin ilmoittaa kuinka paljon kj-lähtöjen huippukuormitukset risteilevät summattaessa päämuuntajien huippukuormituksia kulutuspisteiden erilaisten kuormituskäyrien vuoksi.

Sähköaseman kj-lähtöjen jännitteenalenemat pysyvät nykytilan huippukuormilla hyvin taajama-alueelle sallituissa rajoissa vaikka Kaivomäki II lähtö sisältääkin suurelta osaltaan maaseutuverkkoa. Kuormitusasteet eivät nouse liian korkeiksi.

4.2.2 Mankala

Mankalan voimalaitos ei ole KSS:n omistuksessa, mutta se syöttää normaalitilanteessa yhdellä päämuuntajalla IS:n verkkoa ja on siksi huomioitava tässä tarkastelussa. Mankalan voimalaitoksen IS:n alueen 10 MVA päämuuntaja syöttää kahta kj-lähtöä. Lähdöt ovat maakaapeleina ensimmäiselle pylvälle ja pääosin ilmajohtoina siitä eteenpäin.

Mankalan voimalaitoksen IS:n aluetta syöttävien kj-lähtöjen kuormitus tilanne, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3. Mankalan aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

MANKALA Johtolähdöt	Johto- pituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jän.alenema [%]
Pohjois-Iitti (MAN1)	117,1	2,4	24	80	135	6,5
Etelä-Iitti (MAN2)	64,3	1,9	20	11	24	1,7

Mankalan voimalaitoksen IS:n kj-verkkoa syöttävien kj-lähtöjen risteilykertoimeksi saatiin 0,977. Mankalan sähköaseman lähtöjä tarkastellessa kiinnittyy huomio MAN1-lähdön suureen johtopituuteen ja suurehkoon jännitteenalenemaan. Johdon tehohäviö on suuri siinä siirrettävään tehoon nähden, joka selittyy johtovälillä ennen Kymentaan erotinasemaa olevien pitkien Raven osuuksien (4,1 km) aiheuttamilla häviöllä.

4.2.3 Vahteronmäki

Vahteronmäen sähköaseman kaksi nimellistä teholtaan 25 MVA päämuuntajaa, jotka syöttävät tässä kytkentätilanteessa 13 kj-lähtöä. Lähdöt ovat osin puhtaita maakaapeli- ja osin sekaverkkolähtöjä.

Vahteronmäen sähköaseman kj-lähtöjen pituus, nykytilan kuormitus tilanne, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin on esitetty taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4. Vahteronmäen aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

VAHTERONMÄKI Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Paimenpolku I (VHTL02)	11,7	5,3	46	45	119	1,1
Paimenpolku II (VHTL06)	5,9	2,9	25	12	28	0,6
Tornionmäki (VHTL08)	5,3	5,2	41	68	95	1,6
Vahteronkatu (VHTL09)	5,1	3,6	44	14	32	0,6
Lyhtykuja M0829 (VHTL10)	5,8	3,3	25	21	65	0,8
Lylykaari (VHTL11)	9,7	1,7	14	1	3	0,2
Utti (VHTL12)	26,1	0,8	8	8	11	1,2
Kiehuva (VHTL13)	17,4	1,1	14	3	7	0,6
Ojamaantie (VHTL14)	25,8	0,7	6	2	2	0,3
Sarkola (VHTL16)	6,0	1,4	11	2	4	0,1
Keskusta M0166 (VHTL18)	6,5	2,7	25	6	18	0,3
Penttilä (VHTL20)	5,6	3,2	24	14	22	0,6
Ojaniitty (VHTL22)	15,7	4,1	53	40	126	1,3

Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,806.

Vahteronmäen kj-lähtöjen jännitteenalenemat pysyvät nykytilan huippukuormilla hyvin taajamassa sallitun rajan alapuolella ja kuormitusasteet eivät nouse vielä liian korkeiksi, vaikka alueella on osin vanhoja pieni poikki-pintaisia kj-maakaapeleita.

4.2.4 Kuusaanlampi

Kuusaanlammen sähköaseman kaksi nimellinäennäisteholtaan 25 MVA päämuuntajaa syöttävät tässä kytkentätilanteessa 10 kj-lähtöä. Keskijännitelähdöt ovat osin puhtaita maakaapeli- ja osin sekaverkkolähtöjä.

Kuusaanlammen sähköaseman nykytilan kuormitustilanne, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdeittäin on esitetty taulukossa 4.5.

Taulukko 4.5. Kuusaanlammen aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

KUUSAANLAMPI Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Saksanaho E198 (KSPL02)	8,7	2,4	21	15	48	0,9
Ravikylä M0048 (KSPL04)	5,3	2,5	22	6	15	0,3
Paimenpolku sähköas. (KSPL05)	7,3	3,6	25	13	32	0,4
Kuusaanlampi M0840 (KSPL07)	10,6	4,7	41	37	115	1,1
Heparo E199 (KSPL08)	23,4	1,9	15	14	30	1,5
Mieho E200 (KSPL09)	17,2	1,3	11	5	7	0,7
Vaahtermäenlehto (KSPL10)	5,8	3,5	41	12	18	0,5
Katajaharju (KSPL11)	9,7	2,6	34	17	56	0,8
Ravikatu (KSPL12)	14,8	1,1	9	4	11	0,5
Putkitechdas (KSPL14)	4,9	1,0	8	2	4	0,2

Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,846.

Sähköaseman kj-lähtöjen jännitteenalenemat ovat nykytilassa kaikilla lähdöillä 1,5 % tai alle ja ovat hyvin tavoitetasossa. Kuormitusaste pysyy 41 % tai alle ja on myös hyvin sallituissa rajoissa. Lähdön KSPL07 suurelta vaikuttava häviöenergian määrä selittyy johtopituuden ja siirretyn tehon vaikutuksella.

4.2.5 Nirvistentie

Nirvistentien sähköasemalla on kaksi päämuuntajaa. PM1 on 16 MVA ja PM2 25 MVA nimellisteholtaan. Päämuuntajat syöttävät tässä kytkentätilanteessa 9 kj-lähtöä. Lähdöt ovat osin puhtaita maakaapeli- ja osin sekaverkkolähtöjä.

Sähköaseman päämuuntajien nykytilan kuormitustilanne, huipputehot, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin taulukossa 4.6.

Taulukko 4.6. Nirvistentien aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

NIRVISTENTIE Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Töyrylä (NIRL02)	10,2	1,4	13	1	1	0,2
Keskuslaitos (NIRL04)	5,5	0,4	5	0	0	0
Voikkaa (NIRL08)	8,7	2,2	28	9	21	0,6
Keskusta (NIRL10)	13,3	3,9	51	48	66	1,7
Heinharju (NIRL11)	8,6	2,0	15	4	5	0,4
Kyminpuoli (NIRL12)	4,2	1,5	20	2	3	0,2
Leca (NIRL13)	2,8	1,6	13	2	4	0,2
Viertolantie (NIRL14)	4,8	2,2	23	7	15	0,4
Maunuksela (NIRL16)	11,3	3,6	33	19	48	0,8

Nirvistentien sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,859.

Nirvistentien sähköaseman jännitteenalenemat ja kuormitukset pysyvät tavoite-
tasossa, vaikka keskustan lähtö NIRL10 onkin kuormitusasteeltaan 51 % ja lähdön
häviötehon ja -energian määrästä voi havaita johtoreitin vanhojen pienipoik-
kipintaisten kj-maakaapelien vaikutuksen häviöön.

4.2.6 Valkeala

Valkealan sähköaseman kaksi nimellinäennäisteholtaan 10 MVA päämuuntajaa
syöttävät tässä kytkentätilanteessa kuutta kj-lähtöä. Päämuuntajat ovat rinnanky-
kettynä, koska asemalla on käytössä yksikiskojärjestelmä, joka estää päämuuntajien
erilliskäytön. Lähdöt ovat maakaapelia ensimmäisille pylväille ja ilmajohtoa siitä
eteenpäin.

Valkealan sähköaseman päämuuntajien nykytilan kuormitustilanne, huipputehot,
häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin taulukossa 4.7.

Taulukko 4.7. Valkealan aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

VALKEALA Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Selänpää (VALL03)	80,6	2,9	31	30	75	2,7
Miettula (VALL05)	91,5	1,3	10	35	91	4,1
Jokela (VALL06)	16,1	5,4	42	71	150	2,0
Toikkala (VALL07)	85,8	2,0	13	58	56	5,7
Teollisuusalue (VALL08)	6,0	0,9	8	1	3	0,2
Tuohikotti (VALL09)	61,5	1,9	12	68	148	5,4

Valkealan sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,851.

Valkealan sähköaseman kj-lähtöjen jännitteenalenemat ja häviöt ovat KSS:n kj-verkon keskimääräistä suuremmat asemalle tyypillisen maaseutuverkon pitkistä johtoreiteistä johtuen.

4.2.7 Korjala

Korjalan sähköasemalla on yksi päämuuntaja nimellinäennäisteholtaan 25 MVA. Päämuuntaja syöttää tässä kytkentätilanteessa kuutta kj-lähtöä. Lähdöt ovat osin maakaapeli- osin ilmajohtolähtöjä. Sähköaseman päämuuntajien nykytilan kuormitustilanne, huipputehot, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdoittäin taulukossa 4.8.

Taulukko 4.8. Korjalan aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

KORJALA Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Korjalankatu (KJLL09)	2,9	2,0	26	1	3	0,1
Vahteronmäki (KJLL15)	1,9	2,0	27	2	5	0,1
Kasarminmäki (KJLL17)	4,2	2,9	38	7	19	0,4
Pytäränkatu (KJLL18)	11,2	0,6	7	0	1	0,1
Keltti (KJLL19)	27,5	0,9	12	2	4	0,4
Kaunisnurmi (KJLL23)	5,2	2,6	34	8	27	0,5

Korjalan sähköaseman päämuuntajan nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,885.

Korjalan sähköaseman jännitteenalenemat ja kuormitusasteet täyttävät hyvin uudelle verkostolle taajamissa asetetut ehdot, koska pääosa kj-lähtöjen johdoista on suhteellisen uusia ja lyhyitä johtopituudeltaan sekä lähtöjen poikkipinnat riittäviä kuormitukseen nähden.

4.2.8 Pilkkanmaa

Pilkanmaan sähköasemalla on yksi päämuuntaja nimellinäennäisteholtaan 20 MVA. Päämuuntaja syöttää tässä kytkentätilanteessa yhdeksää kj-lähtöä. Lähdöt ovat osin maakaapeli- osin ilmajohtolähtöjä.

Sähköaseman päämuuntajan nykytilan kuormitustilanne, huipputehot, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin taulukossa 4.9.

Taulukko 4.9. Pilkanmaan aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

PILKANMAA Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Kymenranta (PILL03)	6,6	2,7	44	12	17	0,7
Verla (PILL04)	33,3	3,1	38	209	534	8,4
Oravala (PILL05)	42,8	1,7	15	25	73	3,0
Voikkaa (PILL07)	5,1	1,6	21	4	12	0,3
Hirvelä (PILL08)	31,5	1,9	21	7	12	1,0
Mattila (PILL09)	13,6	0,8	9	2	5	0,3
Tähtee (PILL10)	13,4	3,3	27	21	31	1,1
Peräsaari (PILL12)	10,0	0,4	3	0	0	0,1
Kollinsuo (PILL13)	10,2	0,3	2	0	0	0,1

Pilkanmaan sähköaseman päämuuntajan nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,897.

Pilkanmaan aseman kj-lähdöt ovat pääosin maaseudun ilmajohtoverkkoa ja kuormitusasteet pieniä. Jännitteenalenemat ovat muissa lähdöissä kuin PILL04-lähdöllä tavoitetasossa ja häviöt määrällisesti vähäisiä kevyestä kuormituksesta johtuen. Todellisuudessa PILL04-lähdöllä jännitteenalenema ei kuitenkaan ole näin suuri. Tämän eli Verlan lähdön jännitteenalenema kasvaa näissä laskelmissa haja-asutusalueelle sallitun tavoitetaso yläpuolelle, koska lähdön loppuosalla ovat suurella piste-kuormalla Kalson tehtaat ja laskentateknillisistä syistä kyseisellä kj-lähdöllä olevien vesivoimaloiden syöttämän tehon vaikutusta ei ole voitu ottaa huomioon. Jos nämä vesivoimalaitokset eivät ole verkossa jännitteenalenema on laskennallisesti 8.4 % ja sitä arvoa käytetään muissa laskelmissa.

4.2.9 Myllykoski

Myllykosken sähköasemalla on yksi päämuuntaja nimellinäennäisteholtaan 20 MVA. Päämuuntaja syöttää tässä kytkentätilanteessa kolmea kj-lähtöä. Lähdöt ovat osin maakaapeli- osin ilmajohtolähtöjä. Sähköaseman päämuuntajan nykytilan kuormitustilanne, huipputehot, häviöt ja suurimmat jännitteenalenemat lähdöittäin taulukossa 4.10.

Taulukko 4.10. Myllykosken aseman kj-lähtöjen kuormitus, häviöt ja jännitteenalenemat.

MYLLYKOSKI Johtolähtö	Johtopituus [km]	Huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Häviöteho [kW /a]	Energiahäviöt [MWh / a]	Jännitteenalenema [%]
Perätalo (MYEL03)	25,5	1,8	18	8	29	0,8
Ummeljoki (MYEL06)	55,3	2,8	29	18	42	1,1
Keskusta (MYEL08)	19,3	6,2	63	64	160	1,8

Myllykosken sähköaseman päämuuntajan nykytilan huippukuormitusten risteilykertoimeksi tuli 0,982.

Tarkasteltaessa Myllykosken asemaa tässä kytkentätilanteessa kiinnittyy huomio keskustan lähdön MYEL08 kuormitusasteeseen, joka on lähellä KSS:n kj-lähdölle sallitua kuormitusrajaa. Lähdöllä on osin vanhoja, pienipoikkipintaisia kj-maakaapeleita, jotka yhdessä laskentahetken kytkentätilanteen kanssa kasvattavat kuormitusastetta ja samalla häviöitä.

5 KORVATTAVUUS NYKYTILASSA

Korvattavuustarkastelussa tarkastellaan sähköasemittain tilannetta, jossa pelkästään teholtaan suurempi päämuuntaja on pois käytöstä, mutta mahdollisuus kiskoston käyttöön ja toisaalta myös tilannetta, jossa kiskostovian vuoksi koko asema on pois käytöstä. Alueverkon 110 kV:n jakelukatkos otetaan myös tarkastelussa huomioon yhtenä jakeluhäiriönä.

Häiriöiden korvaustilanteissa huomioidaan, etteivät kj-syöttöjohtojen kuormitettavuus ja verkoston vaatimustason mukaiset jännitteenalenemat ylitä. Tarkastelun yhteydessä ilmoitetut lähtöjen kuormitusasteet ovat kyseisen johto-osuuden heikoin johto-osan kuorman prosentuaalinen suhde maksimikuormitettavuuteen. Jännitteenalenemana esitetään kyseisen johtolähdön suurin jännitteenalenema lasketulla kuormituksella. Lähtöjen korvaavilla tehoilla tarkoitetaan tässä sitä tehoa, joka lähdön on siirrettävä sillä ennestään olevan kuormituksen lisäksi.

5.1 Päämuuntaja- ja kiskostohäiriöt

Tarkastellaan sähköasemittain tilannetta, jossa kapasiteetiltaan suurempi tai rinnankäyttötilanteessa molemmat päämuuntajat sekä pahinta mahdollista tilannetta, jossa myös kiskostot ovat häiriön vuoksi kokonaan pois käytöstä aiheuttaen koko aseman poistumisen käytöstä. Myös erilaisia mahdollisesti esiintyviä 110 kV verkoston häiriötilanteita tarkastellaan asemakohtaisesti.

5.1.1 Kausalan sähköasema

Kausalan sähköasemalla on vain yksi päämuuntaja, nykyinen huipunaikainen teho S_k on 14 MVA, jonka korvaamiseen saadaan korvausteho Mankalan ja Vuolenkosken vesivoimalaitoksien (VKI) sekä Nirvistentien ja Pilkanmaan sähköasemilta. Vesivoimaloiden vesitilanne on tässä oletettu olevan riittävä tarvittavien tehojen tuottamiseksi. Päämuuntajien kytkentäryhmien erilaisuudesta johtuen kytketyminen Vuolenkosken voimalaitoksen varasyöttöön ja KSS:n verkkoon on tehtävä jännitekatkoksen kautta. Osa tarvittavasta tehosta voidaan saada myös Lahti Energialta (LE) Uudenkylän syötön erottimen E099 kautta.

Kausalan sähköaseman korvaustilanteessa Kausalan ja Mankalan asemia on järkevää käsitellä yhtenä kokonaisuutena. Kausalan ja Mankalan nykytilassa yhdessä verkkoon syöttämä huipunaikainen teho S_k on 18,2 MVA, joka voidaan saada jakeluun Kausalan aseman ollessa pois käytöstä esimerkiksi seuraavan taulukon 5.1 mukaisilla kytkentäjärjestelyillä.

Taulukko 5.1. Kausalan aseman korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Syöttävä lähtö	Lähdön reitti	Teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
MAN1	MAN1 – E3 , E18	2,1	21	3,1
MAN2	MAN2 – KSAL07, KSAL05, KSAL03, KSA01	7,2	73	5,6
VKI	E139 – E168, E148	1,0	9	0,5
PILL13	E571 – KSAL08	1,6	25	4,2
NIRL02	E165 – KSAL06, E85	4,3	38	7,4
LE	E99 – E32 – E132	2,0	17	4,5

Taulukon 5.1 mukaisessa Kausalan aseman korvaustilanteessa korvaavien kj-lähtöjen kuormitusasteet ja jännitteenalenemat pysyvät hyvin sallituissa rajoissa. Mankalan päämuuntajan kuormitusaste on silloin 91 % ja Vuolenkosken varayhteys on 80 % kuormassa suurimmasta mahdollisesta syöttötehosta ja Lahti Energian varayhteyden tehokapasiteetin kuormitusaste on 50 %. Pilkanmaan päämuuntajan kuormitusaste on tällöin 79 % ja Nirvistentien päämuuntaja PM1 kuormittuu 83 %. Tässä korvaustilanteessa taulukon 5.1 tehoarvot ovat Pilkanmaan ja Nirvistentien asemilta tulevilla lähdöillä korvaavia tehoja ja muilla lähdöillä kyseessä on siirrettävä kokonaisteho. Kiskoston ollessa poissa käytöstä on käytettävä väliaikaiskytkentöjä yhdistämään Kausalan aseman ulkopuolella lähdöt 1, 3, 5 ja 7 verkoston tähtirakenteesta johtuen, mutta muuten järjestelyt samat kuin taulukossa 5.1.

Korian ja Heinolan välisien 110 kV Fingridin siirtojohtojen ollessa jostakin syystä jännitteettöminä, mutta KSS:n muiden asemien 110 kV syöttöjen ollessa jännitteellisiä pystytään Kausalan aseman tehojen korvaaminen hoitamaan Mankalan, Pilkanmaan ja Nirvistentien sähköasemien kj-verkkojen kautta taulukon 5.1 järjestelyillä. Jos myöskin KSS:n alueen asemia syöttävä 110 kV-verkosto on pois käytöstä on Mankalan voimalaitokselta mahdollista saada IS:n verkkoa syöttävä päämuuntaja nimelliskuormitettuna kaikkiaan 10 MVA vesitilanteesta riippuen. Tässä erikoistilanteessa joudutaan turvautumaan käytönrajoituksiin lähes 8 MVA verran.

Hätätilanteessa voidaan Mankalan IS:n kj-verkosta syöttävän päämuuntajan kuormitusta nostaa 1,2 kertaiseksi.

5.1.2 Mankalan tehot

Mankalan voimalaitoksen IS:n verkkoon syöttämä normaalitilan huipunaikainen teho S_k tässä kytkentätilanteessa on 4,2 MVA, jonka korvaaminen voidaan hoitaa kokonaan Kausalan asemalta Jokuen ja Kymentaan kytkinasemien kautta. Tarvittaessa voidaan käyttää myös Vuolenkosken voimalaitoksen tehoa ja osa on mahdollista korvata Lahti Energialta Jokuen kytkinaseman Uudenkylän syötön erottimen E099 kautta. Korvattavat tehot voidaan siirtää esimerkiksi seuraavan taulukon 5.2 mukaisesti.

Taulukko 5.2. Mankalan korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvaus- teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
KSAL08	KSAL08 – E6, E7, E8 – MAN1	2,3	57	5,4
KSAL07	KSAL07 – E36B, E31, E35A – MAN2	1,9	20	1,7

Huipun aikaisessa Mankalan tehojen korvaustilanteessa Kausalan aseman tehokapasiteetista on käytössä 91 %.

5.1.3 Vahteronmäen sähköasema

Vahteronmäen aseman huipunaikainen kokonaiskuormitusteho S_k on 28,2 MVA. PM2 on suurempi kuormaltaan, joka on 14,4 MVA, pienempi PM1 kuormittuu 13,9 MVA. PM2 voidaan korvata siirtämällä kolme sen lähtöä PM1:lle, jonka kuorma kasvaa tällöin noin 8,0 MVA ja loput lähdöt noin 5,9 MVA kytketään Korjalan KJL08 perään Ruotsulan lähdön VHTL04 kautta.

Hankalammassa tapauksessa, jossa myös Vahteronmäen aseman kiskosto on vaurioitunut estäen päämuuntajien käytön, voidaan niiden kuormat korvata esimerkiksi seuraavan taulukon 5.3 mukaisesti.

Taulukko 5.3. Vahteronmäen aseman korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvaus- teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
KJLL18	KJLL08 – E0140	6,5	93	2,7
KJLL23	KJLL23 – E0117 – E0427	5,0	99	2,8
KSPL05	KSPL05 – PMPL13 – PMPL11, 09, 01, 02, 03 ja 05	7,9	96	1,5
KSPL12	KSPL12 – TORL13 – TORL01, 02 ja 03	8,1	74	4,1
MYEL03	MYEL03 – E066	1,5	33	4,9
MYEL06	MYEL06 – E0842	1,7	46	3,6
MYEL08	MYEL08 – E206	0,7	71	2,8

Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,898.

Vahteronmäen sähköaseman korvaustilanteessa Korjalan aseman päämuuntajan kuormitusaste on 75 %, Kuusaanlammen PM1 90 % ja PM2 54 % sekä Myllykosken päämuuntaja 71 %. Tässä päämuuntajien korvaustilanteessa jännitteenalenemat pysyvät taajama-alueelle sallituissa rajoissa, mutta Korjalan lähdöillä KJLL18, KJLL23 ja Kuusaanlammen lähdöllä KSPL05 kuormitusaste nousee lähelle jatkuvan kuormituksen kriittistä rajaa. Korjalan lähdöillä on osin vanhoja ja pienipoikkipintaisia kj-kaapeleita, joiden kuormitusaste nousee suhteellisen pienellä virran kasvulla helposti lähelle kriittistä.

Oletettaessa tilanne, jossa 110 kV syöttöjännite puuttuu Korian ja Yllikkälän väliltä ja samalla Vahteronmäen asemalta, on jännitteen oleminen korvaavilla asemilla alueverkoston rakenteesta johtuen mahdollista ja korvaustehot voidaan siirtää toisilta sähköasemilta kj-verkoston kautta. Aseman tehojen korvaaminen tapahtuu silloin kuten kiskostovauriossakin. Syöttöjohdolla ei ole Vahteronmäen asemalle nykytilassa muuta reittiä kuin Korian Yllikkälän välinen 110 kV johto. Jos jo aiemmin suunnitteilla ollut Kuusaanlammen ja Valkealan asemien välinen 110 kV yhdysjohto olisi rakennettu, voitaisiin syöttöjännite johtaa vaihtoehtoisesti sitä pitkin Yllikkälän johtoon ja siitä myös Vahteronmäen asemalle.

5.1.4 Kuusaanlammen sähköasema

Kuusaanlammen sähköaseman kahden päämuuntajan huipunaikainen kokonaisteho S on 20,7 MVA. Kuormitustehohuipultaan suurempi on PM1, jonka kuorma on huipunaikana 14,5 MVA. Häiriön aikana PM1 voidaan nykytilassa korvata siirtämällä sen kuormat kokonaisuudessaan PM2:een.

Oletetussa pahimmassa mahdollisessa tilanteessa, kun Kuusaanlammen sähköaseman kiskostokin on rikkoutunut voidaan koko aseman korvaaminen hoitaa esimerkiksi taulukon 5.4 mukaisin kytkennöin.

Taulukko 5.4. Kuusaanlammen aseman korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
NIRL10	NIRL10 – KSPL02	2,4	82	3,1
KJLL07	KJLL07 – KSPL11	2,6	34	0,5
KJLL23	KJLL23 - PMPL07, 11	3,8	85	2,0
KJLL24	KJLL24 – KSPL08	1,0	10	0,1
VHTL02	VHTL02 – PMPL03 – PMPL01, 06, 10	5,6	84	1,9
VHTL22	VHTL22 – KSPL12	2,8	91	3,5
VALL08	VALL 08 – KSPL08	3,0	22	2,2

Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,980.

Tässä Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajien korvaustilanteessa Nirvistentien sähköaseman päämuuntaja PM1 kuormittuu 70 %, Korjalan 68 %, Vahteronmäen PM1 78 % , PM2 69 % ja Valkealan päämuuntajat kuormittuvat 76 %.

Osa korvaavista kj-lähdöistä kuormittuu niin lähelle kriittistä rajaa, ettei tehonlisäykseen ole juuri varaa. Jännitteenalenemat pysyvät sallitun rajoissa hyvin, koska maakaapelilähdöillä kuormitusraja tulee vastaan lyhyillä johtopituuksilla ennen kuin jännitteet putoavat korvaustilanteessa sallitun rajan alapuolelle.

Oletetussa tapauksessa, jossa Kuusaanlammen asemalle tuleva 110 kV johto on jostakin syystä jännitteetön korvaaminen tapahtuu viereisten asemien kj-verkoston kautta ja silloin toimitaan kuten Kuusaanlammen aseman kiskostorikkotapaukses-

sakin. Jos Kuusaanlammen ja Valkealan välinen noin 9 km 110 kV yhdysjohto olisi rakennettu pystyttäisiin aseman syöttöjännite tuomaan Fingridin Korja Yllikkälä johdosta Valkealan aseman kautta.

Hinkismäen lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksesta voidaan suotuisissa olosuhteissa saada hieman yli 40 MVA generaattoritehoa KSS:n alueverkkoon ja sitä kautta Kuusaanlammen, Nirvistentien, Korjalan ja Pilkanmaan asemille. Tämä ei kuitenkaan riitä korvaamaan kyseisten asemien huipunaikaista kulutusta ja siksi jouduttaisiin alueverkon häiriötilanteessa huipunaikaista kulutusta rajoittamaan nykytilassa noin 20 MVA. Varsinkaan lämmityskauden ulkopuolella sähköä ei Hinkismäellä voi tuottaa suurimmalla mahdollisella teholla, koska lauhdutus ilman kaukolämpöverkon kulutusta asettaa tuotantorajan.

5.1.5 Nirvistentien sähköasema

Nirvistentien sähköaseman kahden päämuuntajan huipunaikainen kokonaisteho S on 16,3 MVA. PM1 on pienempi, mutta nykytilassa suurempi kuormituksinen päämuuntaja. Sen näennäisteho on 16 MVA ja huipunaikainen kuorma 8,9 MVA. Tämän voi korvata kokonaisuudessaan siirtämällä kaikki kuormat PM2:een, jonka nimellisteho on 25 MVA ja huippukuorma nykytilassa 7,4 MVA.

Oletetussa tilanteessa, jossa aseman kiskostokin on rikkoutunut ja koko asema on näin pois käytöstä, voidaan korvaavat tehot saada esimerkiksi taulukon 5.5 mukaisilla järjestelyillä. Jännitteenalenemat pysyvät taajama-alueelle sallituissa rajoissa, mutta kuormitusaste nousee Kuusaanlammen KSPL09 lähdöllä lähelle kriittistä rajaa, koska osa alueen kaapeloinnista on vanhaa ja pieni poikkipintaista.

Taulukko 5.5. Nirvistentien aseman korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
PILL03	PILL03 – NIRL06, E259	1,6	73	1,8
PILL10	PILL10 – NIRLL08	2,1	43	1,5
KSPL02	KSPL02 – NIRL10	3,8	78	2,2
KSPL09	KSPL09 – NIRL14, 16	5,0	91	4,4
KJLL07	KJLL07 – NIRL12	1,5	41	1,1
KJLL19	KJLL19 – NIRL13	1,3	21	0,8
KJLL22	KJLL22 – NIRL11	2,0	16	0,5

Nirvistentien sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,936. Korvaavien päämuuntajien kuormat ovat Pilkanmaalla 87 %, Kuusaanlammella PM 88 % ja Korjalassa 54 %.

Korialta Mäntyharjuun lähtevän Fingridin 110 kV johdon, johon Pilkanmaan asema on liitetty ollessa pitempi aikaisesti jännitteetön, olisi mahdollista johtaa erikoisjärjestelyin jännite Hinkismäen voimalaitokselta KSS:n alueverkon kautta Pilkanmaalle. Tässäkin tapauksessa KSP:n ja VAL:n välinen yhdysjohto antaisi mahdollisuuden jännitteen siirtoon Fingridin Korja – Ylikkälä johdosta Pilkanmaan asemalle.

5.1.6 Valkealan sähköasema

Valkealan kaksi päämuuntajaa ovat rinnankytkennässä, koska asemalla on käytössä yksikiskojärjestelmä. Aseman nykytilan ja laskentahetken kytkentätilanteen huipun-aikainen kokonaisteho S_k on 12,3 MVA. Toisen 10 MVA päämuuntajan ollessa irti verkosta voidaan toista päämuuntajan kuormitusta keventää esimerkiksi Kuusaanlammien sähköasemalta lähdön KSPL 08 kautta puuttuva noin 2,3 MVA.

Oletetussa tapauksessa, jossa kiskostorikon takia molemmat päämuuntajat ovat pois käytöstä tarvittavat tehot voidaan korvata Pilkanmaan, Vahteronmäen ja Kuusaanlammien asemilta kj-verkon kautta esimerkiksi seuraavan taulukon 5.6 mukaisilla kytkentäjärjestelyillä.

Taulukko 5.6. Valkealan aseman korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
PILL05	PILL05 – E1007C	1,1	29	8,8
PILL09	PILL09 – E236	3,3	50	9,9
KSPL08	KSPL08 – E066	6,0	70	4,0
VHTL12	VHTL08 – E236	2,1	37	8,9

Valkealan sähköaseman päämuuntajien nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,974.

Valkealan sähköaseman päämuuntajien nykytilan korvaustilanteessa korvaavien lähtöjen kuormitusasteet pysyvät taulukko 5.6 mukaan hyvin normaalitilassa sallituissa rajoissa, mutta jännitteenalenema nousee muilla paitsi KSPL08 lähdöllä

suurista johtopituuksista johtuen lähelle haja-asutusalueelle korvaustilassa asetetun aleneman ylärajaa.

Korvaavien asemin päämuuntajakuormitusaste on Pilkanmaalla 91 %, Kuusaanlammella PM1 75 % sekä Vahteronmäessä PM2 64 %.

5.1.7 Korjalan sähköasema

Korjalan sähköaseman ainoan päämuuntajan huipunaikainen kokonaisteho S_k on 9,7 MVA, mikä voidaan korvata Vahteronmäen, Nirvistentien ja Kuusaanlammen sähköasemilta. Korvattavat tehot voidaan siirtää esimerkiksi taulukon 5.7 mukaisilla järjestelyillä oletetussa koko aseman käytön estävässä kiskostovauriotilanteessa.

Taulukko 5.7. Korjalan aseman korvaustilanteen aikaiset kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
VHTL02	E0466B – KJLL23	2,1	62	1,7
VHTL04	VHTL04 – KJLL18	2,2	21	0,9
NIRL02	E259 – M0570	0,2	12	0,4
NIRL13	NIRL13 - KJLL19 - KJLL15, KJLL17, KJLL20	2,6	32	1,8
KSPL05	KSPL05 – PMPL13 – PMPL11, PMPL09	2,8	54	1,6

Korjalan sähköaseman päämuuntajan nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,988

Aseman korvaustilanteessa korvaavien lähtöjen jännitteet ja johtojen kuormitukset pysyvät hyvin normaalitilanteelle sallituissa rajoissa.

Korjalaa korvaavien sähköasemien päämuuntajakuormitusasteet ovat Vahteronmäellä PM1 71 %, Nirvistentien PM1 57 % ja PM2 40 % sekä Kuusaanlammella PM1 68 %.

5.1.8 Pilkanmaan sähköasema

Pilkanmaan päämuuntajan huipunaikainen teho S_k on 14,2 MVA. Sen korvaaminen kiskosto- ja tai päämuuntajarikon yhteydessä voidaan tehdä esimerkiksi seuraavan taulukon 5.8 mukaisesti.

Taulukko 5.8. Pilkanmaan aseman korvaustilanteen aikaiset kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
NIRL04	E036 – PILL13	1,1	18	2,1
NIRL06	NIRLL06 – PILL03 ja 09	2,7	20	0,6
VALL03	E0269 – PILL04, PILL05 ja VERL05 – E082A	3,3	49	9,1
KSPL09	KSPL09 – PILL10	7,2	75	5,3

Pilkanmaan sähköaseman päämuuntajan nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,983.

Taulukosta 5.8 havaitaan, että VALL03-lähtö on lähellä korvaustilanteessa jännitteenalenemalle asetetun 10 % rajaa, koska kyseisellä nyt yhteensä 127 km pitkällä avojohtolähdöllä on Kalson tehtaiden liittymä. Tämän suuri kuorma pudottaa jännitteen laskelmissa alas ja toisaalta on huomattava, ettei Verlan ja Siikakosken vesivoimaloiden verkkoon syöttämää tehoa ole huomioitu näissä laskelmissa. Näiden voimaloiden yhteinen tehon tuottokyky on 6.1 MVA, joka riittää nostamaan jännitteen voimaloiden käydessä hyvän vesitilanteen aikana normaalitilanteen tasolle. Toisaalta alenemaa selittää suureksi kasvanut johtopituus. Lyhyempien korvaavien kj-yhteyksien puute oli havaittavissa Pilkanmaan ja Valkealan välisissä yhteyksissä. VALL07 keventää tässä järjestelyssä VALL03-lähdön kuormaa 0,9 MVA. Kuormitusasteet pysyvät tässä korvaustilanteessa kohtuullisella tasolla ja vain KSPL09-lähtö ylittää normaalille kuormitukselle sallitun rajan.

Pilkanmaan sähköaseman korvaavien asemien kuormitusasteet ovat Nirvistentien PM1 60 % ja PM2 38 %, Valkealan päämuuntajat 75 % sekä Kuusaanlammen PM1 77 %.

5.1.9 Myllykosken sähköasema

Myllykosken aseman yhden päämuuntajan huipunaikainen teho S on 10,6 MVA. Sen korvaaminen viereiseltä Vahteronmäen sähköasemalta voidaan tehdä esimerkiksi taulukon 5.9 mukaisin kytkentäjärjestelyin.

Taulukko 5.9. Myllykosken aseman korvaustilanteen aikaiset kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
VHTL11	E332 – MYEL08	2,8	38	4,6
VHTL13	E306 – MYEL06	4,7	73	8,4
VHTL14	E269 – MYEL03	3,4	38	8,0

Myllykosken sähköaseman päämuuntajan nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,969.

Suurin jännitteenalenema korvaustilanteessa syntyi Vahteronmäen Kiehuvan VHTL 13-lähdön normaalista 17,4 kilometristä 34,2 kilometriä pitkäksi muuttuneella lähdöllä suuruudeltaan 8,4 %, joka ei kuitenkaan ylitä korvaustilanteesta maaseutuverkolle asetettua rajaa. Kuormitusasteet pysyvät normaalitilanteellekin KSS:ssa sallitussa tasossa ja vain VHTL13 ylittää 3 % kyseisen rajan.

Tässä korvaustilanteessa korvaavan Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM2 kuormitusaste on 94 %. Kyseinen korvausjärjestely käy myös kiskostorikon yhteydessä.

5.1.10 Kuusaanlampi ja Korjala samanaikaisesti

Oletetaan tilanne, jossa 110 kV alueverkko on jostakin syystä vioittunut huippukuormituksen aikaan Ruotsulan ja Korjalan väliltä. Korjalan ja Kuusaanlammen sähköasemat jäävät tällöin jännitteettömiksi, koska näille asemille ei ole rakennettu rengassyöttömahdollisuutta. Asemien kiskostot ovat kuitenkin tässä tilanteessa normaalisti käytettävissä.

Hinkismäen maakaasuvoimalaitoksen ollessa käytettävissä ja pystyessä syöttämään sähkötehoa Korjalan ja Kuusaanlammen yhdessä tarvitsemat 30,4 MVA alueverkkoon on tilanne hallinnassa, mutta jos näin ei ole joudutaan korvaavat tehot siirtämään kj-verkon kautta viereisiltä toimintakuntoisilta sähköasemilta. Kuusaanlammen ja Korjalan asemien yhteisessä korvaustilanteessa voidaan käyttää esimerkiksi taulukon 5.10 mukaista kytkentäjärjestelyä.

Taulukko 5.10. Kuusaanlammen ja Korjalan sähköasemien korvaustilanteen aikaiset kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvaus-teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
NIRL02	E259-E112, E297	0,2	13	0,4
NIRL10	E586C-KSPL	2,4	82	3,1
NIRL12	E645A-E789A	0,8	33	0,5
NIRL13	E123-KJLL19-KJLL07, 09, 24	4,6	59	2,5
VHTL02	PMPL03-PMPL01, 06, 07, 10	6,4	86	2,0
VHTL04	VHTL04-KJLL18-KJLL17, 23	7,7	78	4,3
VHTL18	PMPL02-PMPL11	3,4	73	1,2
VHTL22	TORL01-TORL02, 03	1,9	79	2,9
PILL10	E941C-KSPL09-KSPL12	2,1	44	4,0
VALL08	E299B-KSPL08-KSPL10	4,4	30	3,1

Kuusaanlammen ja Korjalan sähköasemien päämuuntajien nykytilan huippukuormien korvaustilanteen risteilykertoimeksi tuli 0,897.

Tässä korvaustilanteessa kytkennöissä käytettiin asemien kiskostoja mukana. Jännitteenalenemat pysyivät korvaustilanteessa taajama-alueille asetetun raja-arvon alapuolella. Korkein alenema oli VHTL04-lähdöllä johtuen lähdön suuresta kuormituksesta ja kaapelipituudesta. Kaikki korvaavien lähtöjen kuormitusasteet pysyivät alle 90 %, vaikkakin viisi lähtöä kymmenestä ylitti 70 % rajan.

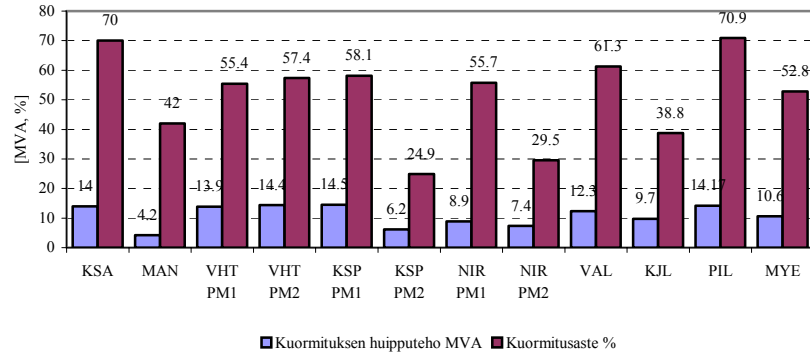
Korvaavien päämuuntajien kuormitusasteet olivat Nirvistentien asemalla PM1 76 % ja PM2 45 %, Vahteronmäen PM1 94 % ja PM2 86 %, Pilkanmaalla 81 % ja Valkealassa 79 %. Vahteronmäen asemalla VHTL09-lähdön kuormat siirrettiin toiselle päämuuntajalle, ettei PM1:n nimelliskuormitus olisi ylittynyt.

5.2 Verkoston kuormituksen nykytilan yhteenveto

KSS:n verkostoa tarkastellaan nykytilan yhteenvetona vertaillen verkoston laskentatulosten arvoja graafisesti ja vertailutaulukoiden avulla.

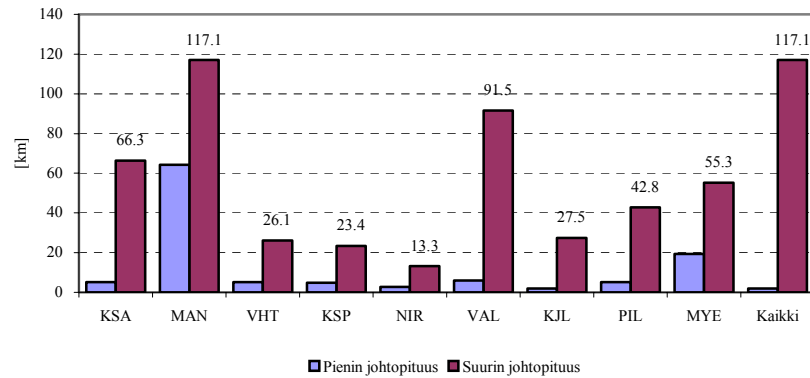
5.2.1 Normaali nykytila

KSS:n verkosto on pääosin nykytilassa kuormitettu kevyemmin kuin 70 %. Jännitteenalenemat pysyvät myös asetetuissa rajoissa. Kuvassa 5.1 on vertailtu kaikkien KSS:n sähköasemien kuormituksen huipputehoja ja kuormitusasteita.

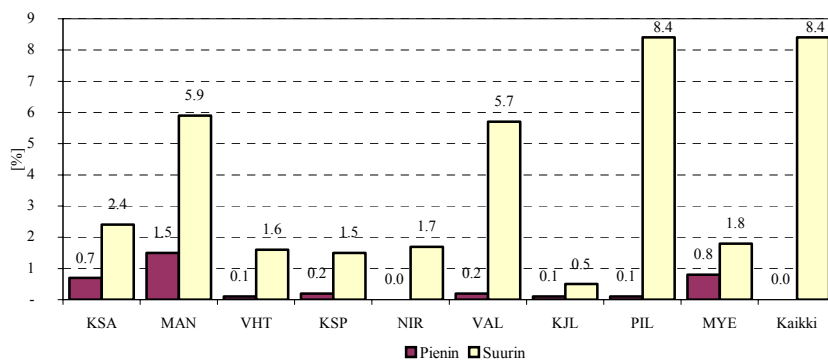


Kuva 5.1. KSS Energia Oy:n päämuuntajien kuormat ja kuormitusasteet

Kuvan 5.1 mukaan kaikilla KSS:n päämuuntajilla on kuormituksen kasvuvaraa vaikkakin Kausalan ja Pilkanmaan päämuuntajan kuormitusaste on jo saavuttanut 70 % sekä Valkealan rinnankytketyt päämuuntajat ovat muutaman prosentin päässä. Kuusaanlammen sähköaseman kj-lähtöjen kuormat ovat jakaantuneet päämuuntajien kesken epätasaisesti. Kuvassa 5.2 on esitetty KSS:n verkoston kj-johtopituudet ja kuvassa 5.3 jännitteenalenemat sähköasemittain.



Kuva 5.2. KSS Energia Oy:n keskimääräiset kj-johtopituudet sähköasemittain

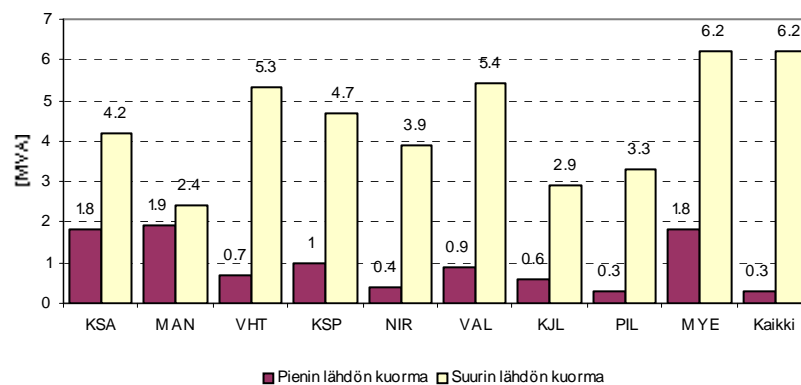


Kuva 5.3. KSS Energia Oy:n nykytilan jännitteenalenemat sähköasemittain

Tarkastellessa KSS:n verkostoa kuvien 5.2 ja 5.3 avulla erottuvat maaseutu- ja taajama-asetat toisistaan niin johtopituuden kuin jännitteenalenemienkin osalta. Suurimmat johtopituudet ja jännitteenalenemat ovat Pilkanmaan, Manakalan ja Valkealan sähköasemien haja-asutusalueiden kj-lähdöillä. Näiden asemien pitkien kj-lähtöjen kuormitusta ei käytännössä ole mahdollista lisätä ylittämättä KSS:ssä haja-asutusalueelle sallittua suurinta jännitteenalenemaa.

Nykytilan suurin Pilkanmaan sähköaseman PILL04-lähdön jännitteenalenema ylittää 1,4 % asetetun ylärajan johtuen kyseisen 33,3 km pitkän lähdön loppuosalle sijoittuvien UPM:n Kalson tehtaiden aiheuttamasta suuresta pistekuormasta ja osin loppuosan ilmajohdon pienestä johdinpoikkipinnasta.

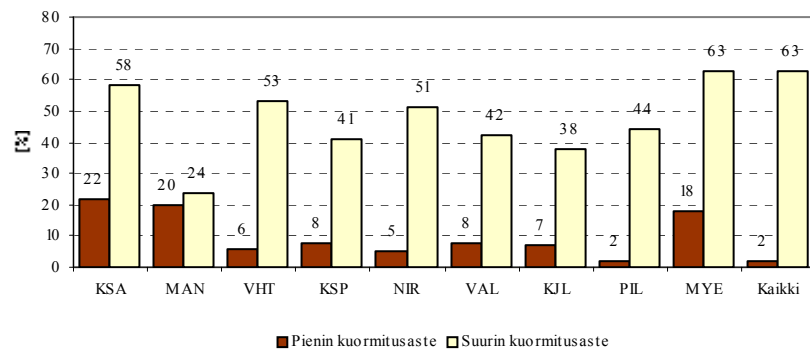
Kuvassa 5.4 on esitetty KSS:n sähköasemien kj-lähtöjen kuormitukset.



Kuva 5.4. KSS Energia Oy:n sähköasemien kj-lähtöjen huipunaikaiset kuormat

Suurin nykytilan huipunaikainen kuorma 6,2 MVA yhdellä kj-lähdöllä on Myllykosken ja pienin 0,3 MVA Pilkanmaan asemalla. Keskimäärin kaikkien asemien kj-lähtöjen huippukuormat ovat 2,3 MVA lähtöä kohden.

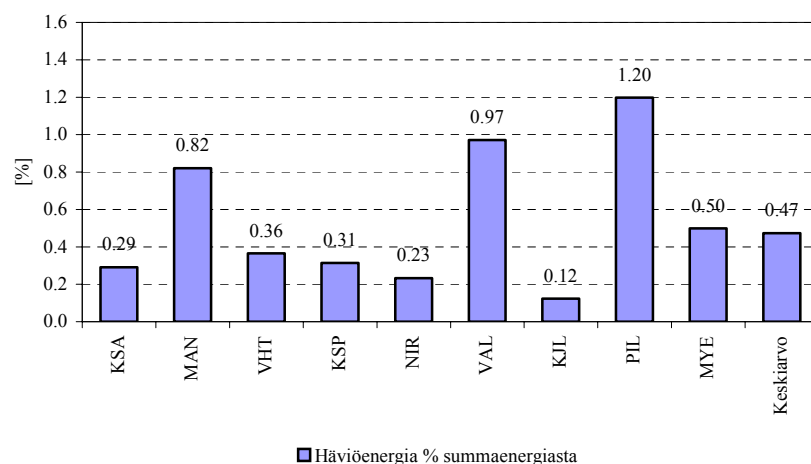
KSS:n nykytilanteen ja laskentahetken kytkentätilanteen eri sähköasemien kj-lähtöjen kuormitusasteet on esitetty kuvassa 5.5.



Kuva 5.5. KSS Energia Oy:n kj-lähtöjen kuormitusasteet sähköasemittain

Kuormitusasteiden yhteenvedossa kuvassa 5.5 on suurimpana Myllykosken keskustan lähdön MYEL08 huipunaikainen kuormitusaste 63 %, joka johtuu lähdön vanhojen pienipoikkipintaisten kj-kaakaapeleiden kapasiteetin täyttymisestä ajan myötä kasvaneilla kuormilla. Muidenkin sähköasemien alueella on vastaavia ongelmia ikääntyvillä kaapelireiteillä. Pienin kahden prosentin kuormitusaste on Pilkanmaan Kollinsuon PILL13-lähdöllä Kaikki kj-lähdöt alittavat huipunaikaiselta kuormitusasteeltaan nykytilassa KSS:ssä tavoitteeksi asetetun 70 % ylärajan.

Kuvassa 5.6 on verrattu asemittain kj-lähdöillä syntyviä summa- ja häviöenergioita.



Kuva 5.6. KSS Energia Oy:n kj-lähtöjen häviöenergian määrä summaenergiasta sähköasemittain

Kuvaa 5.6 tarkastellessa havaitaan, että Valkealan, Mankalan ja varsinkin Pilkanmaan kj-lähtöjen häviöenergiat ovat suuret siirrettyyn energiamäärään nähden muihin asemiin verrattaessa. Kyseisten asemien kj-lähtöjen johtopituudet ovat kuvan 5.2 mukaan keskimääräistä suuremmat, mutta kuormat eivät keskimääräisesti poikkea muista, joten selitys Mankalan, Pilkanmaan ja Valkealan suuriin häviö-energioihin on pitkien johtojen aiheuttama siirtohäviö.

5.2.2 Korvaustilanteet

KSS:n verkoston sähköasemien korvaustilanteesta voi todeta, että läpikäydyissä korvaustilanteissa korvaavien päämuuntajin kapasiteetti riittää nykytilassa toistaiseksi, mutta osa kj-lähtöjen kapasiteetista täyttyy kokonaan. Taulukossa 5.11 on esitetty asemakohtainen yhteenveto eniten korvaustilanteessa kuormittuneiden kj-lähtöjen kuormitusasteista.

Taulukko 5.11. Kiskostokorvaustilanteen asemakohtaiset korvaavien kj-lähtöjen suurimmat kuormitusasteet

Korvattava sähköasema	Korvaavien kj-lähtöjen suurin kuormitusaste sähköasemittain %										
	KSA	MAN	VHT	KSP	NIR	VAL	KJL	PIL	MYE	LE	VKI
KSA		73			38			25		17	9
MAN	57										
VHT				80			99		71		
KSP			91		82	22	85				
NIR				78			41	73			
VAL			37	70				50			
KJL			62	54	32						
PIL				75	20	49					
MYE			73								
KSP ja KJL			86		82	30		44			

Taulukkoa 5.11 tarkastellessa on huomioitava, että asemakohtaiset kiskostot eivät ole käytettävissä muissa korvaustilanteissa kuin Kuusaanlammen ja Korjalan yhtäaikaissa häiriötilanteessa. Tässä tilanteessa on ollut mahdollista käyttää hyväksi useampia kj-lähtöjä ja näin kuormitus saatu jaettua tasaisemmin. Kuormitusasteiden arvoista havaitaan, että korvaavista lähdöistä neljä kuormittuu enemmän kuin 80 %, jotka kaikki ovat taajama-asemien lähtöjä. Niillä on vanhoja pienipoikkipintaisia kj-maakaapeliosuuksia, jotka kuormittuvat suhteellisen pienillä kuormien lisäyksillä kriittiseen pisteeseen. Pahin tilanne on Vahteronmäen korvauksessa Korjalan lähdöllä KJLL23 kuormitusasteen ollessa 99 %. Näin suurilla kuormitusasteilla kor-

vaustilanteet eivät voi olla pitkäaikaisia. Huonoissa jäähdytysolosuhteissa kaapelien vaurioitumisen vaara on ilmeinen.

Kuusaanlammen ja Korjalan yhtäaikaisessa korvauksessa kj-lähtöjen kuormitusasteet pysyvät alle 90 %, koska kyseisessä tilanteessa asemakohtaiset kiskostot ovat helpottamassa korvauskytkentää. Taulukossa 5.12 on esitetty eri korvaustilanteissa päämuuntajien kuormitusasteiden yhteenveto.

Taulukko 5.12. Päämuuntajien kiskostokorvaustilanteen asemakohtaiset suurimmat kuormitusasteet

Korvattava sähköasema	Korvaavien päämuuntajien suurin kuormitusaste sähköasemittain [%]										
	KSA	MAN	VHT	KSP	NIR	VAL	KJL	PIL	MYE	LE	VKI
KSA		91			83 / 30			79		50	80
MAN	91										
VHT				90 / 54			75		71		
KSP			78 / 69		70 / 30	76	68				
NIR				88 / 25			54	87			
VAL			64 / 58	75 / 25				91			
KJL			71 / 58	68 / 25	57 / 40						
PIL				77 / 25	60 / 38	75					
MYE			94 / 58								
KSP ja KJL			94 / 86		76 / 45	79		81			

Kaksoisarvoilla ilmoitetaan kahden päämuuntajan asemien muuntajien kuormitusasteiden arvoja.

Päämuuntajakuormitusasteet ylittävät kiskottomissa korvaustapauksissa taulukon 5.12 mukaan 90 % Kausalan, Mankalan, Vahteronmäen, Valkealan ja Myllykosken korvauksissa. Vahteronmäen korvaustilanteen Kuusaanlammen kuormitusasteen voi tässä tilanteessa alentaa järjestelemällä lähtöjen kuormia päämuuntajien kesken ja Myllykosken korvauksessa vastaavasti Vahteronmäen lähtöjen järjestelyllä. Kausalan, Mankalan ja Pilkanmaan asemilla on nykytilassa toisten asemien korvaamiseen päämuuntajakuormituksen lisäysvaraa kullakin 9 %.

Kuusaanlammen ja Korjalan yhtäaikaisessa korvaustilanteessa kaikilla korvaavilla päämuuntajilla paitsi Nirvistentien PM2:lla nousee kuormitusaste yli 70 %. Suurin kuormitus kyseisessä tilanteessa on Vahteronmäen asemalla, jonka PM1 kuormittuu 94 % ja myös PM2 saavuttaa 83 % kuormitusasteen.

Yhteenveto nykytilan korvaustilanteen suurimmista kj-lähtöjen jännitteenalenemistä sähköasemittain on esitetty taulukossa 5.13.

Taulukko 5.13. Sähköasemien kiskostokorvaustilanteen asemakohtaiset suurimmat jännitteenalene-
mat

Korvattava sähköasema	Korvaavien kj-lähtöjen suurin jännitteenalenuma sähköasemittain [%]										
	KSA	MAN	VHT	KSP	NIR	VAL	KJL	PIL	MYE	LE	VKI
KSA		5,6			7,4			4,2		4,5	0,5
MAN	5,4										
VHT				4,1			2,8		4,9		
KSP			3,5		3,1	2,2	2,0				
NIR				4,4			1,1	1,8			
VAL			8,9	4,0				9,9			
KJL			1,7	1,6	1,8						
PIL				5,3	2,1	9,1					
MYE			8,4								
KSP ja KJL			4,3		3,1	3,1		4,0			

Taulukosta 5.13 käy ilmi, että nykytilan huipunaikaisten kuormien asemakohtaisissa korvaustilanteissa 7 % ylittäviä jännitteenalenumia syntyy viisi, jotka kaikki ovat pitkien haja-asutusalueiden ilmajohtolinjojen alenumia Pilkanmaan, Valkealan ja Myllykosken sähköasemien lähdoillä. Kaikki kj-lähdöt pysyvät kuitenkin haja-asutusalueelle korvaustilanteessa asetetun 10 % ylärajan alapuolella. Suurimmat alenumat syntyvät Valkealan korvaustilanteessa, joista suurin 9,9 % on Pilkanmaan PILL09 lähdoillä.

6 KULUTUKSEN MUUTOSENNUSTEET

Kuten koko jakeluverkostoa on keskijänniteverkostoaikin kehitettävä kasvavan kulutuksen mukaan, joten verkoston pitkäntähtäyksen suunnitteluun liittyy olennaisesti kulutusennusteiden teko. Kulutuksen muutosennusteet perustuvat osin KSS:n sähkökulutuksen kasvun tilastotietoihin ja kuntien pitkän aikavälin kaavoitussuunnitelmiin, rantayleiskaavoisiin ja osin väestö- ja työpaikkaennusteisiin sekä ominaiskulutuksen kasvuun. ominaiskulutuksen kasvulla tarkoitetaan tässä sitä kasvua, joka tapahtuu tarkasteluhetkellä jo olemassa olevassa sähkökäyttöyksikössä.

Ennusteet on pyritty tekemään sähköasema- ja kj-lähtökohtaisiksi käytävänä olleen lähdemateriaalin puitteissa. Pitkän aikavälin ennusteiden tekeminen sisältää epävarmuustekijöitä ja sitä kautta virheinvestoinnin riski kasvaa, mitä kauemmas tulevaisuuteen ennusteella tähdätään. Energian käyttö on riippuvaista myös yleisestä talouskasvusta ja siksi tulevat suhdannevaihtelut vaikuttavat ennusteiden toteutumiseen ollen yhtenä riskitekijänä kasvun virhetarkastelussa.

Lähdemateriaalina käytetyt kuntien ennusteet ja suunnitelmat ovat usein liian optimistisia, joten niiden käyttämistä sellaisinaan ennusteen perustana on usein syytä harkita. Väestönkasvua ja kaavoitusta on tarkasteltu ennusteissa kuntakohtaisesti ja siksi kuormitusennusteet ovat kuntakohtaisia. Ennusteella on pyritty selvittämään se sähköenergian lisätarve, joka vähintään tullaan tarvitsemaan tarkastelujaksolla.

6.1 Iitti

Iitin kunnan Tilastokeskuksen laatima väestöennuste on esitetty taulukossa 6.1. Väestörekisterikeskuksen mukaan Iitissä oli asukkaita 31.12.2003 yhteensä 7321. Toteutunut väestön vähenemä vuodesta 2000 oli silloin 213 henkeä, joka tarkoittaa noin 0,7 % pienenemistä keskimäärin vuositasolla. Ennusteen mukaan väki vähenee vuoteen 2010 mennessä lisää 180 henkeä eli vähenemistä tapahtuisi enää keskimäärin noin 0,4 % vuodessa. Seuraavassa 10 vuodessa vähenemä hidastuu ennusteen mukaan edelleen keskimäärin noin 0,3 % vuodessa ja henkilömäärältään 222 henkeä.

Taulukko 6.1. Iitin kunnan väestöennuste 2000-2030

Vuosi	2000	2010	2020	2030
Asukasluku	7534	7141	6919	6748

Väestön rakenteellinen muutos Iitin alueella vaikuttaa osaltaan energian kulutukseen. Väestön vanheneminen ja muuttuminen suurelta osalta yhden henkilön talouksiksi sekä siirtyminen taajamiin saa aikaan lisääntyvää pienempien asuntojen tarvetta asutuskeskuksissa. Samalla tapahtuu sukupolven vaihdos vanhemman väestön ennen asumissa suuremmissa asunnoissa, jotka valtaosaltaan ovat perinteisesti olleet pientalotyyppisiä.

Uuden sukupolven sähkönkäyttötottumukset ja tarpeet ovat erilaisia ja tämä nostaa vanhan asuntoalueen sähkönkäyttöä sitä mukaa kun polven vaihdosta tapahtuu.

Sähkön ominaiskulutuksen oletetaan aiempien kulutustilastojen perusteella kasvavan keskimäärin 1 %. IS:n jakelualueella, joka käsittää Iitin kunnan ja pienen osan Jaalaa, on sähkönkäyttö kasvanut vuosina 1999-2003 keskimäärin 1,4 %. Ominaiskulutuksen kasvun ylittävä osa lisäyksestä kertyy yksityisen, maatalouden, palvelualan ja jalostuksen sekä julkisen sektorin sähkön kulutusta lisäävistä investoinneista.

Iitin asuntorakentaminen on ollut lähes pelkästään rivi- ja omakotitaloista koostuvaa. Rakentamisvauhti on ollut vuosina 1995-2001 yhteensä 188 asuntoa, joka on keskimäärin 27 asuntoa vuodessa, josta osa on vanhaa rakennuskantaa korvaavaa rakentamista. /8/. Oletetaan rakentamisen vähenevän hieman seuraavina vuosina väestön vähenemisen myötä. Vuosivauhti tulee olemaan 2-3 rivitalon ja 5-10 omakotitalon vuosivauhtia ja korkeintaan yksi kerrostalo noin 3-5 vuoden välein eli keskimäärin noin 21 asuntoa vuodessa. Iitissä maaseutukuntana energian kulutuksen kannalta merkittävä osa uudisrakentamista ovat myös vapaa-ajan asunnot.

Iitin keskustaajaman Kausalan keskustassa on toistaiseksi rakennuspaikkoja ja taa-jaman reuna-alueilla on riittävästi tarjolla pientalotyypin asumisen tontteja. Vapaa-ajan asunnoille on Iitissä yksityisten omistamia rantayleiskaavoitettuja alueita lähinnä kunnan pohjoisosan järvi- ja jokialueelta.

Tehontarpeen arviointiin vakituksessa asuntokäytössä käytettiin Suomen Sähkölaitos-yhdistyksen verkostosuositus SA 10:92 Verkoston mitoitusenergiat menetelmiä. /9/. Maaseututaajamien pienkerrostalon oletetaan olevan 15 ja rivitalon 5 asuntoinen. Keskimääräiset laskentapinta-alat pienkerrostalossa 1000 m² ja omakotitalossa 100 m². Laskelmien vuosienergioihin käytettiin mittauksiin perustuvia verkostosuosituksen laskentamalleja. Kerrostalon vuosienergiat laskettiin yhtälöllä (6.1), rivitalon yhtälöllä (6.2) ja omakotitalon yhtälöllä (6.3).

$$W = 1500 n + 20 A \quad (6.1)$$

$$W = 6600 n \quad (6.2)$$

$$W = 7000 n + 110 A \quad (6.3)$$

joissa	W	vuosienergia
	n	kuluttajien lukumäärä
	A	lämmitetty pinta-ala

Laskelmien pohjalta valittiin ennusteeseen suuntaa-antavat vuosikulutukset. Kerrostalon vuosikulutukseksi valittiin 40 MWh, rivitalon 33 MWh ja omakotitalon 18 MWh. Vapaa-ajan asuntojen tehontarve laskettiin tällä alueella ennestään olevien puhtaasti vapaa-ajan asuntoja käsittävien muuntopiirien vuotuisen asiakaskohtaisen keskkulutuksen mukaan, joksi saatiin 5300 kWh. Luku on varsin suuri, mutta vapaa-ajan asuntojen sähkönkulutuksessa on vahva nouseva suuntaus, koska enenevä osa asunnoista varustetaan ympärivuotisen asumisen vaatimustason laitteilla. Pitkään arviointiajanjaksoon perustuen ennusteissa keskkulutuksena käytetään arvoa 6000 kWh vuodessa.

Taulukossa 6.2 on arvioitu Iitin kunnan alueella tapahtuvaa vakinaisen ja vapaa-ajan asuntojen rakentamista. /10,11/. Taulukossa on myös arvioitu rakennusajankohtaa, ennustettu sähköenergian tarvetta ja vaikutusta aluetta syöttäviin kj-lähtöihin.

Taulukko 6.2. Iitin asuntorakentamisennuste ja sen sähköenergian lisätarve vuosina 2004-2020

Kohde	Rakennuspaikka				Rakentamisajankohta					Lisäys [MWh]	Kj-lähtö
	KT	RT	OKT	VA	2004-05	2006-10	2011-15	2016-20	Muu		
Kausala	3	20	4		4	10	8	5		852	KSAL01
Teilimäki		3	14		3	7	4	3		351	KSAL03
Myllytöyry länsi			6		2	2	1	1		108	KSAL01
Myllytöyry itä			3			1	1	1		54	KSAL01
Ainola		5	9		1	4	3	2	4	210	KSAL01
Pentimäki			12		2	3	3	2	2	180	KSAL05
Kansanmäki			10		1	1	1	1	6	72	KSAL03
Vuolenkoski		4	8		4	5	2	1		276	MAN1
Pohjanmäki		3	11		2	5	3	2	2	261	KSAL08
Mullikkamäki			5		2	2	1			90	KSAL08
Haravakylä		2	5		1	2	2	2		156	KSAL01
Muut		1	4	4	2	3	2	2		129	MAN2
Kymijoki-Mankala	rantatontit			141	1	5	5	2	128	78	MAN1+MAN2
	taustapaikat			54	2	3	3	3	43	66	MAN1+MAN2
Kymijoki-Konnivesi.	rantatontit			110	2	5	7	6	90	120	MAN1
	taustapaikat			55	1	2	1	1	50	30	MAN1
Pyhäj-Leinins.- Urajärvi.	rantatontit			140	2	5	5	4	124	96	KSAL08
	taustapaikat			43	2	2	1	1	37	36	KSAL06
Yhteensä	3	38	91	547	34	67	53	39	486	3165	

Asuntojen lisääntymisen energian tarve ajanjaksolla 2004-2020 on taulukon 6.2 mukaan Iitissä yhteensä noin 3,2 GWh.

Koska päämuuntajiin ja kj-lähtöihin kohdistuvan huipputehon P_k lisäyksen selvittäminen on lähinnä suuntaa-antava, voidaan eri alueiden arvioituihin vuosienenergiöihin perustuen käyttää Velanderin kaavaa

$$P_k = \sum_{i=1}^n \alpha_i (k_{1i} W_i + k_{2i} \sqrt{W_i}) \quad (6.4)$$

missä	α_i	osallistumiskerroin
	k_{1i}	Velanderin kaavan kerroin
	k_{2i}	Velanderin kaavan kerroin
	W_i	vuosienergia

Velanderin kaavaan on käytetty kertoimen k_1 arvona yksityisen kulutuksen arvoa 0,29 ja k_2 kertoimen arvona on 0,08 ja osallistumiskertoimena on käytetty arvoa 1. /2/

Jalostus, palvelu ja julkisen alan tehon tarpeen kasvun arvioidaan Iitissä olevan lähivuosina vähäistä ja koko tälle ajanjaksolle 2005-2020 uutta tehon tarvetta syntyy noin 1,2 MW, jonka vaikutus tarkastelujakson vuositasolla on keskimäärin noin 69 kW. Kyseinen tehotarve arvioidaan keskittyvän eri kj-lähdöille KSAL01, 03 ja 06 sekä MAN1. Maatalouden energian käytön lisäys oletetaan sisältyvän ominaiskulutuksen kasvuun Iitissä. Julkisen kulutuksen kasvuun vaikuttaa osatekijänä Kausalan tekojääräadan valmistuminen syksyllä 2004. Sen tehotarve on noin 0,2 MW.

Iitin kunnan alueen asuntorakentamisesta vuosina 2004-2020 aiheutuvasta energiantarpeen lisäyksestä johtuvan huipputehon lisätarvetta kj-lähdöittäin on arvioitu taulukossa 6.3.

Taulukko 6.3. Iitin asuntotuotannosta ym. investoinnista johtuva päämuuntajien ja kj-lähtöjen vuosien 2004-2020 kuormituksen arvioitu lisäys

Päämuuntaja	Kj-lähtö	As. tuot.en. lisäys v.2020 [MWh]	Jalostus ym. tehon lisäys v. 2020 [kW]	As.tuot.tehon lisäys [kW]	Kuormitus- aste [%]
KSA PM1	KSAL01	1380	500	403	+11
KSA PM1	KSAL03	423	200	124	+5
KSA PM1	KSAL05	180		53	+1
KSA PM1	KSAL06	36	400	11	+6
KSA PM1	KSAL08	447		131	+2
MAN PM1	MAN1	540	100	158	+2
MAN PM1	MAN2	159		47	+1
	yhteensä	3165	1200	929	

6.2 Valkeala

Valkealan kunnan väestöennuste on esitetty taulukossa 6.4. Käytettävissä oli kaksi ennustetta, toisena kunnan oma tapahtuneeseen väestökehitykseen pohjautuva ja Tilastokeskuksen laatima ennuste vuoteen 2020 asti.

Taulukko 6.4. Valkealan asukasluvun kehitys vuoteen 2020

Vuosi	2000	2005	2010	2015	2020
Kunnan ennuste	11328	11350	11500	11450	11400
Tilastokeskuksen ennuste	11328	11267	11218	11172	11155

Valkealan kunnan tekemä väestöennuste pitää paremmin nykyhetken valossa paikkansa, joten alueelle tehdyt sähkönkäyttöennusteet perustuvat omalta osaltaan siihen. Väestörekisterikeskuksen mukaan Valkealassa oli asukkaita 31.7.2004 kaikkiaan 11355 ja 31.12.2003 heitä oli 11243. Toteutunut väestön kasvu oli tuolloin 112 henkeä, joka tarkoittaisi noin 1,7 % kasvua keskimäärin vuositasolla. Ennusteen mukaan kasvu ei kuitenkaan jatku samanlaisena vuoden 2005 loppuun asti. Sen mukaan koko jakson kasvu jäisi 5 henkeä pienemmäksi eli kasvua tapahtuisi yhteensä 107 henkeä, joka on noin 0,5 % vuositasossa. Seuraavat 5 vuotta kasvu on ennusteen mukaan hidastuvaa eli keskimäärin noin 0,3 % vuodessa, henkilömäärältään 150 henkeä. Seuraavina 10 vuotena väkiluku kääntyy lievään laskuun. Lukumäärältään 100 henkeä eli vuositasolla se on keskimäärin alle 0,01 % laskua.

Väestömäärän muutos vaikuttaa osaltaan sähkön kulutuksen kasvuun. Yksityis-, maatalous-, palvelu-, jalostussektorin ja julkisen kulutuksen muutokset vaikuttavat myöskin Valkealan alueen sähköverkkoa syöttävien päämuuntajien ja verkon kuormitukseen. Valkealan alueella sähkönkäytön kasvu on KSS:n energiatilastojen mukaan ollut vuosina 1999-2003 keskimäärin 2,9 %. Tilastojen perusteella voidaan olettaa ominaiskulutuksen kasvavan Valkealan alueella 1 % vuosivauhtia. Loppuosa 1,9 % keskimääräiselle sähkön käytön lisääntymiselle selittyy muulla kasvulla, jota edustavat uudisrakentaminen ja julkisen sekä yksityisen sektorin energian kulutusta kasvattavat investoinnit.

Asuntorakentaminen Valkealan kunnan alueella on ollut vuosina 1995-2001 yhteensä 386 asuntoa keskimäärin 55 asuntoa vuodessa, josta osa on vanhaa rakennuskantaa korvaavaa rakentamista. /8/. Oletetaan asuntorakentamisen muutoksen noudattelevan väestönkasvun vaihtelua ja olevan vuoden 2005 ajan vielä edellisvuosien tasolla, jonka jälkeen rakentamisvauhti hieman laskee kohti vuotta 2020. Asuntomuotona omakotitaloja (OKT) rakennettaneen keskimäärin 30-40 vuodessa, rivitaloja (RT) keskimäärin 1-3 vuodessa ja kerrostaloja (KT) koko tarkastelujaksolla 2004-2020 korkeintaan 3-4.

Rakennuspaikat on arvioitu tiedossa olevien kaavoitettujen ja muuten kyseeseen tulevien alueiden mukaan. /12,13,14/. Valkealan asuntorakentaminen sijoittuu suurelta osin Kouvolan ja Valkealan välimaastoon kaavoitetuille asuinalueille.

Valkealan kunnan alueella tapahtuvaa vakinaisen ja vapaa-ajan asumisen (VA) rakentamismäärää, sen aiheuttamaa energiantarvetta sekä lisäyksen sijoittumista eri sähköasemien kj-verkoston lähtöihin on arvioitu taulukossa 6.5.

Taulukko 6.5. Valkealan asuntorakentamisennuste ja sen sähköenergian lisätarve vuosina 2004-2020

Kohde	Rakennuspaikka				Rakentamisajankohta					Lisäys [MWh]	Kj-lähtö
	KT	RT	OKT	VA	2004-05	2006-10	2011-15	2016-20	Muu		
Kirkonkylä	4	29	36		19	22	16	12	0	1945	VALL06
Lautaro		5	30		8	11	9	7	0	705	KSPL08
Hurmanmäki			25		4	8	7	6	0	450	VALL03
Koivuranta		2	16		4	5	5	4	0	354	VALL06
Kartanonlahti		2	10			4	5	3	0	246	VALL06
Nisos			20			8	7	5	0	360	KSPL08
Koivukuja ym.			6		1	3	2		0	108	VHTL12
Saaranmaa			15			6	5	4	0	270	KSPL08
Saarento			20		2	6	5	4	3	306	KSPL08
Anttila			4			1		1	2	36	VALL03
Kääpälä			13			1	1		11	36	VALL09
Vuohijärvi			4		1	1	1		1	54	VALL03
Muut		5	95		6	14	12	10	58	831	VALL03-09
Etelä-Valkeala	rantatonntti			350	6	16	16	14	298	312	VALL05 ja
	taustamaasto			42	2	3	3	2	32	60	VHTL12
Pohjois-Valkeala	rantatonntti			205	8	17	17	14	149	336	VALL03,07,09 ja
	taustamaasto			3		1	1		1	12	PILL04,05
Yhteensä	4	43	294	600	61	127	112	86	555	6421	

Uudisrakentamisesta syntyy uutta energiantarvetta koko Valkealassa noin 6,4 GWh vuoteen 2020 mennessä. Asuntorakentamisesta ja muista investoinneista vuosina 2004-2020 aiheutuvasta arvioidusta energiantarpeen lisäyksestä johtuvan huipputehon lisätarve kj-lähdöittäin on esitetty taulukossa 6.6. Huipputeho on laskettu Velerin kaavaa (6.4) käyttäen, kuten kappaleessa 6.1 on esitetty.

Taulukko 6.6. Valkealan asuntotuotannosta johtuva päämuuntajien ja kj-lähtöjen vuosien 2004-2020 arvioitu kuormituksen lisäys

Päämuuntaja	Kj-lähtö	As. tuot.en.lisäys v. 2020 [MWh]	Jalostus ym. lisäys v. 2020 [kW]	As.tuot.tehon lisäys [kW]	Kuormitus- aste [%]
VAL PM1 ja 2	VALL03	804	200	235	+5
VAL PM1 ja 2	VALL05	330		97	+1
VAL PM1 ja 2	VALL06	2635	520	768	+10
VAL PM1 ja 2	VALL07	288		85	+1
VAL PM1 ja 2	VALL08		580		+12
VAL PM1 ja 2	VALL09	285		84	+1
KSP PM1	KSPL08	1641		479	+4
PIL PM1	PILL04	60		18	+0
PIL PM1	PILL05	84		25	+0
VHT PM2	VHTL12	294	200	87	+2
	yhteensä	6421	1500	1879	

Ominaiskulutuksen kasvu sekä uudisrakentaminen selittävät osan Valkealan alueella tapahtuvaa sähköenergian käytön lisääntymistä. Siihen vaikuttavat myös alueen maatalouden, teollisuuden, kaupan, palvelujen ja julkisen sektorin energian kulutusta suurentavat toiminnan ja investointien kasvu. Kunnassa on kaksi valtakunnallisesti merkittävää ja kehittyvää varuskuntaa, jotka ovat lisänneet sähkön käyttöä. Utin varuskunnan kehittäminen tulee nostamaan kunnan palvelujen tarvetta alueelle ja sitä kautta julkisen palvelun energiakulutusta.

Teollisuuden pysyminen ja kehittyminen on tärkeää alueen energihuollolle. Merkittävä teollisuuslaitos Valkealassa on Kalson Teollisuus Oy, jonka toiminnan jatkuminen on ollut aikaisempina vuosina vaakalaudalla. Maatalous ja palvelut ovat myös tärkeitä osa-alueita Valkealassa. Jalostuksen ja palveluiden investointien kautta lisääntyvä tehon tarve oletetaan olevan noin 1,5 MW koko tarkastelujaksolle 2004-2020, joka on alle 100 kW vuositasolla. Kyseinen lisätehontarve oletetaan jakautuvan pääasiassa Jokelan (VALL06), Utin (VHTL12) ja teollisuusalueen (VALL08) lähdöille.

6.3 Kouvola

Väestörekisterin mukaan Kouvolaan oli asukkaita 31.12.2002 kaikkiaan 31394 ja 31.12.2003 yhteensä 31339. Muutos vuoden 2002 lopusta oli - 0,1 %. Väkiluku 31.8.2004 oli 31288, joka merkitsee noin 0,2 % pienennystä edellisestä vuodesta vuositasolla. Tilastokeskuksen laatiman Kouvolan kaupungin väestöennuste on esitetty taulukossa 6.7. Ennusteen mukaan väki vähenee vuoden 2003 lopusta vuoden 2005 loppuun 138 henkeä eli vähennys olisi keskimäärin 0,2 % vuodessa. Seuraavassa 5 vuodessa vähenemä kasvaa lievästi ennusteen mukaan ja on sinä aikana keskimäärin noin 0,5 % vuodessa ja on henkilömäärältään 287 henkeä. Vuoteen 2020 väkiluku pienenee lisää 434 henkeä, joka on prosentuaalisesti 0,7 % vuodessa.

Taulukko 6.7. Kouvolan väestöennuste 2000-2020

Vuosi	2003	2005	2010	2020
Asukasluku	31130	30992	30705	30271

Väestön rakenteen vanheneminen ja muuttuminen suurelta osalta yhden henkilön talouksiksi sekä siirtyminen lähemmäs palveluja saa aikaan lisääntyvää kerrostaloasuntojen tarvetta keskustaan, jossa joudutaan korottamaan rakentamisen tehok-

kuusastetta tiivistymisen myötä. Osittain liike- sekä asumiskäyttöön tulevia uusia tai saneerattuja kerrostaloja tullaan rakentamaan keskustan alueelle lisää.

Samalla tapahtuu kuten muuallakin vanhemman väestönosan ennen asuttamissa pientaloasunnoissa muutos, joka johtaa näiden asuntojen sähkönkulutuksen kasvuun uusien asukkaiden saneeraustoimien myötä. Pientaloasuminen laajenee pääosin Kouvolan keskustaa lähes itä-länsi suunnassa halkovan rautatien etelä- ja pohjoispuolisilla reuna-alueilla. Työpaikka-alueet taas seuraavat laajentumisessaan enemmän rautatielinjausta itään ja länteen. Keskustan kaupan palvelutarjonta on keskittynyt suurelta osin kävelykadun lähialueeseen ja koko Kouvolan talousaluetta palveleva tavaratalo-alue on sijoittunut Kuusankosken ja Kouvolan välimaastoon.

Kouvolan alueen sähkönkäyttö on lisääntynyt vuosina 1993-2003 keskimäärin noin 2,1 %. Ominaiskulutuksen kasvuksi Kouvolan alueella oletetaan 1,5 % KSS:n omiin energiankäyttötilastoihin perustuen. Keskimääräisen kasvun ominaiskulutuksen ylittävä osa on siten ollut 0,6 %.

Kaupunkimaisessa kerrostalorakentamisessa on jo jonkin aikaa ollut meneillään saneerausvaihe eli 20-30 vuotta vanhoja rakennuksia peruskorjataan paljon. Tämän tyyppinen rakentaminen ei sido uutta tehoa yhtä paljon kuin uudisrakentaminen, vaan se korvaa entistä. Kouvolan alueella rakennetaan myös uusia kerrostaloja usein entisen pienemmän eri tyyppisen rakennuksen vajaan rakennetulle tontille. Kouvolassa on rakennettu vuosien 1995-2001 välisenä aikana 949 asuntoa, mikä on keskimäärin 136 asuntoa vuodessa. /8/

Asuinkerrostalo kaupunkialueella sisältää laskelmissa 30 asuntoa, joiden keskimääräinen asuntopinta-ala 75 m². Kerrostalon sähköenergian vuosikulutukseksi on arvioitu laskelmissa 90 MWh. Muut vuosienergiat on arvioitu kuten kohdassa 6.1. Rakennuspaikat on arvioitu laskentahetkellä tiedossa olevien kaavoitettujen ja muuten kyseeseen tulevien alueiden mukaan. /15/. Vapaa-ajan rakentamispaikkoja ei kaupungin alueella juuri ole.

Kouvolan alueella tapahtuvaa asumisrakentamismäärää, siitä aiheutuvaa energiantarvetta ja lisäyksen sijoittumista eri sähköasemien kj-verkoston lähtöihin on arvioitu taulukossa 6.8.

Taulukko 6.8. Kouvolan asuntorakentamisennuste ja sähköenergian arvioitu lisätarve vuoteen 2020

Kohde	Rakennuspaikka			Rakentamisajankohta				Lisäys [MWh]	Kj-lähtö
	KT	RT	OKT	2004-05	2006-10	2011-15	2016-20		
Keskusta	7			3	2	1	1	630	VHTL02
Vatajanpuisto		4	40	20	20	4		852	KJLL18
Penttilä ym.			4	1	2	1		72	VHTL20
Mielakka			20	2	8	7	3	360	VHTL22
Kaupungin puutarha			4	2	2			72	VHTL16
Perä-Käpylä		3	17		15	5		405	VHTL02
Lehtomäki	10	5	25	5	20	10	5	1515	KSPL10
Sarkola	3	5	20	2	10	9	7	795	VHTL16
Kasarminmäki	5	10		1	5	7	2	780	KJLL17
Muut		5	15	2	5	5	8	435	VHTL02, 08
Yhteensä	25	27	130	38	89	49	26	5916	

Kouvolan alueen uudisrakentaminen tuottaa noin 5,9 GWh lisäenergian tarpeen vuoteen 2020. Jalostuksen tulevaa energian tarpeen lisäystä on vaikea arvioida, koska tällä hetkellä joidenkin Kouvolaissa toimivien yritysten tulevaisuus näyttää olevan vaikeuksissa. Tämä aiheuttaa lähivuosina todennäköisesti jonkin verran energian tarpeen vähenemistä näillä vanhoilla teollisuuslaitoksilla. Toisaalta uusi teollisuusalueen laajennus on suunnitteilla Tykkimäki-Teholan ja Korjalan alueille. Kasarminmäen alueelle IT-campukselle taas puolestaan on suunnitteilla toimisto- ja opetustiloja yliopisto ja yrityskäyttöön. Tehonlisäykseksi edellisistä vuoteen 2020 oletetaan 1,5 MW ottaen huomioon aiemman yritystoiminnan ennakoitujen supistukset.

Kouvolan alueen asuntorakentamisesta ja muista investoinneista vuoteen 2020 asti arvioitu huipputehon lisätarve kj-lähdöittäin jaettuna on esitetty taulukossa 6.9. Huipputehot on laskettu Velanderin kaavaa (6.4) käyttäen, kuten kappaleessa 6.1 on esitetty.

Taulukko 6.9. Kouvolan asuntotuotannosta ja muista investoinneista johtuva päämuuntajien ja kj-lähtöjen vuosien 2004-2020 kuormituksen arvioitu lisäys

Päämuuntaja	Kj-lähtö	As. tuot.en.lisäys v. 2020 [MWh]	Jalostus ym. lisäys v. 2020 [kW]	As.tuot.tehon lisäys [kW]	Kuormitusaste [%]
KJL PM1	KJLL09		300		+4
KJL PM1	KJLL17	780	600	228	+11
KJL PM1	KJLL18	852		249	+3
KSP PM1	KSPL10	1515		442	+5
VHT PM1	VHTL02	1253		366	+3
VHT PM1	VHTL08	217		64	+1
VHT PM1	VHTL16	867		254	+2
VHT PM1	VHTL20	72		22	+0
VHT PM2	VHTL22	360	600	106	+9
	yhteensä	5916	1500	1732	

6.4 Kuusankoski

Väestörekisterikeskuksen tilastojen mukaan Kuusankoskella oli vuoden 2000 lopussa asukkaita oli 20656 ja 31.12.2003 asukkaita yhteensä 20391. Muutos tänä aikana oli keskimäärin $-0,32$ % vuodessa. Tilastokeskuksen laatima Kuusankosken kaupungin väestöennuste on esitetty taulukossa 6.10. Ennuste on tehty ennen vuotta 2000 ja sen pohjatieto vuodelta 2000 on jo virheellinen, mutta muutoksen määrä ja suunta voidaan olettaa oikeiksi. Ennusteen mukaan asukasluvu vähenee vuoden 2000 lopusta vuoden 2005 loppuun 291 henkeä eli vähennys olisi keskimäärin $0,28$ % vuodessa. Seuraavassa 5 vuodessa vähenemä pienenee ennusteen mukaan hieman ja on sinä aikana keskimäärin noin $0,26$ % vuodessa ja 265 henkeä. Vuoteen 2015 väkiluku pienenee lisää 256 henkeä, joka on prosentuaalisesti $0,25$ % vuodessa. Viimeinen viisivuotiskausi vuoteen 2020 vähentää väkilukua edelleen $0,23$ % vuosivauhtia.

Taulukko 6.10. Kouvolan väestöennuste 2000-2020

Vuosi	2000	2005	2010	2015	2020
Asukasluvu	20979	20688	20423	20167	19931

Tärkeä työllistäjä Kuusankoskella ovat UPM:n tehtaot, jotka hoitavat sähköenergiansa tuotannon itse tai ottavat sen suoraan kantaverkosta ja sen vuoksi niiden sähköön käyttö jää tämän tarkastelun ulkopuolelle. Pienempiä työpaikka-alueita on muodostunut useampia Korialle ja Kouvolaan johtavien teiden ympäristöön. Kaupan palvelutarjonta ja työpaikat ovat keskittyneet suurelta osin keskustan lähialueeseen lukuunottamatta viimeaikaista kehitystä, jolloin kaupan ja muiden palvelujen alue on alkanut kehittyä Kilta- sekä Helsingintien varteen. Perinteisesti Kuusankosken ja

Kouvolan välimaastoon sijoittunut suurien tavaratalojen palvelualue on saanut uutta kilpailua. Osa uudesta pienteollisuudesta sijoittuu UPM:ltä vapautuviin Kymin tehtaan tiloihin.

Kuusankosken alueen sähkönkäyttö on lisääntynyt vuosina 1993-2003 keskimäärin noin 1,5 %. KSS:n omiin energiankäyttötilastoihin perustuen ominaiskulutuksen kasvuksi Kuusankosken alueella arvioidaan 1 %. Keskimääräisen kasvun ominaiskulutuksen ylittävä kasvu on siten ollut 0,5 %.

Pientaloasuminen laajenee pääosin Kuusankosken keskustan ulkopuolisilla alueilla osin laajentamalla vanhoja pientaloalueita. Kaupunkimaisessa kerrostalorakentamisessa meneillään oleva saneerausvaihe ei ole vielä varsinaisesti alkanut Kuusankoskella suhteellisen nuoresta rakennuskannasta johtuen. Uusia kerrostaloja tässä kaupungissa rakennetaan korkeintaan yhden pienkerrostalon vuosivauhdilla. Kuusankoskella on rakennettu vuosien 1995-2001 välisenä aikana 313 asuntoa, joka tarkoittaa keskimäärin noin 45 asuntoa vuodessa. /8/

Uudisrakentamisen vuosienergiat on arvioitu kuten kohdassa 6.1. Rakennuspaikat on huomioitu laskentahetkellä tiedossa olevien kaavoitettujen ja muuten kyseeseen tulevien alueiden mukaan. /16,17/. Vapaa-ajan rakentamispaikkoja ei kaupungin alueella juuri ole.

Kuusankosken alueella tapahtuvaa asumisrakentamismäärää, siitä aiheutuvaa energiantarvetta ja lisäyksen sijoittumista eri sähköasemien kj-verkoston lähtöihin on arvioitu taulukossa 6.11.

Taulukko 6.11. Kuusankosken asuntorakentamisennuste ja tästä aiheutuvan sähköenergian arvioitu lisätarve vuoteen 2020

Kohde	Rakennuspaikka			Rakentamisajankohta				Lisäys [MWh]	Kj-lähtö
	KT	RT	OKT	2004-05	2006-10	2011-15	2016-20		
Itäinen Linjapuisto	2			1	1			80	NIRL16
Katajamäki			13	2	8	3		234	KSPL11
Pokinpelto			3	1	1	1		54	KSPL02
Sipilänmäki			7	2	5			126	NIRL12
Sammalkorpi			16	10	6			288	NIRL11
Pappilantie			4	2	2			72	NIRL16
Pilkanmaa			4	2	2			72	PILL05
Mäentausta			7		2	2	3	126	PILL09
Laarinpelto			3		1		2	54	PILL10
Kyminkatu ym.	4				1	2	1	160	KSPL02
Niskala		5	18	2	9	10	2	489	NIRL11
Rantakulma		5		1	4			165	NIRL10
Rauhala		5	15		15	5		435	NIRL12
Lähdepellontie			4		2	2		72	PILL03
Okamäki			4		2	2		72	NIRL10
Kytöaho			20		5	12	3	360	NIRL11
Pappilanranta		6	4		8	2		270	NIRL10
Töyrylä			35		8	15	12	630	NIRL02
Muut	4	3	20	4	5	8	10	619	NIRL10,11,16
Yhteensä	10	24	177	27	87	64	33	4378	

Kuusankosken alueen uudisrakentamisesta aiheutuu vuoteen 2020 mennessä kokonaisuudessaan noin 4,4 GWh lisäenergian tarve. Kehitysnäkymien perusteella kaupan, julkisten palvelujen ja pienteollisuuden lisäystä voi olettaa tulevan Maunukselan Kiltatien lähialueelle ja Kouvolan Kuusankosken välimaaston palveluille ja pienteollisuudelle varatuilla alueilla. Tehonlisäykseksi edellisistä oletetaan 1,1 MW.

Kuusankosken asuntorakentamisesta ja muista investoinneista vuoteen 2020 asti arvioitu huipputehon lisätarve kj-lähdöittäin on esitetty taulukossa 6.12. Huipputehot on laskettu Velanderin kaavaa (6.4) käyttäen, kuten kappaleessa 6.1 on esitetty.

Taulukko 6.12. Kuusankosken asuntotuotannosta ja muista investoinneista johtuva päämuuntajien ja kj-lähtöjen vuosien 2004-2020 kuormituksen arvioitu lisäys

Päämuuntaja	Kj-lähtö	As. tuot.en.lisäys v. 2020 [MWh]	Jalostus ym. lisäys v. 2020 [kW]	As.tuot.tehon lisäys [kW]	Kuormitus- aste [%]
NIR PM1	NIRL02	630		185	+2
NIR PM1	NIRL10	713		209	+3
NIR PM2	NIRL11	1343		392	+3
NIR PM1	NIRL12	561		165	+2
NIR PM2	NIRL14		300		+3
NIR PM1	NIRL16	359	300	106	+4
KSP PM1	KSPL02	214	500	63	+5
KSP PM2	KSPL11	234		69	+1
PIL PM1	PILL03	72		22	+0
PIL PM1	PILL05	72		22	+0
PIL PM1	PILL09	126		37	+0
PIL PM1	PILL10	54		16	+0
	yhteensä	4378	1100	1285	

6.5 Anjalankoski

Väestörekisterikeskuksen tilastojen mukaan koko Anjalankoskella oli vuoden 2000 lopussa asukkaita 17631 ja 31.12.2003 asukkaita yhteensä 17106. Muutos tänä aikana oli keskimäärin -0,74 % vuodessa. Samaan aikaan kaupungin tilaston mukaan KSS:n jakelualueeseen kuuluvassa osassa aluetta väestömuutos oli hieman lievempää. Muutos oli taulukon 6.13 mukaan keskimäärin -0,59 % vuositasolla. Käytettävissä ei ollut ennustetta, jonka mukaan tulevaa asukasluvun muutosta olisi voinut arvioida. Oletetaan muutoksen jatkuvan samanlaisena kuin edellisinä vuosina. Tasaisella nopeudella alueen väestö vähenee vuoteen 2020 mennessä 6803 henkeen vähennyksen ollessa keskimäärin 0,59 % vuodessa.

Taulukko 6.13. Myllykosken ja ympäristön väestömuutos 2000-2003

Vuosi	2000	2001	2002	2003
Asukasluku	7659	7567	7527	7478

Tärkeä työllistäjä Anjalankoskella on Myllykoski Paper Oy:n tehtaat, jotka kuitenkin hoitavat sähköenergiansa tuotannon itse tai ottavat sen suoraan kantaverkosta ja sen vuoksi niiden sähkön käyttö jää tämän tarkastelun ulkopuolelle.

KSS:n jakelualueeseen kuuluu Anjalankoskesta Myllykosken, Keltakankaan ja Ummeljoen alueet. Tämän alueen sähkönkäyttö on lisääntynyt vuosina 1996-2002 keskimäärin noin 2,3 %. KSS:n omiin energiankäyttötilastoihin perustuen ominais-

kulutuksen kasvuksi Myllykosken alueella arvioidaan 1,5 %. Keskimääräisen kasvun ominaiskulutuksen ylittävä kasvu on siten ollut 0,8 %.

Pientaloasuminen laajenee pääosin Myllykosken keskustan ja ympäristön alueilla osin laajentamalla vanhoja pientaloalueita. Uusia kerrostaloja Myllykosken keskustaan rakennetaan korkeintaan yksi pienkerrostalo 3-5 vuoden välein. Koko Anjalankoskella on rakennettu vuosien 1995-2001 välisenä aikana 361 asuntoa eli keskimäärin noin 52 asuntoa vuodessa, joista osa sijoittuu kyseiselle KSS:n jakelualueelle. /8/

Uudisrakentamisen vuosienergiat on arvioitu kuten kohdassa 6.1. Rakennuspaikat on huomioitu laskentahetkellä tiedossa olevien kaavoitettujen ja muuten kyseeseen tulevien alueiden mukaan. /18,19/. Vapaa-ajan rakentamispaikkoja ei Myllykosken, Keltakankaan ja Ummeljoen alueella juuri ole.

Alueella tapahtuvaa asumisrakentamismäärää, siitä aiheutuvaa energiantarvetta ja lisäyksen sijoittumista Myllykosken sähköaseman kj-verkostojen lähtöihin on arvioitu taulukossa 6.14.

Taulukko 6.14. Myllykosken ja ympäristön asuntorakentamisennuste ja tästä aiheutuvan sähköenergian arvioitu lisätarve vuoteen 2020

Kohde	Rakennuspaikka			Rakentamisajankohta				Lisäys [MWh]	Kj-lähtö
	KT	RT	OKT	2004-05	2006-10	2011-15	2016-20		
Keskusta	5		15	3	7	5	5	470	MYEL08
Sorsajoenpuisto			33		15	10	8	594	MYEL03
Kurkimäki pohj.			22	3	8	8	3	396	MYEL08
Koivusaari etel.		2	20		8	8	6	426	MYEL08
Aittotie ym.			12	3	3	3	3	216	MYEL06
Keltakangas			10	4	4	2		180	MYEL03
Yhteensä	5	2	112	13	45	36	25	2282	

Alueen uudisrakentaminen synnyttää noin 2,3 GWh lisäsähköenergian tarpeen vuoteen 2020 mennessä.

Myllykosken ja ympäristön varsinainen teollisuusalue sijoittuu Keltakankaan Ekopark-alueelle, joka ei kuulu KSS:n jakelualueeseen. Kehitysnäkymien perusteella muuta kaupan- ja pienteollisuuden lisäystä voi olettaa tulevan Keltakankaan lähi-alueelle ja Ummeljoelle palveluille ja pienteollisuudelle varatuille alueille.

Näiden tarvitsema tehonlisäys oletetaan vuoteen 2020 asti olevan yhteensä 0,6 MW. Julkisen sektorin lisäyksenä rakennetaan Keltakankaalle uusi lukio vuonna 2007. Tämän sektorin tehon tarpeen lisäys kokonaisuudessaan oletetaan olevan tarkastelujakson loppuun hyvin maltillinen eli yhteensä noin 0,4 MW.

Myllykosken ja sen ympäristön asuntorakentamisesta ja muista investoinneista vuoteen 2020 asti arvioitu huipputehon lisätarve kj-lähdöittäin on esitetty taulukossa 6.15. Huipputehot on laskettu Velanderin kaavaa (6.4) käyttäen, kuten kappaleessa 6 on esitetty.

Taulukko 6.15. Myllykosken ja ympäristön asuntotuotannosta ja muista investoinneista johtuva päämuuntajien ja kj-lähtöjen vuosien 2004-2020 kuormituksen arvioitu lisäys

Päämuuntaja	Kj-lähtö	As. tuot.en.lisäys v. 2020 [MWh]	Jalostus ym. lisäys v. 2020 [kW]	As.tuot.tehon lisäys [kW]	Kuormitus- aste [%]
MYE PM1	MYEL03	774	400	227	+6
MYE PM1	MYEL06	216	200	64	+3
MYE PM1	MYEL08	1292	400	378	+8
	yhteensä	2282	1000	668	

7 SÄHKÖASEMIEN KUORMITUKSET 2004 – 2020

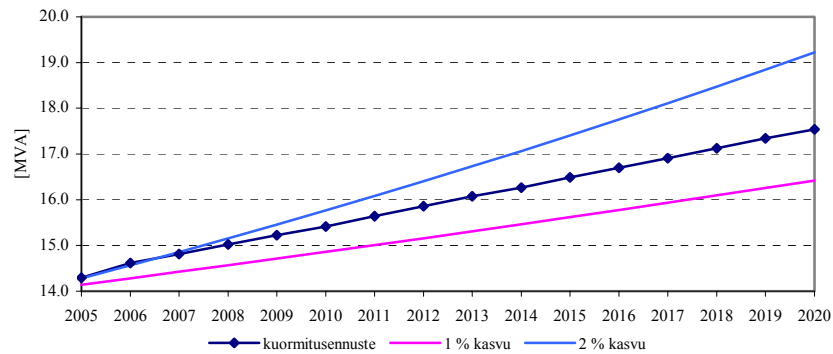
Kulutuseennusteiden pohjalta laaditut kuormituseennusteet sähköasemittain ja jakelualueittain on tehty käyttäen pohjakuormituksena IS:n ja KSS:n sähkönkulutustilastoja ja kappaleen 4 sähköasemien ja kj-lähtöjen huipputehoja.

7.1 Kausala

Kappaleessa 6 määritetyt asuntorakentamisen, jalostuksen ja palvelujen aiheuttama tehon kasvu lisää Kausalan sähköaseman päämuuntajakuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvua vähentää uusien laitteiden energiatehokkuuden paraneminen, mutta toisaalta laitteiden määrän lisääntyminen kompensoi tätä muutosta. Oletetaan ominaiskulutuksen kasvun olevan vuoteen 2020 vuositasolla 1 %. Voidaan myös olettaa kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan ja lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 päämuuntajakuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 3,6 MVA vuoteen 2020 mennessä.

7.1.1 Päämuuntaja

Kausalan sähköaseman 20 MVA päämuuntajan kuormituksen kasvun kehittymistä vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.1. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 2 % vuositasoinen kasvua esittävät käyrät.

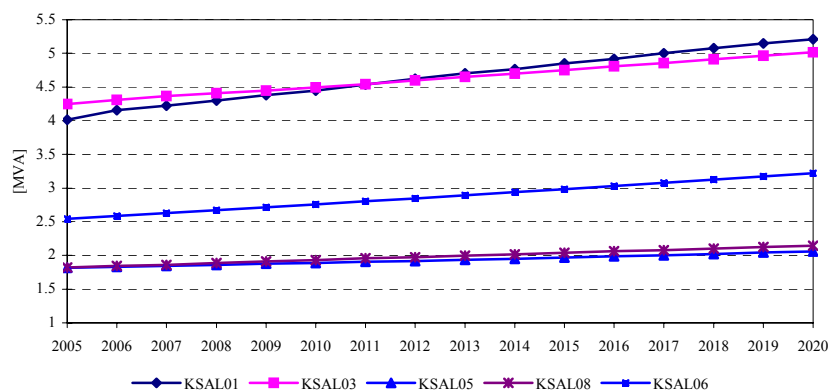


Kuva 7.1. Kausalan sähköaseman päämuuntajakuormituksen ennustettu kasvu vuoteen 2020.

Kuvan 7.1 ennusteen käyrästä kuvaa keskimääräistä sähkön kulutuksen kasvua. On huomattava, että kulutuksessa saattaa olla suuria vuotuisia vaihteluita jo pelkästään lämpötilavaihteluiden takia. Kausalan päämuuntajan huipunaikaiseksi kuormitus-tehoksi tulee ennusteen mukaan vuonna 2020 noin 17,6 MVA ja kuormitusaste on tuolloin 88 %. Reservitehoa on silloin jäljellä noin 2,4 MVA.

7.1.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.2 on esitetty Kausalan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.2. Kausalan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020.

Kausalan sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.1.

Taulukko 7.1. Kausalan sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

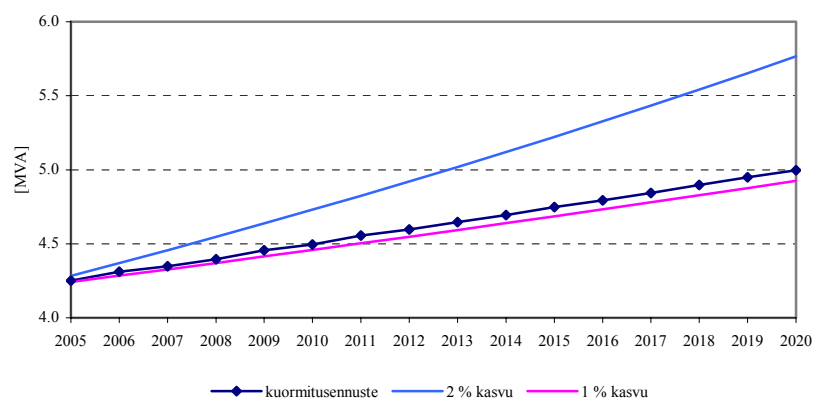
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
KSAL01	3,8	49	5,2	67	37
KSAL03	4,2	58	5,0	69	19
KSAL05	1,8	22	2,1	25	14
KSAL06	2,5	36	3,2	46	29
KSAL08	1,8	25	2,1	30	19

7.2 Mankala

Mankalan voimalaitoksen IS:n alueita syöttävän 10 MVA päämuuntajan kuormitus nousee ominaiskulutuksen ja väestön muutoksen sekä uudisrakentamisen vuoksi.

7.2.1 Päämuuntaja

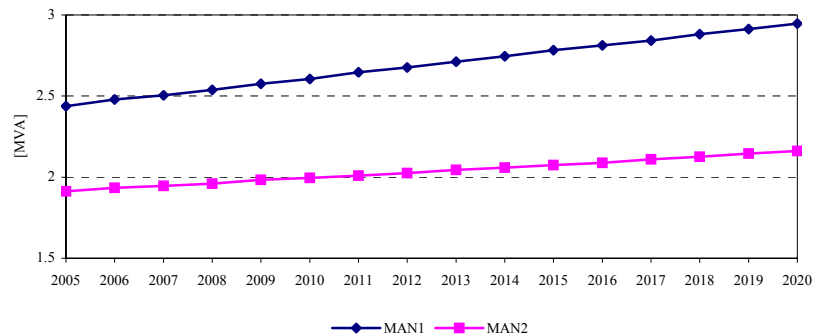
Mankalan päämuuntajan huipunaikainen kuormitus nousee ennusteen mukaan noin 0,8 MVA vuodesta 2004 nousuvauhdin ollessa melko vakaa 1 % vuositasolla kohottaen muuntajan kuormitustehoksi vuoteen 2020 mennessä noin 5,0 MVA ja kuormitusasteeksi 50 %. Normaalin kytkentätilanteen huipunaikaista reservitehoa on silloin muuntajalla jäljellä 5,0 MVA. Kuva 7.3 esittää graafisesti Mankalan tehohuipun kasvun ennusteen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.3. Mankalan päämuuntajan kuormitusennuste vuoteen 2020.

7.2.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.4 on esitetty Mankalan voimalaitoksen päämuuntajan IS:n kj-verkkoa syöttävien kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.4. Mankalan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020

Mankalan voimalaitoksen IS:n kj-verkkoa syöttävien kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.2.

Taulukko 7.2. Mankalan voimalaitoksen IS:n kj-verkkoa syöttävien lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

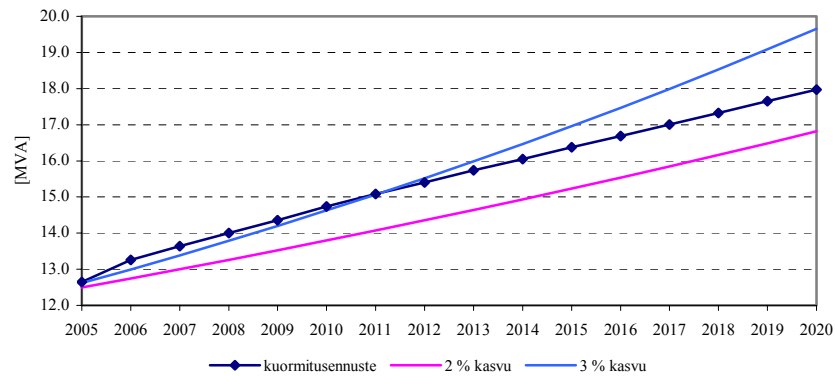
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
MAN1	2,4	24	2,9	29	23
MAN2	1,9	20	2,2	23	14

7.3 Valkeala

Kappaleessa 6 määriteltyjen asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Valkealan sähköaseman kahden rinnankytketyn 10 MVA päämuuntajan kuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Valkealassa vuoteen 2020 asti vuositasolla 1 % ja oletetaan kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan ja lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 päämuuntajakuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 5,6 MVA vuoteen 2020 mennessä.

7.3.1 Päämuuntajat

Valkealan sähköaseman kahden rinnankytketyn päämuuntajan kuormituksen kasvun kehittymistä vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.5. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi 2 ja 3 % vuositasoinen kasvua esittävät käyrät.

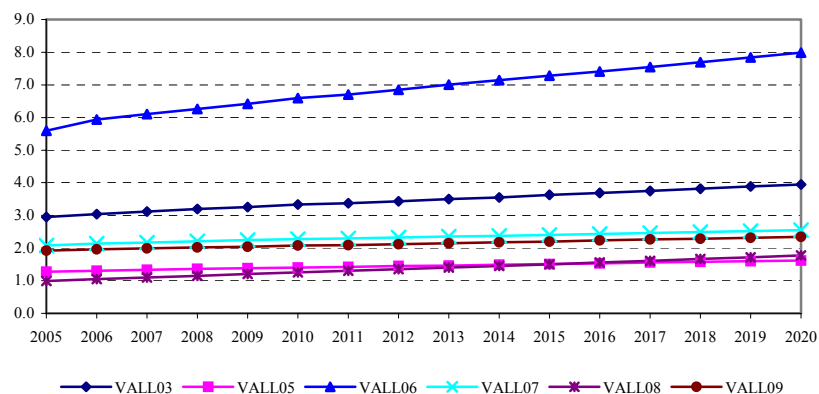


Kuva 7.5. Valkealan sähköaseman päämuuntajien kuormitusennuste vuoteen 2020.

Kuvan 7.5 ennuste edustaa keskimääräistä sähkön kulutuksen kasvua. Valkealan rinnankytkettyjen päämuuntajien yhteiseksi huipunaikaiseksi kuormitustehoksi vuonna 2020 tulee ennusteen mukaan noin 18.0 MVA ja kuormitusaste on tuolloin 90 %. Normaalin kytkentätilan reservitehoa on silloin jäljellä noin 2,0 MVA.

7.3.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.6 on esitetty Valkealan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.6. Valkealan sähköaseman kj-lähtöjen kuormitusennuste vuoteen 2020.

Valkealan sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.3.

Taulukko 7.3. Valkealan sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

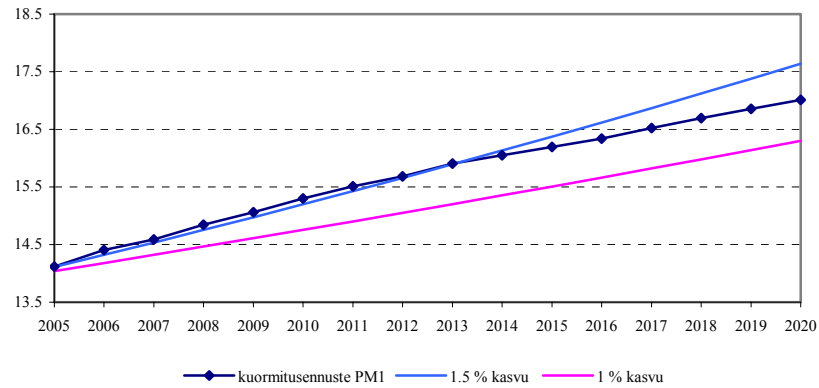
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
VALL03	2,9	31	3,9	42	35
VALL05	1,3	10	1,6	12	23
VALL06	5,4	42	7,9	62	47
VALL07	2,0	13	2,5	16	26
VALL08	0,9	8	1,8	16	96
VALL09	1,9	12	2,3	15	23

7.4 Vahteronmäki

Kappaleessa 6 määriteltyjen asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Vahteronmäen sähköaseman päämuuntaja-kuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Vahteronmäen sähköaseman alueella vuoteen 2020 asti vuositason kasvu 1,5 % ja kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan sekä lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 kuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 2,89 MVA PM1:lle ja PM2:lle 2,92 MVA vuoteen 2020 mennessä.

7.4.1 Päämuuntajat

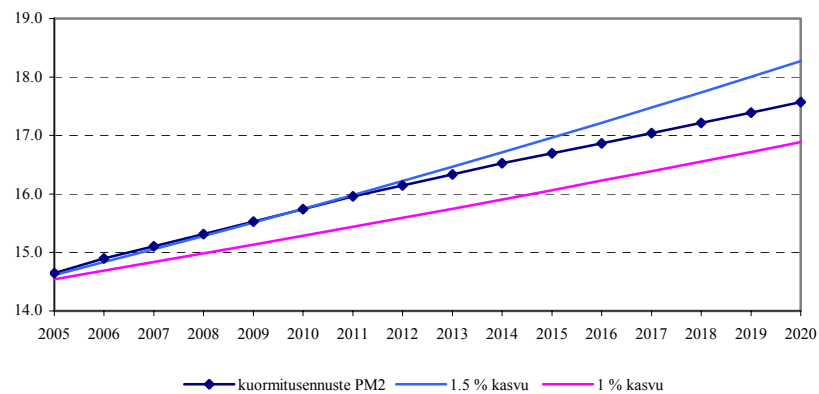
Vahteronmäen sähköaseman 25 MVA päämuuntajan PM1 kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.7. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 1,5 % vuositason kasvua esittävät käyrät.



Kuva 7.7. Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM1 kuormitusennuste vuoteen 2020

Vahteronmäen sähköaseman päämuuntaja PM1 huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan 17,0 MVA ja kuormitusaste 68,0 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 22,4 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 8 MVA.

Vahteronmäen sähköaseman 25 MVA päämuuntajan PM2 kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.8. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 1,5 % vuositasoon kasvua esittävät käyrät.

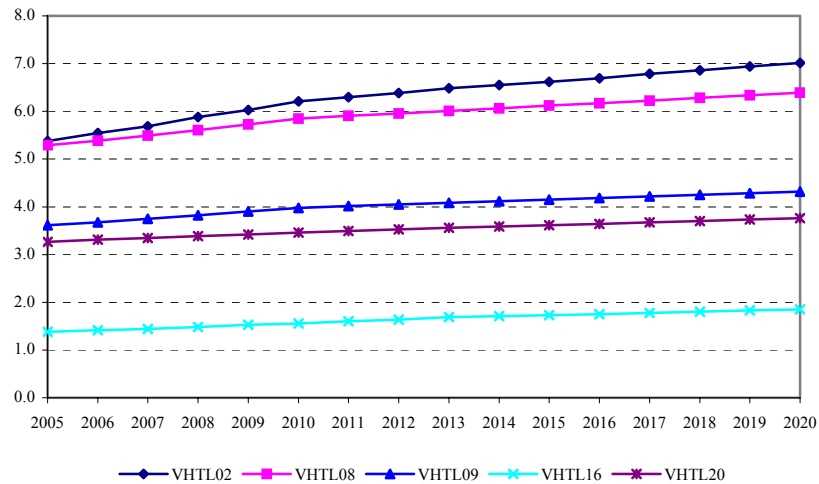


Kuva 7.8. Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM2 kuormitusennuste vuoteen 2020

Vahteronmäen sähköaseman päämuuntaja PM2 huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan noin 17,6 MVA ja kuormitusaste on ennusteen mukaan tuolloin 70 %. Kasvua vuodesta 2004 olisi siis 22 % ja reservitehoa olisi silloin jäljellä noin 7,4 MVA.

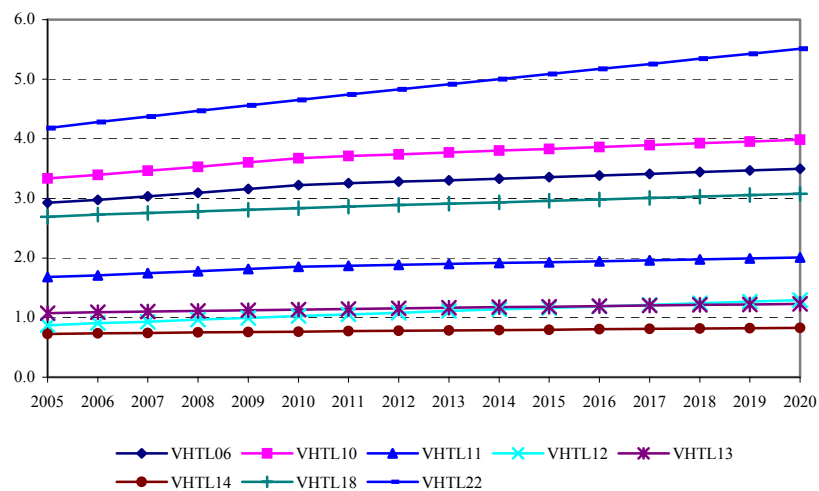
7.4.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.9 on esitetty Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM1 kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.9. Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM1 kj-lähtöjen kuormitusennuste

Kuvassa 7.10 on esitetty Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM2 kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.10. Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM2 kj-lähtöjen kuormitusennuste

Vahteronmäen sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.4.

Taulukko 7.4. Vahteronmäen sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

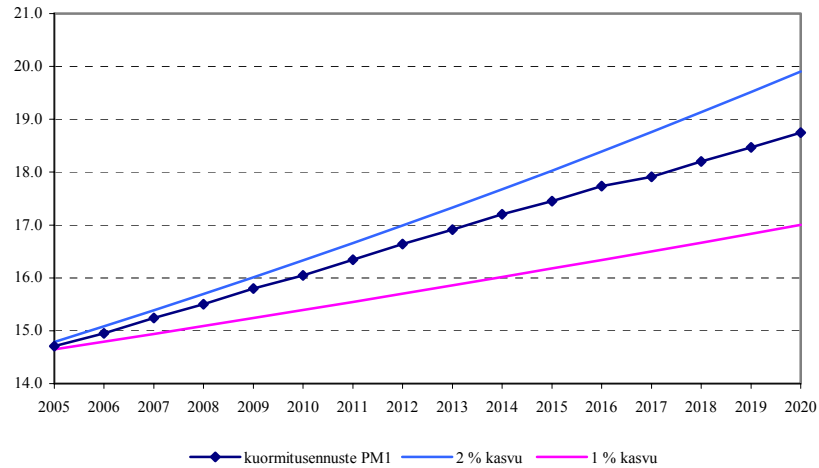
Lähtö	Teho v. 2004	Kuormitusaste	Teho v. 2020	Kuormitusaste	Kasvu
	[MVA]	v. 2004 [%]	[MVA]	v. 2020 [%]	
VHTL02	5,3	46	7,0	61	32
VHTL06	2,9	25	3,5	30	21
VHTL08	5,2	41	6,4	50	23
VHTL09	3,6	44	4,3	53	20
VHTL10	3,3	25	4,0	30	21
VHTL11	1,7	14	2,0	17	18
VHTL12	0,8	8	1,3	13	62
VHTL13	1,1	14	1,2	16	12
VHTL14	0,7	6	0,8	7	19
VHTL16	1,4	11	1,9	15	32
VHTL18	2,7	25	3,1	29	14
VHTL20	3,2	24	3,8	28	18
VHTL22	4,1	53	5,5	71	34

7.5 Kuusaanlampi

Kappaleessa 6 määritetyt asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajakuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Kuusaanlammen sähköaseman alueella vuoteen 2020 asti vuositasolla 1,5 % ja kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan sekä lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 kuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 4,3 MVA PM1:lle ja PM2:lle 1,4 MVA vuoteen 2020 mennessä.

7.5.1 Päämuuntajat

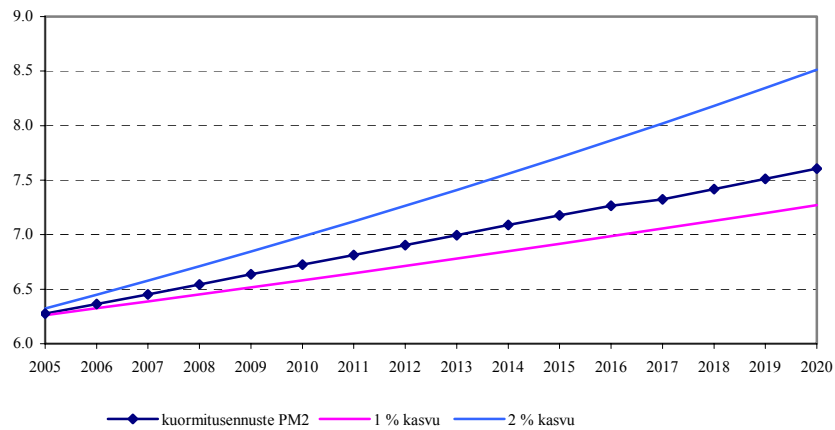
Kuusaanlammen sähköaseman 25 MVA päämuuntajan PM1 kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.11. Kuviin on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 2 % vuositason kasvua esittävät käyrät.



Kuva 7.11. Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntaja PM1 kuormitusennuste vuoteen 2020.

Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntaja PM1 huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan 18,8 MVA ja kuormitusaste tuolloin 75 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 29 % ja reservitehoa on silloin noin 6,2 MVA.

Kuusaanlammen sähköaseman 25 MVA päämuuntajan PM2 kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.12. Kuviin on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 2 % vuositasoon kasvua esittävät käyrät.

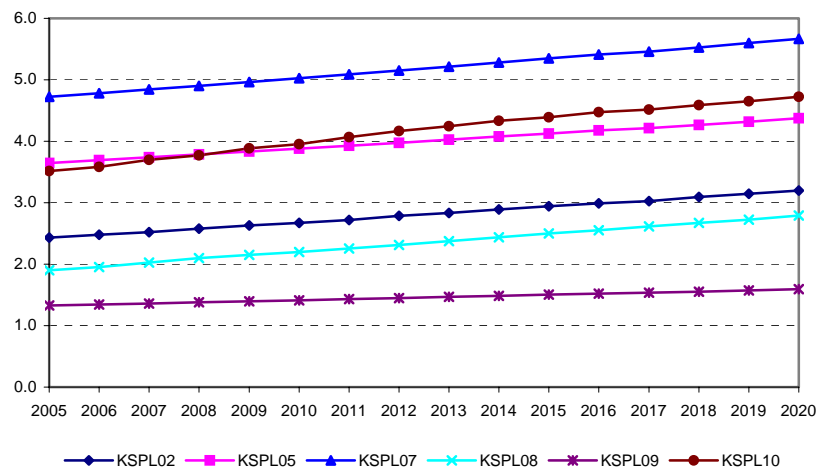


Kuva 7.12. Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntaja PM2 kuormitusennuste vuoteen 2020.

Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntaja PM2 huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan 7,6 MVA ja kuormitusaste tuolloin 30 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 23 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 17,4 MVA.

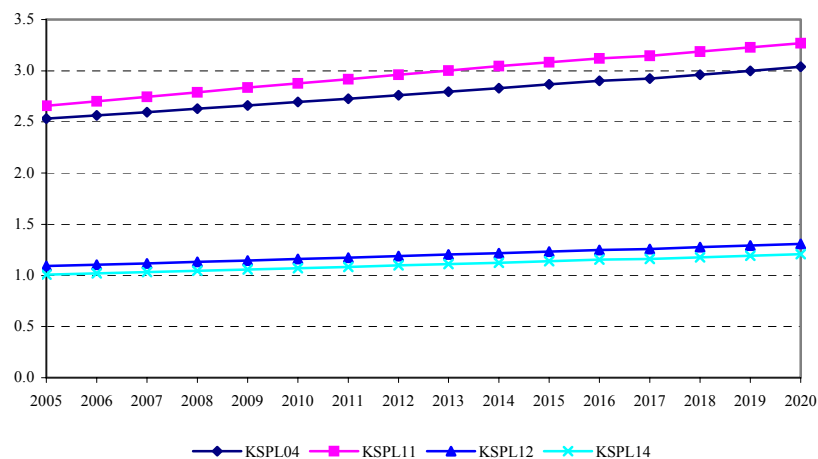
7.5.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.13 on esitetty Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajan PM1 kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.13. Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajan PM1 kj-lähtöjen kuormitusennuste

Kuvassa 7.14 on esitetty Vahteronmäen sähköaseman päämuuntajan PM2 kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.14. Kuusaanlammen sähköaseman päämuuntajan PM2 kj-lähtöjen kuormitusennuste

Kuusaanlammen sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.5.

Taulukko 7.5. Kuusaanlammen sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

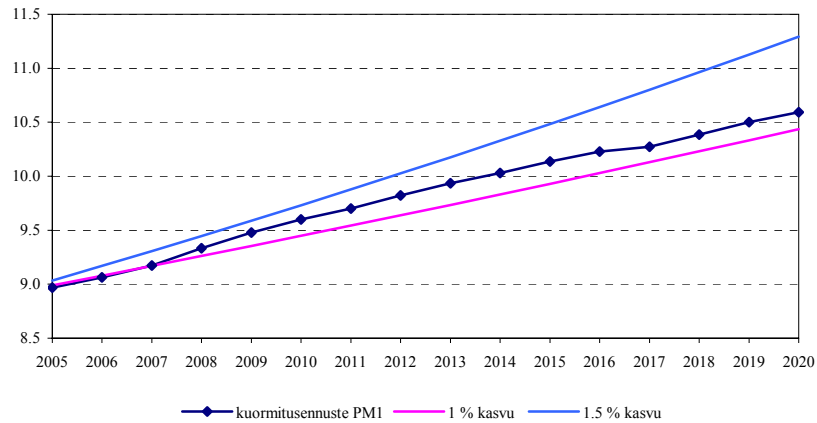
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
KSPL02	2,4	21	3,2	28	33
KSPL04	2,5	22	3,0	27	22
KSPL05	3,6	25	4,4	30	22
KSPL07	4,7	41	5,7	49	21
KSPL08	1,9	15	2,8	22	47
KSPL09	1,3	11	1,6	14	23
KSPL10	3,5	41	4,7	55	35
KSPL11	2,6	34	3,3	43	26
KSPL12	1,1	9	1,3	11	19
KSPL14	1,0	8	1,2	10	21

7.6 Nirvistentie

Kappaleessa 6 määritetyt asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Nirvistentien sähköaseman päämuuntaja-kuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Nirvistentien sähköaseman alueella vuoteen 2020 asti vuositasolla 1 % ja kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan sekä lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 kuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 1,6 MVA PM1:lle ja PM2:lle 2,7 MVA vuoteen 2020 mennessä.

7.6.1 Päämuuntajat

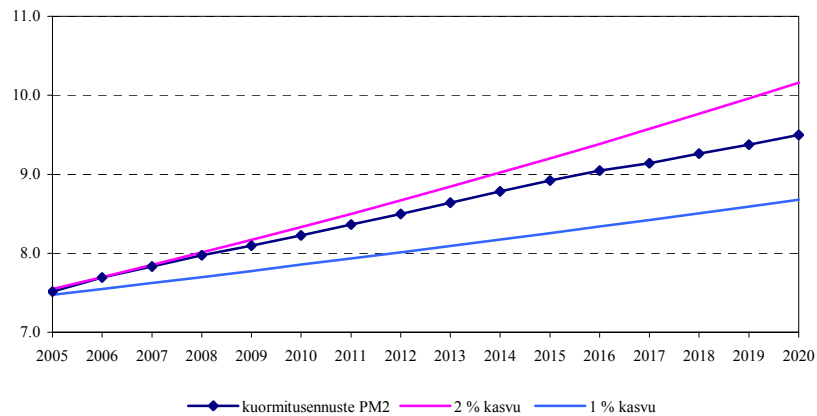
Nirvistentien sähköaseman 16 MVA päämuuntajan PM1 kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.15. Kuviin on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 1,5 % vuositason kasvua esittävät käyrät.



Kuva 7.15. Nirvistentien sähköaseman päämuuntaja PM1 kuormitusennuste vuoteen 2020.

Nirvistentien sähköaseman päämuuntaja PM1 huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan 10,6 MVA ja kuormitusaste tuolloin 66 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 22 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 5,4 MVA.

Nirvistentien sähköaseman 25 MVA päämuuntajan PM2 kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.16. Kuviin on lisätty vertailun vuoksi 1,5 ja 2,5 % vuositason kasvua esittävät käyrät.

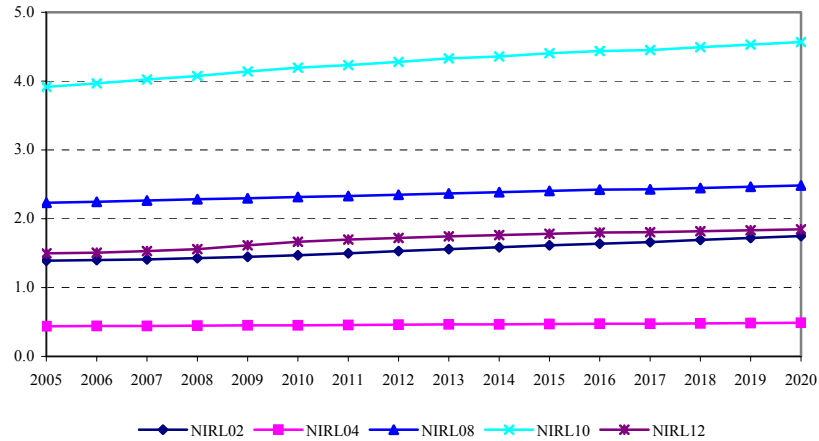


Kuva 7.16. Nirvistentien sähköaseman päämuuntaja PM2 kuormitusennuste vuoteen 2020.

Nirvistentien sähköaseman päämuuntaja PM2 huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan 9,5 MVA ja kuormitusaste tuolloin 38 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 28 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 15,5 MVA.

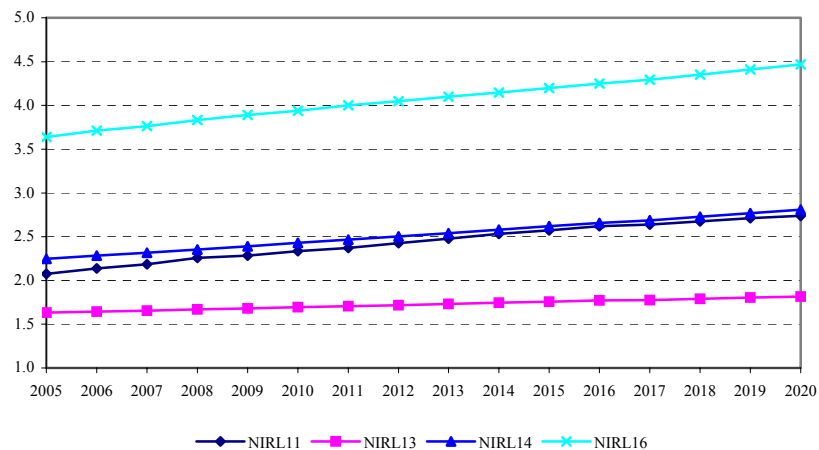
7.6.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.17 on esitetty Nirvistentien sähköaseman päämuuntajan PM1 kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.17. Nirvistentien sähköaseman päämuuntajan PM1 kj-lähtöjen kuormitusennuste vuoteen 2020

Kuvassa 7.18 on esitetty Nirvistentien sähköaseman päämuuntajan PM2 kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.18. Nirvistentien sähköaseman päämuuntajan PM2 kj-lähtöjen kuormitusennuste vuoteen 2020

Nirvistentien sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.6.

Taulukko 7.6. Nirvistientien sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

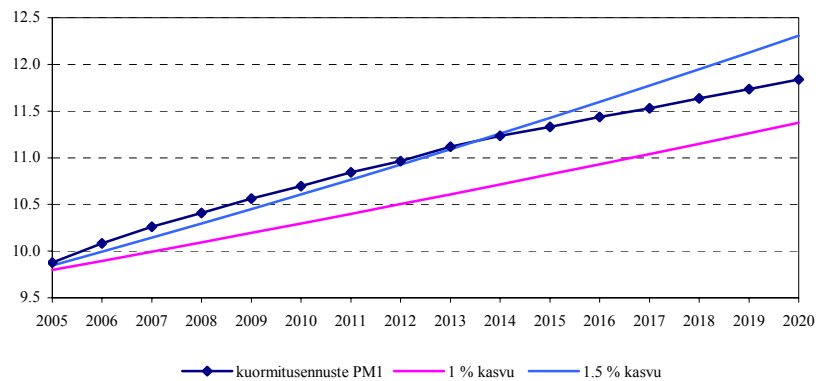
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
NIRL02	1,4	13	1,8	16	25
NIRL04	0,4	5	0,5	6	22
NIRL08	2,2	28	2,5	32	13
NIRL10	3,9	51	4,6	60	17
NIRL11	2,0	15	2,7	21	37
NIRL12	1,5	20	1,9	25	23
NIRL13	1,6	13	1,8	15	14
NIRL14	2,2	23	2,8	29	28
NIRL16	3,6	33	4,5	41	24

7.7 Korjala

Kappaleessa 6 määriteltyjen asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Korjalan sähköaseman päämuuntajakuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Korjalan sähköaseman alueella vuoteen 2020 asti vuositasolla 1,5 % ja kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan sekä lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 PM1:n kuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 2,1 MVA vuoteen 2020 mennessä.

7.7.1 Päämuuntaja

Korjalan sähköaseman päämuuntajan kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.19. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi 1 ja 1,5 % vuositason kasvua esittävät käyrät.

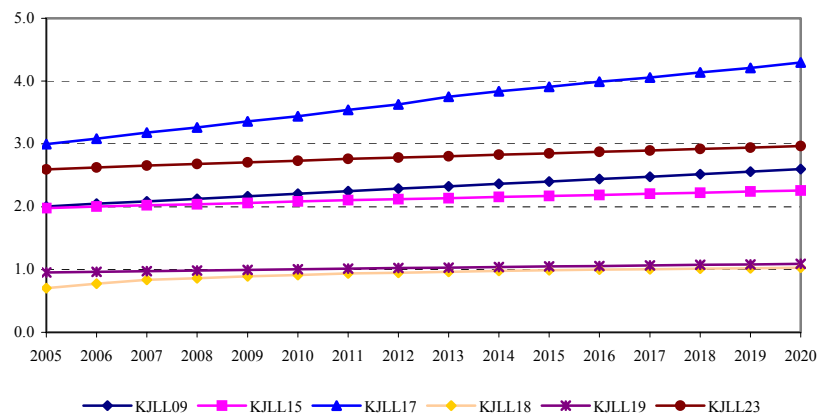


Kuva 7.19. Korjalan sähköaseman päämuuntajan kuormitusennuste vuoteen 2020.

Korjalan sähköaseman päämuuntajan huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan noin 11,8 MVA ja kuormitusaste tuolloin 47 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 22 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 13,2 MVA.

7.7.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.20 on esitetty Korjalan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.20. Korjalan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020.

Korjalan sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.7.

Taulukko 7.7. Korjalan sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

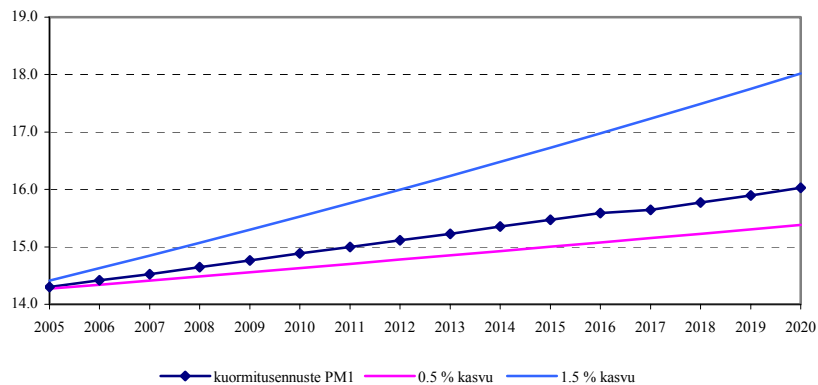
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
KJLL09	2,0	26	2,6	34	30
KJLL15	2,0	27	2,3	31	13
KJLL17	2,9	38	4,3	56	48
KJLL18	0,6	7	1,0	12	72
KJLL19	0,9	12	1,1	15	21
KJLL23	2,6	34	3,0	39	14

7.8 Pilkanmaa

Kappaleessa 6 määriteltyjen asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Pilkanmaan sähköaseman päämuuntaja-kuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Pilkanmaan sähköaseman alueella vuoteen 2020 asti vuositasolla 1 % ja kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan sekä lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 kuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 1,7 MVA PM1:lle vuoteen 2020 mennessä.

7.8.1 Päämuuntaja

Pilkanmaan sähköaseman 20 MVA päämuuntajan kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.21. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi eri vuositasoin kasvua esittäviä käyriä.

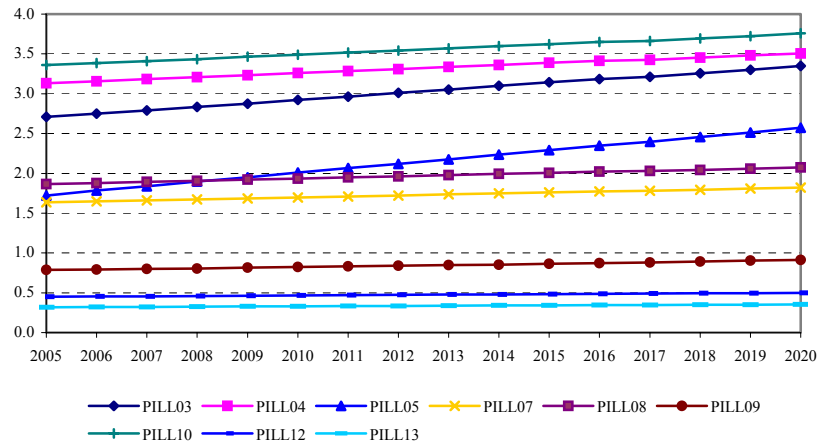


Kuva 7.21. Pilkanmaan sähköaseman päämuuntajan kuormitusennuste vuoteen 2020.

Pilkanmaan sähköaseman päämuuntajan huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan noin 16,0 MVA ja kuormitusaste tuolloin 80 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 13 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 4,0 MVA.

7.8.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.22 on esitetty Pilkanmaan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.22. Pilkanmaan sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020.

Pilkanmaan sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.8.

Taulukko 7.8. Pilkanmaan sähköaseman kj-lähtöjen ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

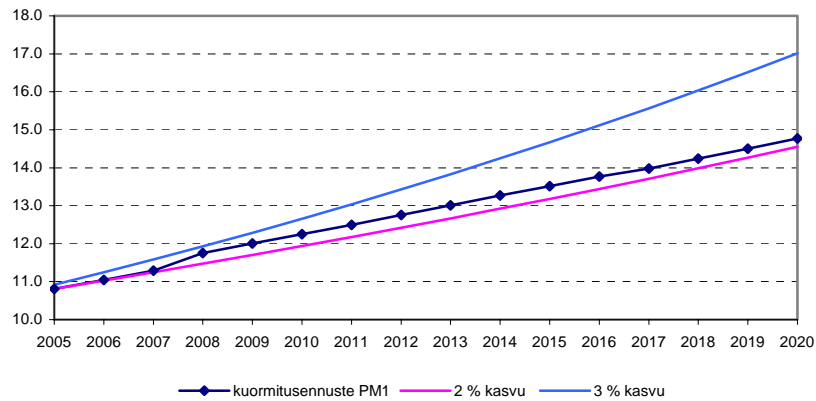
Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
PILL03	2,7	44	3,3	55	24
PILL04	3,1	38	3,5	43	13
PILL05	1,7	15	2,6	23	51
PILL07	1,6	21	1,8	24	14
PILL08	1,9	21	2,1	23	9
PILL09	0,8	9	0,9	10	14
PILL10	3,3	27	3,8	31	14
PILL12	0,4	3	0,5	4	25
PILL13	0,3	2	0,4	2	18

7.9 Myllykoski

Kappaleessa 6 määriteltyjen asuntorakentamisen, jalostuksen, palvelujen ja julkisten palveluiden aiheuttama tehon kasvu lisää Myllykosken sähköaseman päämuuntaja-kuormitusta yhdessä normaalin sähkön ominaiskulutuksen kasvun kanssa. Ominaiskulutuksen kasvun oletetaan olevan Myllykosken sähköaseman alueella vuoteen 2020 asti vuositasolla 1,5 % ja kasvuprosentin kompensoivan väestön vähenemisen kokonaan sekä lisäävän osaltaan vanhojen sekä uusien kulutuspaikkojen kulutusta siten, että vuoden 2004 kuormitukseen tulee kappaleen 6 laskelmien mukaan lisäystä noin 4,0 MVA PM1:lle vuoteen 2020 mennessä.

7.9.1 Päämuuntaja

Myllykosken sähköaseman päämuuntajan kuormituksen kasvua vuosina 2005-2020 esittää graafisesti kuva 7.23. Kuvaan on lisätty vertailun vuoksi 2 ja 3 % vuositason kasvua esittävät käyrät.

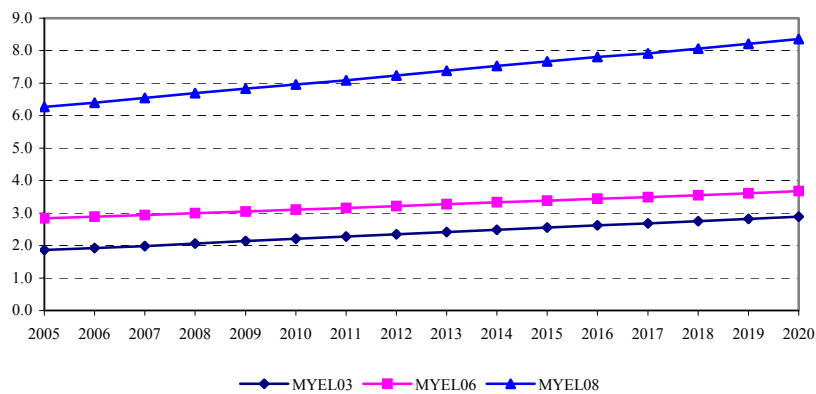


Kuva 7.23. Myllykosken sähköaseman päämuuntajan kuormitusennuste vuoteen 2020.

Myllykosken sähköaseman päämuuntajan huipunaikainen kuormitusteho vuonna 2020 on ennusteen mukaan 14,8 MVA ja kuormitusaste tuolloin 74 %. Kuormituksen kasvua vuodesta 2004 on 39 % ja reservitehoa on silloin jäljellä noin 5,2 MVA.

7.9.2 Kj-lähtöjen kuormitukset

Kuvassa 7.24 on esitetty Myllykosken sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020 asti.



Kuva 7.24. Myllykosken sähköaseman kj-lähtöjen arvioitu kuormittuminen vuoteen 2020.

Myllykosken sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut kuormitusasteet ja tehot on esitetty taulukossa 7.9.

Taulukko 7.9. Myllykosken sähköaseman kj-lähtöjen vuoden 2020 ennustetut tehot ja kuormitusasteet.

Lähtö	Teho v. 2004 [MVA]	Kuormitusaste v. 2004 [%]	Teho v. 2020 [MVA]	Kuormitusaste v. 2020 [%]	Kasvu [%]
MYEL03	1,8	18	2,9	29	60
MYEL06	2,8	29	3,7	38	31
MYEL08	6,2	63	8,4	85	35

7.10 Verkoston vuoden 2020 kuormitusennusteen yhteenveto

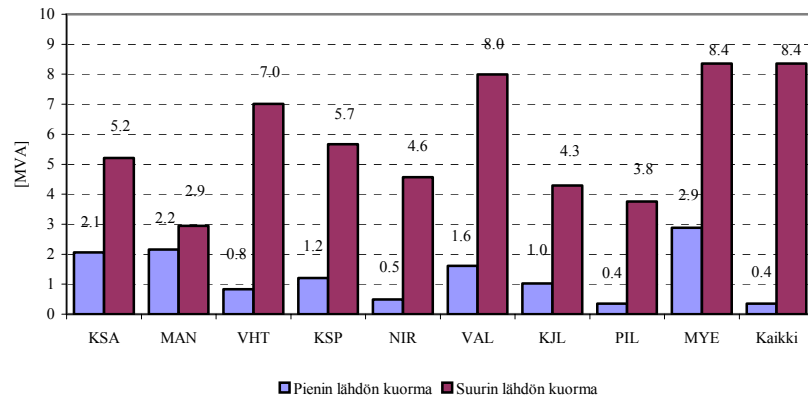
Vuoden 2020 päämuuntajien kuormitusennusteen mukaiset kuormitukset normaalissa kytkentätilanteessa on esitetty taulukossa 7.10

Taulukko 7.10. KSS:n sähköasemien arvioitu päämuuntajien huipunaikainen kuormitus vuonna 2020.

Sähköasema	Päämuuntajan nimellisteho [MVA]	Kuormituksen huipputeho [MVA]	Kuormitusaste [%]
KSA	PM1 20	17,6	88,0
VHT	PM1 25	17,0	68,0
	PM2 25	17,6	70,4
KSP	PM1 25	18,8	75,2
	PM2 25	7,6	30,4
NIR	PM1 16	10,6	66,3
	PM2 25	9,5	38,0
VAL	PM1 10	18,0	90,0
	PM2 10		
KJL	PM1 25	11,8	47,2
PIL	PM1 20	16,0	80,0
MYE	PM1 20	14,8	74,0

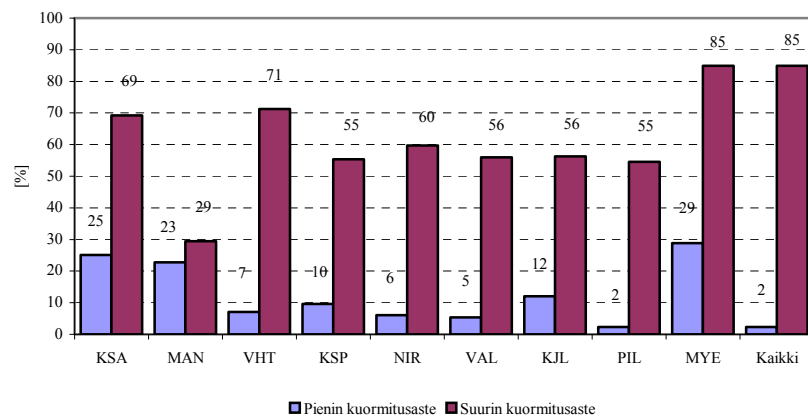
Päämuuntajien kuormitusennusteen mukaan kuuden päämuuntajan kuormitusaste on korkeampi kuin 70 % vuonna 2020. Suurin 90 % kuormitustaso on Valkealan rinnankytketyillä 10 MVA päämuuntajilla ja Kausalan 20 MVA päämuuntajan kuormitusaste on 88 % sekä Pilkanmaan 20 MVA päämuuntaja kuormittuu 80 %.

Kuvassa 7.25 on esitetty kj-lähtöjen kuormitustehot sähköasemittain vuoden 2020 ennusteen tilanteessa.



Kuva 7.25. Kj-lähtöjen arvioidut kuormitustehot vuoden 2020 tilanteessa sähköasemittain.

Kuvassa 7.26 esitetään KSS:n sähköasemien kj-lähtöjen kuormitusasteiden yhteen-
veto vuoden 2020 ennusteen mukaisessa kuormituksessa.



Kuva 7.26. Kj-lähtöjen kuormitusastearvio vuoden 2020 tilanteessa sähköasemittain.

Kj-lähtöjen ennusteen mukaisia kuormituksia tarkastellessa havaitaan, että yli 70 %
kuormitusasteita on vuonna 2020 Vahteronmäen ja Myllykosken aseman lähdoillä
sekä Kausalan aseman lähtö on 69 % kuormassa.

8 KORVATTAVUUS VUONNA 2020

Tarkastellaan laskennallisesti sähköasemittain päämuuntajatehojen korvattavuutta vuoden 2020 huippukuormituksen aikana. Käsitellään tilannetta, jossa kapasiteetiltaan suurempi päämuuntaja tai koko asema on pois käytöstä kiskostovaurion vuoksi.

8.1 Kausala

Kausalan asemalla on yksi päämuuntaja ja sen vuoden 2020 ennustettu huipunaikainen näennäiskuorma on noin 17,6 MVA. Kausalan korvattavuutta on järkevintä tarkastella yhdessä Mankalan voimalaitoksen huipunaikaisten noin 5,0 MVA kuormien kanssa, jolloin ennustettu kokonaiskuorma on 22,6 MVA. Kausalan sähköaseman päämuuntajan korvaavaa tehoa voidaan saada Mankalan lisäksi Vuolenkosken voimalaitokselta, Pilkanmaan ja Nirvistentien sähköasemilta sekä Lahden Energian verkosta Jokuen jakoaseman Uudenkylän haaran kautta. Korvaustilanne voidaan hoitaa seuraavasti taulukon 8.1 mukaisin järjestelyin.

Taulukko 8.1. Kausalan aseman korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat vuonna 2020.

Syöttävä lähtö	Lähdön reitti	Teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
MAN1	MAN1 – E3 , E18	1,7	17	2,8
MAN2	MAN2 – KSAL07, KSAL05, KSAL03, KSA01	8,0	84	4,2
VKI	E139 – E168, E148	1,2	11	0,6
PILL13	E571 – KSAL08	2,1	31	5,3
NIRL02	E165 – KSAL06, E85	6,6	96	9,4
LE	E99 – E32 – E132	3,9	33	7,1

Kiskostorikkotilanteessa on tässä kytkentätilanteessa käytettävä väliaikaiskytkentää Kausalan aseman lähtöjen 1, 3, 5 ja 7 yhdistämiseksi.

Tarkastellessa tätä korvaustilannetta havaitaan, että jännitteenalenemat pysyvät edelleen korvaustilanteelle haja-asutusalueille asetetuissa rajoissa. Muiden lähtöjen kuormitusasteet pysyvät kohtuullisina paitsi MAN2 ja NIRL02 lähdöillä, jotka kuormittuvat liikaa pitempiaikaiseen tehon siirtoon.

Kausalaa korvaavan Mankalan päämuuntajan kuormitusaste on tässä tilanteessa 97 % mikäli voimalaitoksen vesitilanne sallii tämän kuormituksen. Vuolenkosken voimalaitoksen IS:n alueelle varatusta kapasiteetista 1,2 MVA on tuolloin 96 % käytössä. Pilkanmaan päämuuntajan kuormitusaste on silloin 91 % ja Nirvistientien päämuuntaja PM1 kuormittuu 107 %. Lahden Energian varasyöttöyhteyden kapasiteetista on käytössä 63 % riippuen siitä, onko vuonna 2020 mahdollista siirtää kyseisen LE:n johtohaaran kautta sama korvausteho kuin on vuonna 2004.

8.2 Mankala

Mankalan IS:n kj-verkkoa syöttävän päämuuntajan ennusteen mukaisen 5,0 MVA kuormituksen korvaukseen tarvitaan vuonna 2020 käyttää joko Lahti Energian tai Vuolenkosken voimalaitoksen varasyöttötehoa, koska Kausalan sähköaseman päämuuntajalla ei ole varatehoa jäljellä kuin noin 2,4 MVA ilman ylikuormitusta. Koko kyseinen korvausteho voidaan kuitenkin ottaa hyvissä jäähdytysolosuhteissa myöskin pelkästään Kausalan päämuuntajaa ylikuormittaen, koska kuormitusaste ei silloin kuitenkaan ole kuin 113 %. Ilman päämuuntajan ylikuormitusta voidaan Mankalan korvaus järjestää taulukon 8.2 mukaisesti

Taulukko 8.2. Mankalan korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitus ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
KSAL08	KSAL08 – E6, E7, E8 – MAN1	1,2	48	8,1
KSAL07	KSAL07 – E36B, E31 – MAN2	0,7	4	0,1
LE	E99-E32-E132	2,3	21	5,5
VKI	E139 – E168, E148	1,2	11	0,6

Tässä Mankalan päämuuntajaa korvaavassa tilanteessa Kausalan aseman lähtöä L08 kevennetään Pilkanmaan aseman lähdön 13 avulla 1,1 MVA Iitin kirkonkylän erotimelle E4 saakka. Kevennettyinä Kausalan päämuuntajan kuormitusaste on 92 %. Lahti Energialta saatavasta korvaustehosta on käytössä 58 % ja Vuolenkosken varatehosta on jäljellä 4 %.

8.3 Vahteronmäki

Vahteronmäen asemalla on kaksi 25 MVA päämuuntajaa ja niiden vuoden 2020 ennustettu huipunaikainen näennäiskuorma on noin 34,6 MVA. Suurempi kuormitusteho on silloin päämuuntajalla PM1, jonka huipunaikainen kuormitus on 17,6

MVA. Jos PM1 on pois käytöstä saadaan päämuuntajalle PM2 siirrettyä tästä kuormasta noin 9,5 MVA sitä lievästi eli noin 6 % ylikuormittaen. Korjalasta siirretään noin 5,2 MVA lähdön KJL18 ja Ruotsulan lähdön VHTL04 kautta samalla kevennetään VHTL22 lähtöä noin 2,9 MVA Kuusaanlammen lähdön KSPL12 avulla Torniomäen kytkinaseman kautta. Vahteronmäen sähköaseman molemmat päämuuntajat korvataan kiskostorikon aikana Korjalan, Kuusaanlammen ja Myllykosken asemilta. Korvaustilanne voidaan yrittää rakentaa taulukon 4.3 vuoden 2004-mallin mukaisen kj-reittien kautta seuraavasti taulukon 8.3 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.3. Vahteronmäen aseman arvioidut vuoden 2020 korvaustilanteen kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvaus-teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
KJLL18	KJLL18 – E0140	8,0	118	3,9
KJLL23	KJLL23 – E0117 – E0427	6,1	119	3,6
KSPL05	KSPL05 – PMPL13 – PMPL11, 09, 01, 02, 03 ja 05	9,7	125	2,2
KSPL12	KSPL12 – TORL13 – TORL01, 02 ja 03	9,9	93	5,9
MYEL03	MYEL03 – E066	1,8	47	5,9
MYEL06	MYEL06 – E0842	2,0	58	4,6
MYEL08	MYEL08 – E206	0,9	96	3,8

Taulukon 8.3 arvoista havaitaan, etteivät entiset korvaavat kj-lähdöt pysty siirtämään ylikuormittumatta ennustettuja vuoden 2020 Vahteronmäen päämuuntajien huipunaikaisia kuormia. Kolme kj-lähtöä on ylittänyt termisen kuormitettavuuden rajan ja kaksi muuta on lähes rajalla. Jännitteenalenemat ovat myös korkealla taajama-alueen korvaustilanteen osalta. Korjalan päämuuntaja on tuolloin 104 %, Kuusaanlammen PM1 114 % ja PM2 70 % kuormituksella kyseisellä tehonjaolla. Myllykosken päämuuntaja käy 98 % kuormitusasteella.

8.4 Kuusaanlampi

Kuusaanlammen asemalla on kaksi 25 MVA päämuuntajaa ja niiden vuoden 2020 ennustettu yhteinen huipunaikainen kuorma on noin 26,4 MVA. Suurempi kuormitusteho on silloin päämuuntajalla PM1, jonka huipunaikainen kuormitus on 18,8 MVA. Jos PM1 on pois käytöstä voidaan päämuuntajalle PM2 siirtää koko aseman kuorma, jolloin sen kuormitusasteeksi tulee 106 %. Kuusaanlammen sähköaseman molempien päämuuntajien korvaustehot voidaan saada kj-verkossa Nirvistientien, Korjalan, Vahteronmäen ja Valkealan asemilta. Korvaustilanne voidaan yrittää hoi-

taa taulukon 4.4 vuoden 2004-mallin mukaisten kj-reittien avulla taulukon 8.4 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.4. Kuusaanlammen aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
NIRL10	NIRL10 – KSPL02	3,1	101	3,9
KJLL07	KJLL07 – KSPL11	3,3	43	0,6
KJLL23	KJLL23 - PMPL07, 11	4,8	103	2,5
KJLL24	KJLL24 – KSPL08	1,3	13	0,1
VHTL02	VHTL02 – PMPL03 – PMPL01, 06, 10	7,1	123	2,9
VHTL22	VHTL22 – KSPL12	3,6	120	4,6
VALL08	VALL 08 – KSPL08	3,8	27	3,1

Taulukon 8.4 arvoista havaitaan, etteivät kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt pysty siirtämään ylikuormittumatta ennustettuja vuoden 2020 Kuusaanlammen päämuuntajien huipunaikaisia kuormia. Neljä kj-lähtöä ylittää termisen kuormitettavuuden rajan. Pahiten kuormittuu Paimenpolun kytkinasemaa syöttävä Vahteronmäen aseman lähtö VHTL02. Jännitteenalenemat ovat kuitenkin taajama-alueen korvaustilanteelle sallituissa rajoissa. Nirvistentien päämuuntaja PM1 on tuolloin 86 %, Korjalan päämuuntaja 85 %, Vahteronmäen PM1 96 % ja PM2 85 % sekä Valkealan päämuuntajat 109 % kuormituksella kyseisellä tehonjaolla.

8.5 Nirvistentie

Nirvistentien sähköasemalla on kaksi päämuuntajaa, PM1 16 MVA ja PM2 25 MVA. Niiden vuoden 2020 ennustettu yhteinen huipunaikainen näennäiskuorma on noin 20,1 MVA. Suurempi kuormitusteho on silloin päämuuntajalla PM1, jonka huipunaikainen kuormitus on 10,6 MVA. Pienempi kuormituksinen PM2 käy 9,5 MVA:n teholla. Jos PM1 on pois käytöstä saadaan päämuuntajalle PM2 siirrettyä kaikki kuormat, jolloin sen kuormitusaste on 80 %.

Sähköaseman molempien päämuuntajien korvaustehot voidaan siirtää kj-verkossa Pilkanmaan, Kuusaanlammen ja Korjalan sähköasemilta. Korvaustilanne voidaan yrittää hoitaa taulukon 4.5 vuoden 2004-mallin mukaisten kj-reittien avulla taulukon 8.5 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.5. Nirvistientien aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
PILL03	PILL03 – NIRL06, E259	2,0	84	2,2
PILL10	PILL10 – NIRLL08	2,6	51	1,7
KSPL02	KSPL02 – NIRL10	4,7	99	2,8
KSPL09	KSPL09 – NIRL14, 16	6,2	113	5,5
KJLL07	KJLL07 – NIRL12	1,8	49	1,1
KJLL19	KJLL19 – NIRL13	1,6	26	1,0
KJLL22	KJLL22 – NIRL11	2,5	20	0,6

Taulukkoa 8.5 tarkasteltaessa havaitaan, etteivät kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt pysty siirtämään ylikuormittumatta ennustettuja vuoden 2020 Nirvistientien sähköaseman päämuuntajien huipunaikaisia kuormia. Pahiten ylittyy Kuusaanlammen aseman lähtö KSPL09, jonka kuormitusaste on 113 %. Jännitteenalenemat ovat taajama-alueen korvaustilanteelle sallituissa rajoissa paitsi KSPL09, joka ylittää rajan 0,5 % ylikuormituksesta johtuen. Pilkanmaan päämuuntaja on tuolloin 103 % ja Kuusaanlammen PM1 119 % sekä Korjalan päämuuntaja 71 % kuormalla kyseisellä tehonjaolla.

8.6 Valkeala

Valkealan sähköasemalla on kaksi 10 MVA päämuuntajaa, jotka käyvät rinnankytkettyinä. Niiden vuoden 2020 ennustettu yhteinen huipunaikainen näennäiskuorma on noin 18,0 MVA. Jos toinen päämuuntaja on pois käytöstä voidaan toista 10 MVA päämuuntajaa lyhytaikaisesti ylikuormittaa hyvissä jäähdytysolosuhteissa korkeintaan 3 MVA teholla, joten 5 MVA on korvattava muilta asemilta kj-verkon kautta. Parhaiten korvaus onnistuu lähimmältä Kuusaanlammen asemalta. Lähdön KSAL08 kautta syötetään teollisuusalueen lähdön VALL08 ja Toikkalan VALL07 ennustetut yhteensä 4,3 MVA kuormat. Lisäksi Selänpään lähtöä voidaan keventää Pilkanmaan lähdön PILL05 avulla 1,0 MVA jännitteen putoamatta liian alas. Tuolloin jää toisen päämuuntajan ylikuormaksi 2,7 MVA, joten korvaavan päämuuntajan kuormitusaste on 127 %.

Sähköaseman molempien päämuuntajien korvaustehot voidaan siirtää kj-verkossa Pilkanmaan, Kuusaanlammen ja Vahteronmäen sähköasemilta. Korvaustilanne voi-

daan yrittää hoitaa esimerkiksi taulukon 4.6 vuoden 2004-mallin mukaisten kj-reitien avulla taulukon 8.6 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.6. Valkealan aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
PILL05	PILL05 – E1007C	1,6	44	13,4
PILL09	PILL09 – E236	4,8	70	13,7
KSPL08	KSPL08 – E066	8,8	103	5,9
VHTL12	VHTL08 – E236	3,1	56	13,1

Taulukkoa 8.6 tarkasteltaessa havaitaan, etteivät kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt pysty siirtämään ylikuormittumatta ennustettuja vuoden 2020 Valkealan päämuuntajien huipunaikaisia kuormia. Kuormitusraja ylittyy tuolloin Kuusaanlammen aseman lähdöllä KSPL08, jonka kuormitusaste on silloin 103 %. Maaseutulähtöjen jännitteenalenemat ylittävät haja-asutusalueen korvaustilanteessa sallitun rajan sekä taajama-alueen lähtö KSPL08 ylittää puolestaan 0,9 % taajamarajan ylikuormituksesta johtuen. Pilkanmaan päämuuntaja on tuolloin 112 % ja Kuusaanlammen PM1 110 % sekä Vahteronmäen PM2 83 % kuormalla kyseisellä tehonjaolla.

8.7 Korjala

Korjalan asemalla on yksi 25 MVA päämuuntaja, jonka vuoden 2020 ennustettu huipunaikainen näennäiskuorma on noin 11,8 MVA. Korjalan sähköaseman päämuuntajan korvaustehot voidaan saada kj-verkossa Vahteronmäen, Nirvistientien ja Kuusaanlammen sähköasemilta. Korvaustilanteessa järjestetään kj-lähdöt esimerkiksi taulukon 4.7 mukaisesti taulukon 8.7 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.7. Korjalan aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
VHTL02	E0466B – KJLL23	2,6	80	2,3
VHTL04	VHTL04 – KJLL18	2,7	26	1,2
NIRL02	E259 – M0570	0,2	15	0,6
NIRL13	NIRL13 - KJLL19 – KJLL15, KJLL17, KJLL20	3,2	38	2,4
KSPL05	KSPL05 – PMPL13 – PMPL11, PMPL09	3,4	66	2,0

Taulukkoa 8.7 tarkasteltaessa havaitaan, että kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt kestävät ylikuormittumatta ennustetut vuoden 2020 Korjalan päämuuntajan huipunaikaiset kuormat. Ainoastaan Kuusaanlammen aseman lähdöllä KSPL05 ja Vahteronmäen lähdöllä VHTL02 on kova kuormitus. Jännitteenalenemat pysyvät taajama-alueen korvaustilanteessa sallitun rajan alapuolella. Kuormitusasteet ovat myös kohtuulliset arvion mukaan. Vahteronmäen aseman PM1 on tuolloin 78 % ja PM2 81 %, Nirvistientien PM1 86 % ja PM2 51 % sekä Kuusaanlammen PM1 89 % kuormal- la kyseisellä tehonjaolla.

8.8 Pilkanmaa

Pilkanmaan asemalla on yksi 20 MVA päämuuntaja, jonka vuoden 2020 ennustettu huipunaikainen näennäiskuorma on noin 16,0 MVA. Pilkanmaan sähköaseman päämuuntajan korvaustehot voidaan saada kj-verkossa Nirvistientien, Valkealan ja Kuusaanlammen sähköasemilta. Korvaustilanteessa järjestetään kj-lähdöt esimerkiksi taulukon 4.8 mukaisesti taulukon 8.8 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.8. Pilkanmaan aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
NIRL04	E036 – PILL13	1,3	21	2,5
NIRL06	NIRLL06 – PILL03 ja 09	3,1	24	0,6
VALL03	E0269 – PILL04, PILL05 ja VERL05 – E082A	3,7	61	11,7
KSPL09	KSPL09 – PILL10	8,1	86	6,0

Taulukkoa 8.8 tarkasteltaessa havaitaan, että kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt pysyvät siirtämään ylikuormittumatta ennustetut vuoden 2020 Pilkanmaan päämuuntajan huipunaikaiset kuormat. Ainoastaan Kuusaanlammen aseman lähdön KSPL09 kuormitus on kova sen kuormitusasteen ollessa 86 %. Maaseutulähdön VALL03 jännitteenalenema ylittää 1,7 % haja-asutusalueen korvaustilanteessa sallitun rajan suuresta kuormasta ja johtopituudesta johtuen. Nirvistientien aseman päämuuntaja PM1 käy tuolloin 74 % ja PM2 50 %, Valkealan päämuuntajat 109 % sekä Kuusaanlammen PM1 108 % kuormalla kyseisellä laskentahetken tehonjaolla.

8.9 Myllykoski

Myllykosken asemalla on yksi 20 MVA päämuuntaja, jonka vuoden 2020 ennustettu huipunaikainen näennäiskuorma on noin 14,8 MVA. Sähköaseman päämuuntajan korvaustehot voidaan saada kj-verkossa kokonaisuudessaan Vahteronmäen sähköasemalta. Korvaustilanteessa järjestetään kj-lähdöt esimerkiksi taulukon 4.9 mukaisesti taulukon 8.9 mukaisin tuloksin.

Taulukko 8.9. Myllykosken aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenema [%]
VHTL11	E332 – MYEL08	3,9	50	6,1
VHTL13	E306 – MYEL06	6,6	98	11,3
VHTL14	E269 – MYEL03	4,7	51	10,7

Taulukkoa 8.9 tarkasteltaessa havaitaan, että kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt pysyvät siirtämään ylikuormittumatta ennustetut vuoden 2020 Myllykosken päämuuntajan huipunaikaiset kuormat. Ainoastaan Vahteronmäen aseman lähtö VHTL13 on lähellä kriittistä termistä kuormitusta sen kuormitusasteen ollessa 98 %. Maaseutulähtöjen sallitut jännitteenalenemat ylittyvät suurista kuormista ja johtopituuksista johtuen. Laskentatilanteen tehonjaolla Vahteronmäen aseman päämuuntaja PM1 kävisi tuolloin 129 % ja PM2 70 % kuormalla. Jakamalla kuormat uudelleen päämuuntajien kesken saadaan kuormitusasteen jaoksi PM1 102 % ja PM2 97 % .

8.10 Kuusaanlampi ja Korjala samanaikaisesti

Korjalan ja Kuusaanlammen ollessa yhtä aikaa irti verkosta, mutta kiskostot käytettävissä, voidaan yrittää niiden yhdessä syöttämän 38,2 MVA siirtämistä kj-verkon kautta viereisiltä toimintakuntoisilta sähköasemilta taulukon 5.10 mukaista kytkentäjärjestelyä käyttäen taulukon 8.10 tuloksin.

Taulukko 8.10. Kuusaanlammen ja Korjalan sähköasemien korvaustilanteen aikaiset kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenemat.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvaus-teho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jän.alenema [%]
NIRL02	E259-E112, E297	0,3	17	0,6
NIRL10	E586C-KSPL	3,0	95	3,8
NIRL12	E645A-E789A	1,0	41	0,6
NIRL13	E123-KJLL19-KJLL07, 09, 24	5,8	72	3,0
VHTL02	PMPL03-PMPL01, 06, 07, 10	8,0	108	3,1
VHTL04	VHTL04-KJLL18-KJLL17, 23	9,7	97	5,4
VHTL18	PMPL02-PMPL11	4,3	89	1,5
VHTL22	TORL01-TORL02, 03	2,4	104	3,7
PILL10	E941C-KSPL09-KSPL12	2,6	58	4,7
VALL08	E299B-KSPL08-KSPL10	5,5	41	4,3

Taulukkoa 8.10 tarkasteltaessa havaitaan, että kaikki entiset korvaavat kj-lähdöt eivät pysty siirtämään ylikuormittumatta ennustettuja vuoden 2020 Kuusaanlammen ja Korjalan päämuuntajien yhteisiä huipunaikaisia kuormia. Kahden korvaavan lähdön kuormitusaste on mennyt yli ja kolme on lähellä termisen kuormitettavuuden rajaa. Jännitteenalenema pysyy korvaustilanteen taajama-alueille asetetun raja-arvon alapuolella muilla paitsi Vahteronmäen VHTL04 lähdöllä, joka ylittää 0,4 % kyseisen rajan.

Korvaavien päämuuntajien kuormitusasteet olivat Nirvistentien asemalla PM1 93 %, Vahteronmäen PM1 100 % ja PM2 141 %, Pilkanmaalla 93 % ja Valkealassa 118 %. Vahteronmäen aseman kuormat saadaan tasattua molempien päämuuntajien kesken, mutta ylikuormaa on silti 20 % verran molemmilla muuntajilla.

8.11 Päämuuntajien vuoden 2020 korvattavuuden yhteenveto

Vuoden 2020 korvattavuustilanne KSS:n sähköasemien kahden päämuuntajan suu-remmassa kuormituksessa olevan toisen päämuuntajan korvattavuuden osalta on ennusteen mukaan edelleen toimiva. Kiskostorikon sattuessa ja koko aseman jou-tuessa pois käytöstä tilanne vaikeutuu huomattavasti ja osissa korvaustilanteissa jouduttaisiin tehon rajoituksiin.

8.11.1 Kj-lähtöjen korvattavuus sähköasemittain

Taulukossa 8.11 on esitetty vuoden 2020 ennusteen mukaisten kuormitusten eri korvaustilanteiden kj-lähtöjen korkeimmat kuormitusasteet sähköasemittain. Punaiset arvot osoittavat lähdöllä olevat yli 90 % kuormitusasteet.

Taulukko 8.11. Sähköasemien vuoden 2020 eri korvaustilanteen kj-lähdön suurin kuormitusaste asemittain.

Korvattava asema	Korvaavan aseman kj-lähdön suurin kuormitusaste [%]										
	KSA	MAN	VHT	KSP	NIR	KJL	VAL	PIL	MYE	VKI	LE
KSA		84			96			31		11	33
MAN	48							8		11	21
VHT				125		119			96		
KSP			123		101	103	27				
NIR				113		49		84			
KJL			80	66	38						
VAL			56	103				70			
PIL				86	24		61				
MYE			98								
KSP ja KJL			108		95		41	58			

Tarkasteltaessa taulukon 8.11 kj-lähtökuormituksia havaitaan, että varsinkin Vahteronmäen ja Kuusaanlammen päämuuntajien kuormitusten huipunaikainen korvaaminen nostaisi useiden korvaavien kj-lähtöjen kuormitusasteet runsaasti yli termisen kuormitettavuuden rajan.

8.11.2 Päämuuntajien korvattavuus sähköasemittain

Suurimmassa osassa edellä esitettyjen korvaustilanteiden kytkentäjärjestelyjen mukaisissa kuormituksissa päämuuntajien kuormitusasteet ylittyvät vähintään lievästi muissa paitsi Korjalan korvaustilanteessa. Useimmissa tapauksissa asemakohtaisella päämuuntajien tehonjaon järjestelyllä kuormitukset voidaan kuitenkin laskea nimelliskuormitettavuuden arvon alapuolelle. Taulukossa 8.12 on esitetty eri asemien päämuuntajien kiskorikkotilanteen korvausjärjestelyn kuormitusasteet asemakohtaisesti ennen lähtöjen uudelleen järjestelyä.

Taulukko 8.12. Sähköasemien vuoden 2020 eri korvaustilanteen päämuuntajien suurin kuormitusaste asemittain.

Korvattava asema	Korvaavan aseman suurin päämuuntajan kuormitusaste [%]										
	KSA	MAN	VHT	KSP	NIR	KJL	VAL	PIL	MYE	VKI	LE
KSA		97			107 / 38			91		96	63
MAN	92							86		96	58
VHT				114 / 70		104			98		
KSP			96 / 85		86 / 38	85	109				
NIR				119 / 30		71		103			
KJL			78 / 81	89 / 30	86 / 51						
VAL			68 / 83	110 / 30				112			
PIL				108 / 30	74 / 50		109				
MYE			129 / 70								
KSP ja KJL			100 / 141		93 / 38		118	93			

Taulukossa 8.12 ilmoitetusta kaksoisarvosta ensimmäinen tarkoittaa PM1 arvoja ja toinen PM2 arvoja. Punaiset numerot ilmaisevat nimellistehon ylittävän päämuuntajakuormituksen. Ne päämuuntajien kuormitukset, jotka saadaan tehojen uudelleen järjestelyllä pienennettyä täyden nimelliskuormituksen rajan alapuolelle on merkitty ruskealla. Suurimmat ylitykset ovat Vahteronmäen ja Kuusaanlammen asemien kuormitustehojen korvauksissa. Kausalan, Mankalan, Korjalan ja Myllykosken päämuuntajien korvaaminen ei aiheuta korvaavien päämuuntajien ylikuormittumista tehonjakojärjestelyjen jälkeen.

8.11.3 Korvaustilanteiden jännitteenalenemat

Yhteenvedo vuoden 2020 korvaustilanteiden suurimmista kj-lähtöjen jännitteenalenevista sähköasemittain on esitetty taulukossa 8.13.

Taulukko 8.13. Sähköasemien vuoden 2020 korvaustilanteiden asemakohtaiset kj-lähtöjen suurimmat jännitteenalenemat.

Korvattava sähköasema	Korvaavien kj-lähtöjen suurimmat jännitteenalenemat sähköasemittain [%]										
	KSA	MAN	VHT	KSP	NIR	VAL	KJL	PIL	MYE	LE	VKI
KSA		4,2			9,4			5,3		7,1	0,6
MAN	8,1									5,5	0,6
VHT				5,9			3,9		5,9		
KSP			4,6		3,9	3,1	2,5				
NIR				5,5			1,1	2,2			
VAL			13,1	5,9				13,7			
KJL			2,3	2,4	2,0						
PIL				6,0	2,5	11,7					
MYE			11,7								
KSP ja KJL			5,4		3,8	4,3		4,7			

Taulukosta 8.13 käy ilmi, että nykytilan huipunaikaisten kuormien asemakohtaisissa korvaustilanteissa haja-asutusalueen korvaustilanteessa punaisella merkittyjä sallitun 10 % rajan ylittäviä jännitteenalenevia syntyy neljällä lähdöllä. Ne kaikki ovat pitkällä ilmajohdoilla Pilkanmaan, Valkealan ja Myllykosken sähköasemien lähdöillä. Suurimmat alenemat syntyvät laskelmien mukaan Valkealan korvaustilanteessa, joista suurin 13,7 % Pilkanmaan PILL09 lähdöllä. Taajama-alueen ruskealla merkityn jännitteenalenevan sallitun 5 % rajan pieniä ylityksiä syntyy Vahteronmäen ja Kuusaanlammen sekä Myllykosken lähdöille eri korvaustilanteissa. Alenemaraja ylittyy taajamissa suurimmillaan 0,9 %.

9 HAVAITUT VERKOSTON KEHITTÄMISTARPEET

Vuoden 1995 sähkömarkkina-alueissa on verkonhaltijalle asetettu verkon kehittämis- ja ylläpitovelvoite tehokkuusvaatimuksineen, joten on selvää, että sähköverkkoyhtiön on kehitettävä verkkoaan taloudellisesti ja teknillisesti vastaamaan muuttuvia vaatimuksia.

KSS Energian nykytilan verkostoa tarkasteltaessa havaitaan sen olevan pääpiirteittäin hyvässä teknillisessä kunnossa. Päämuuntajien ja muiden reservitehojen avulla selvittää toistaiseksi suurimmaksi osaksi vikatilanteiden tai suunniteltujen keskeytysten aiheuttamista päämuuntajien korvaustilanteista. Ainoastaan IS:n ja muun KSS:n alueen päämuuntajien erilaiset kytkentäryhmät vaikeuttavat sujuvaa käyttöä erilaisissa huolto- ja vikatilanteissa, joten tämä tilanne on lähi tulevaisuudessa korjattava.

Kj-lähtöjen nykytilan kuormitusasteet eivät vielä ylitä 70 % tavoitetasoa. Vuoden 2020 ennusteen mukaan päämuuntajien tehot riittävät normaalitilassa, mutta korvaustilanteita ei pystytä hoitamaan ilman, että osa päämuuntajista ja kj-lähdöistä ylikuormittuu liikaa. Muutamien kj-lähtöjen kuormitusasteet tulevat ylittämään tavoitetason arvioituilla kuormilla normaalitilassakin.

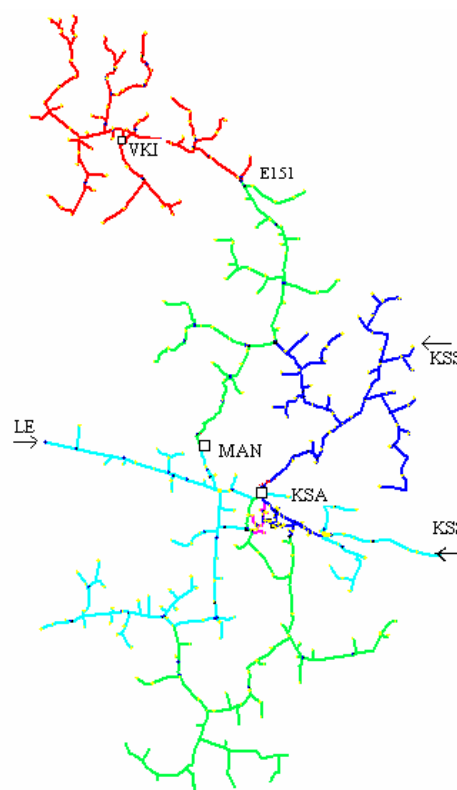
Tarkasteltaessa päämuuntajien ja kj-lähtöjen teknillistä ja taloudellista tilaa nykyhetkessä ja vuoden 2020 ennusteen pohjalta sähköasemittain päädytään seuraavanlaisiin havaintoihin.

9.1 Kausalan sähköasema

Kausalan aseman (KSA) 20 MVA päämuuntaja on valmistettu vuonna 1964, joten sille on kertynyt ikää 40 vuotta. Päämuuntajan pitoajaksi on KSS:n verkostossa määritelty 45 vuotta, joten Kausalan päämuuntaja tulisi iän ja kytkentäryhmän vaihtoksen vuoksi vaihtaa vuoteen 2009 mennessä, vaikka sen tehot riittävät kuvan 7.1 mukaan omien lähtöjen nykytilan huipunaikaisten kuormitusten tarpeisiin sekä vielä vuoden 2020 ennustettuunkin kuormitukseen. Muuntajan laskettu kuormitusaste on tuolloin normaalitilassa 88 %. Näin suurella kuormitusasteella käyvältä päämuun-

tajalta ei riitä tarpeeksi reservitehoja mahdollisten toisten asemien päämuuntajien korvaukseen.

Kausalan aseman päämuuntajan nykytilan huipunaikaisen kuormituksen korvaustilannetta tarkasteltaessa taulukosta 8.1 havaitaan, että siitä ei selvitä pelkästään KSS:n verkoston omilla reserveilla, vaan joudutaan turvautumaan Vuolenkosken voimalaitokselta ja Lahti Energialta saata-vaan nykyisin eri kytkentäryhmäiseen reservitehoon. Sinänsä toiselta verkkoyhtiöltä saatavat reservitehot ovat usein edullinen poikkeusratkaisu, mutta verkon tehokkaan ja joustavan käytön kannalta on järkevää mitoittaa omat päämuuntajat ja muu verkko riittäviksi myös useimmissa korvaustilanteissa.



Kausalan sähköasemalta lähtevät kj-lähdöt pysyvät normaalitilanteessa taulukon 7.1 mukaan juuri alle asetetun 70 % tavoitetason alapuolella. Lähdöt KSAL01 ja 03 alittavat vain hieman sallitun normaalitilan kuormitusasteen. Näiden lähtöjen jakaminen tulee ajankohtaiseksi tarkastelujakson loppuajankana suuren kuormituksen ja häviöiden vuoksi. Kaikissa läpikäytyissä korvaustilanteissa Kausalan aseman kj-lähdöt pysyvät myös sallituissa termisen kuormituksen rajoissa.

Riittävän oikosulkukestoisuuden saavuttamiseksi Kaivomäki 2 lähdön muuntajalle olisi M4029 menevä 0,9 km pitkä Bantam-haara vahvistettava oikosulkulaskelmien mukaan Raveniksi. Korvaustilanteiden kuormitettavuuden parantamiseksi on myös Kausalan aseman ja Iitin kirkonkylän välinen johtosaneeraus suoritettava loppuun koko matkaltaan Pigeonin vahvuiseksi.

Kausalan päämuuntajan vaihto ajoittuu parhaiten aikaan, jolloin sen teknillinen ikä tulee täyteen eli viimeistään vuosina 2009-2014. Sopiva päämuuntajan vaihtohetki

tuleekin vuonna 2010 Kuusaanlammen päämuuntajan PM1 tullessa huoltoikään. Tämä muuntajakone voidaan siirtää huollettuna Kausalan asemalle. Kuusaanlammelle hankitaan tilalle uusi päämuuntajakone.

On perusteltua tehdä myöhemmin kohdassa 9.2 perusteltu Vuolenkosken suunnan uusi asema ja Kausalan päämuuntajavaihto samanaikaisesti, jotta kytkentäryhmäongelmat saadaan nopeasti poistettua. Vaihto aiheuttaa kuitenkin sen, ettei Mankalan päämuuntaja ole enää rinnankytkentäkelpoinen ja siksi myöskin sen vaihto kytkeytyy samaan ajankohtaan.

Kj-lähtöjen saneerausta joudutaan tekemään sekä niiden pylväskunnon että oikosulkukestoisuusvaatimusten ja kuormitettavuuden perusteella sekä mahdollisen uuden asemaratkaisun yhteydessä. Varsinaisesti kuormituksen kasvamisen vuoksi tarvitaan Kausalan keskustan lähtöjen jakamista vasta kyseessä olevan tarkastelujakson loppupuolella, jos kuormitukset ja samalla häviöt kasvavat yhtään ennustettua enemmän.

Lähdön KSAL01 vuoden 2020 teholla, joka on noin 5,2 MVA, häviötehot ovat noin 49 kW ja häviöt maksavat noin 4,0 k€ /a. Jos teho jaetaan kahteen samansuuruiseen 2,6 MVA lähtöön häviötehoksi tulee verkkolaskennan mukaan noin 14 kW yhdellä lähdöllä ja häviöiden hinnaksi vuodessa noin 1,1 k€/a. Kahdella samanlaisella johdolla häviöt ovat yhteensä 2,2 k€/a. Säästöä uudella johdolla saavutetaan siis 1,8 k€/a. Kun johdon rakentamiskulut ovat sopivalla uudella Pg99-johdolla keskimäärin noin 20 k€/km saadaan tarvittavan noin 1,3 km johdon investoinnin vuotuiseräksi 6 % korolla ja 40 vuoden pitoajalla noin 1,7 k€/a. Koska vuotuiserä on pienempi kuin säästö vuodessa todetaan investoinnin olevan kannattavan.

Kausalasta Iitin kirkonkylän kautta menevän lähdön vahvistus PAS95 vahvuiseksi on jo työohjelmassa vuoden 2005 aikana, kuten myös aiemmin mainitun oikosulkukestottoman muuntajan M4029 syöttöhaaran Bantam osuuden vahvistus.

9.1.1 Uusi Vuolenkosken alueen sähköasema

Vuolenkosken voimalaitokselta (VKI) voidaan poikkeustilanteessa nykyisellään saada varasyöttötehoa 1,25 MVA ja Lahden Energialta noin 4,0 MVA. Molemmat varayhteyssytkennät joudutaan muuntajien kytkentäryhmän vaihe-erosta johtuen tekemään katkoksen kautta, joka hankaloittaa sekä suunniteltuja verkoston huolto- ja rakennustöiden järjestelyjä että vikatilanteiden hoitoa.

Uutta Iitin pohjoisen alueen eli Vuolenkosken päämuuntajaratkaisua puoltavat myös laadulliset seikat, koska nykyisin tätä aluetta normaalisti syöttävä Mankalan kj-lähtö on koko KSS:n verkoston pisin ja tästä johtuen myös häiriöherkkä. 2000-luvun alkuvuosina koko IS:n alueen kj-vioista on häiriötilaston mukaan 52 % sijainnut pohjoisen Iitin alueella, vaikka sillä suunnalla on vain 35 % koko IS:n kj-verkosta. Ratkaisulla savutettaisiin vikatilanteessa myös häiriöselvityksessä ja samalla keskeytysajoissa huomattava ajan säästö lähes kolmanteen osaan jakaantuvien lyhyempien lähtöjen vuoksi. Jännitteenalenemat laskisivat merkittävästi ja lähtöjen virrat ja samalla häviöt pienenisivät vähentäen tulevaa saneeraustarvetta.

9.1.2 Keskeytyksestä aiheutuvan haitan hinta

Pitkänaikavälin keskimääräinen pysyvien vikojen vikataajuus on MAN1-lähdöllä keskimäärin 8 vikaa vuodessa. Lähdön keskitehoksi saadaan nykytilassa 1,1 MW ja pysyvän vian keskimääräinen kesto-aika on 20 minuuttia ja keskeytyksen hintana käytetään Energiamarkkinaviraston 2003 julkaiseman tutkimuksen mukaista valtakunnallista energiapainotettua arvoa 3,8 € / kWh, joka muodostuu keskimääräisistä koti-, maatalous, teollisuus sekä julkisen ja palvelualojen asiakasryhmäkohtaisista keskeytyshaittainnoista. /18/. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan hinta KAH saadaan laskettua yhtälöllä (9.1) seuraavasti

$$KAH = \bar{P} f_n t_v k \quad (9.1)$$

missä	\bar{P}	keskiteho kW
	f_n	vikataajuus
	t_v	vian kesto aika / vika
	k	keskeytyksen hinta / kWh

Keskiteho \bar{P} voidaan laskea puolestaan yhtälöllä (9.2).

$$\bar{P} = \frac{\hat{P} t_k}{T} \quad (9.2)$$

missä	\hat{P}	jakson huipputeho
	t_k	jakson huipunkäyttöaika
	T	jakson ajan pituus

Sijoittamalla arvot yhtälöön saadaan keskeytyshaitan hinnaksi 11 k€/a. Oletetaan uuden aseman vähentävän pysyvien vikojen taajuuden kolmeen vikaan vuodessa ja sen keskitehoksi 900 kW ja keskimääräiseksi vian kestoajaksi 15 min. saadaan keskeytyshaitan hinnaksi 2,5 k€/a, joten asiakkaan kokema haitta pienenee 8,5 k€/a.

9.1.3 Häviökulut

Sahanmäen erotinaseman kohdalle rakennetun uuden Vuolenkosken aseman verkostohäviöiden hinnaksi nykytilan kuormalla saadaan verkostolaskelman 14 kW häviötehon mukaan ja häviöiden 2050 tunnin huipunkäyttöajalla yhteensä noin 1,2 k€/a.

Nykytilassa koko MAN1-lähdön häviöteho on 95 kW ja häviökulut 2050 tunnin huipunkäyttöajalla yhteensä noin 8,0 k€/a. Jos MAN1-lähdön jakoraja muutetaan Eiraskan erottimelle E151, vähenee verkostolaskennan mukaan sen häviöteho nykytilan kuormilla 84 kW. Jäljelle jääneen 11 kW häviöteho aiheuttaa enää yhteensä noin 0,9 k€ kulut vuodessa. Kokonaissästöksi nykytilan häviökuluissa laskelman mukaan saadaan noin 5,9 k€/a, kun otetaan huomioon uuden aseman verkostosta aiheutuvat edellä lasketut häviöt.

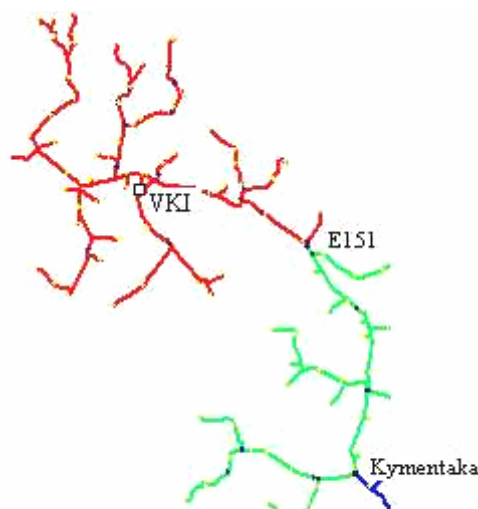
Tilanne muuttuu hieman laskettaessa vuoden 2020 kuormituksilla. Uuden aseman alueen kj-verkoston häviöteho kasvaa 18 kW:iin ja arvioidut häviökulut ovat silloin

noin 1,5 k€/a. Koko vanhan MAN1-lähdön häviötehoksi saadaan 132 kW ja häviöiden hinnaksi 11,1 k€/a. Tilanteessa, jossa jakoraja on Eiraskan erottimella E151, jää MAN1 lähdölle häviötehoksi 15 kW ja häviöiden hinnaksi noin 1,3 k€/a. Koko uuden aseman häviösäästö on tuolloin 8,3 k€/a.

9.1.4 Uuden Vuolenkosken aseman vaihtoehdot

Yksi (1.) mahdollinen ratkaisu Kausalan ja Mankalan aseman korvauksen tehontarveongelmiin olisi Vuolenkosken voimalaitokselle hankittava uusi, suurempi verkostoon sopivan kytkentäryhmän päämuuntaja, jolla pystyttäisiin tarvittaessa korvaamaan kokonaan nykyisin Vuolenkoskea syöttävän MAN1-lähdön ja ainakin osan Iitin kirkonkylään ulottuvasta Kausalan KSAL08 lähdöstä. MAN1-lähdön kuormitusarvio vuonna 2020 on 2,8 MVA. Muuntajan tehon valintaa rajoittaa kuitenkin voimalaitoksen teho ja kulloinenkin vesitilanne. Teknillisesti sopiva ratkaisu olisi voimalaitokseen suoraan kytketty 6/20 kV muuntaja, jonka koko tois- taiseksi olisi 3,15 MVA.

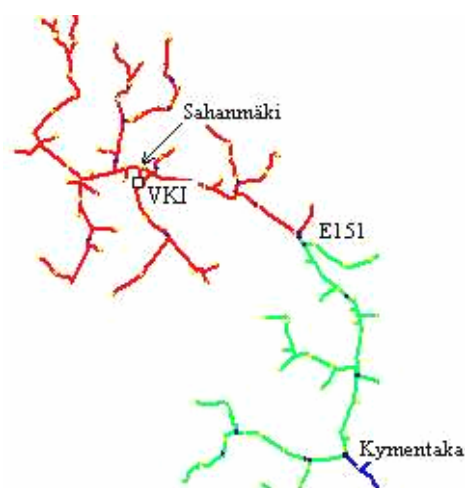
Nykyisin Vuolenkosken voimalaitokselta tuleva kj-syöttöjohto on liitetty kaukokäyttöiseen Sahanmäen kytkinasemaan, josta lähtevät kj-haarat ovat tässä vaihtoehdossa oikosulkukestoisia uuden päämuuntajan käyttöönoton jälkeenkin, eivätkä aiheuta lisäkustannuksia. Aseman ja voimalaitoksen välinen syöttöjohto joudutaan uusimaan PAS95 ilmajohdoksi entisen kunnan vuoksi.



Tämän vaihtoehdon 18,7 k€/a vuotuiserästä kattaa asiakkaan keskeytyshaitan pieneneminen 8,5 k€ vuodessa edellä kohdassa 9.2.1 olevan laskelman perusteella. Toisaalta tämän vaihtoehdon kannattavuutta lisää kantaverkkomaksun 0,7 €/MWh puuttuminen, koska sähköä ei siirretä missään vaiheessa kantaverkossa. Tämä edun mahdollisuudesta on kuitenkin vielä neuvoteltava voimalaitoksen omistajan kanssa. Jos oletetaan uuden aseman vuosienenergiaksi laskelmien mukainen 7,2 GWh, saadaan tätä kautta säästöä noin 5,0 k€ vuodessa verrattuna kantaverkosta hankittuun energiaan. Kun edellisiin lisätään

verkstohäviöistä vuoden 2020 arvoilla saavutettava säästö 8,3 k€/a, tulee koko yhteiseksi hankintaeduksi 21,8 k€/a ja koska investoinnin vuotuiseräksi on taulukon 9.1 kohdassa 1 laskettu 18,7 k€/a, havaitaan hankkeen olevan myös taloudellisesti kannattava.

Toinen (2.) harkittavana oleva vaihtoehto on aseman sijoittaminen nykyisen Sahanmäen kytkinaseman viereen, jolloin syötettävä kj-verkko voitaisiin jakaa helposti kolmeen erilliseen haaraan. Tässä ratkaisumallissa voitaisiin käyttää Valkealasta siirrettävää vanhaa 10 MVA muuntajakonetta. Asemaa varten olisi rakennettava noin 0,6 km uutta 110 kV syöttöjohtoa Vuolenkosken voimalaitoksen 110 kV haarasta.

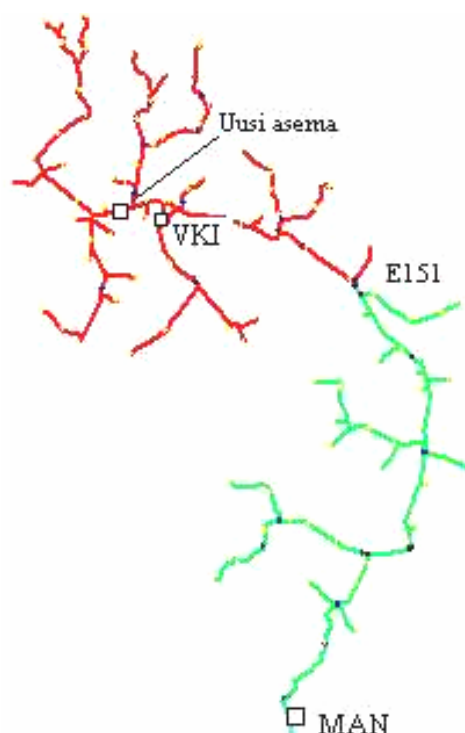


Ratkaisun etuna saadaan suurempi käytettävissä oleva teho kuin voimalaitoksen uudella päämuuntajalla ja nykyiseen tilanteeseen verrattuna parempi sähkön laatu koko vaikutusalueella sekä samanlaiset edellä kohdassa 9.2.2 lasketut säästöt häviöissä uusien kj-lähtöjen tehonjaon ja lyhentyneiden johtopituuksien vuoksi. Muut Sahanmäen kytkinaseman valmiina olevat kj-lähdöt ovat uudessa tilanteessa riittävän vahvat oikosulkukestoisuudeltaan sekä kuormituskestävyydeltään paitsi Kömmistön haaran loppuosa. Haaralla vielä toistaiseksi oleva 4,45 kilometrin C10 osuus ei ole tässä uudessa tilanteessa oikosulkukestoinen, vaikka se siellä olevat kuormat kestääkin. Kyseisen kuparijohdinosuuden vaihtaminen Sparrow-johtimeksi toisi vain pienet häviösäästöt johtuen lähdön kevyestä kuormituksesta. Kausalan aseman tehojen korvaustilanteessa uudelta asemalta käytettävissä olevat korvaustehot voitaisiin siirtää jo nykyisin olemassa olevia kj-lähtöjä hyväksikäyttäen.

Kolmas (3.) mahdollinen ratkaisu olisi uuden sähköaseman sijoittaminen Korialta Heinolaan kulkevan 110 kV kaksoisjohdon alle Vuolenkosken koulun kohdalle Nikkilän tilan luo ohittavan kj-runkojohdon vierelle. Tässä ratkaisussa olisi myöskin

mahdollista käyttää Valkealasta poistuvaa perushuollettua muuntajakonetta. Kantaverkon alle sijoitettuna asema ei tarvitse kallista uutta 110 kV syöttöjohtohaaraa.

Tätä ratkaisua puoltaa laadullisten seikkojen lisäksi sen Vuolenkosken voimalaitoksesta riippumaton asema ja käytössä oleva suurempi teho voimalaitokselle sijoitettuun päämuuntajaan verrattuna. Voimalaitoksen edelleen tarvittaessa käyttöön jäävä varasyöttömahdollisuus on myös huomioitava etu.



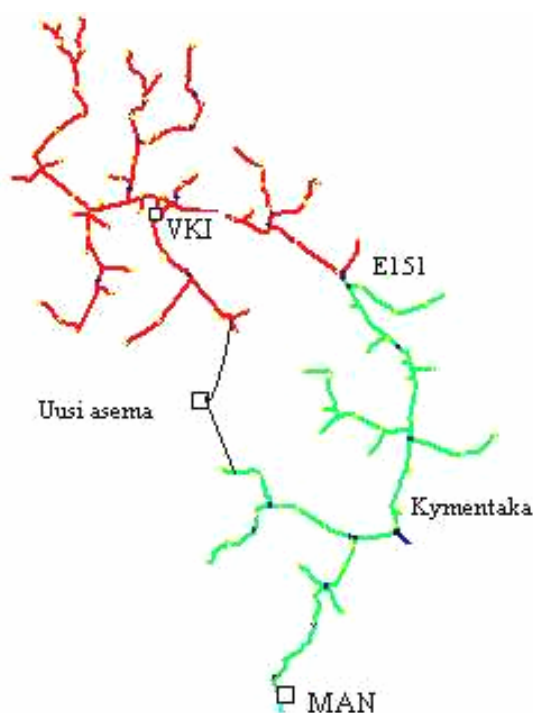
Aseman riittävän hyvä maantieteellinen sijoituspaikka antaa mahdollisuuden jakaa nykyisen kj-runkojohdon pienen uudelleen järjestelyn avulla kolmeen lähtöön, jotka ovat oikosulkukestoisuudeltaan ja kuormitettavuudeltaan aluksi muuten riittäviä paitsi jo edellä mainittu Kömmistön haara on tässäkin vaihtoehdossa vahvistettava oikosulkukestoisuuden saavuttamiseksi. Asemalla olisi myös riittävä teho tämän tarkasteluajanjakson ajan Kausalan aseman korvattavuuden kannalta ja nykyinen kj-runkojohdot kestäisi tarvittavan kuormituksen. Osa johtoa on kuitenkin syytä myöhemmin vahvistaa korvauskapasiteetin lisäämiseksi.

Häviötarkastelu on pääpiirteittäin vaihtoehto yhden kaltainen ja tällä asemavaihtoehdolla saavutetaan karkeasti samat säästöt verratessa vaihtoehtoon, jossa uutta asemaa ei rakennettaisi ollenkaan.

Neljäs (4.) mahdollinen ratkaisu olisi uuden sähköaseman sijoittaminen Korialta Heinolaan kulkevan 110 kV kaksoisjohdon alle Kylliäisjärven tiehaaran läheisyyteen Mankalan ja Kalaksuen välisen tien varteen. Tätä ratkaisua puoltaa sen hyvä maantieteellinen sijoittuminen sekä nykyisen 110 kV kantaverkkojohdon alle että maantieteellisesti keskeiselle paikalle entisten kj-jännitelähtöjen pituuksiin nähden.

Tässä ratkaisussa voitaisiin myös käyttää Valkealan asemalta tulevan muuntajavaihdon yhteydessä poistettavaa 10 MVA päämuuntajaa.

Ratkaisun hintaa nostaa kuitenkin kahden yhteensä noin 6,2 km kj-yhdysjohdon rakentamistarve toimivien yhteyksien saamiseksi muuhun verkkoon sekä Vuolenkosken ja Kymentaan suuntien johtovahvistukset. Vuolenkosken suuntaan oleva nykyinen Kömmistön haaran C10 osuus noin 4,45 km joudutaan tässäkin tilanteessa vahvistamaan sekä oikosulkukestoisuuden että kuormituskestävyyden parantamiseksi. Vahvistamalla loppuosa Kymentaan suunnasta uudelle asemalle tulevasta kj-johdosta saataisiin riittävän vahva varayhteys Kausalan asemalle. Näillä yhteyksillä pystytään jakelu turvaamaan myös Kausalan aseman korvaustilanteessa helposti pitkälle tulevaisuuteen ja lisäksi Vuolenkosken voimalaitokselta voidaan edelleen saada entinen 1,25 MVA varateho syöttämään aivan pohjoisinta Iittiä. Nyt sieltä saatava varateho olisi myös samanvaiheista uuden aseman päämuuntajan kanssa ja siis rinnankytkentäkelpoista.



Neljännessä vaihtoehtoisessa uuden sähköaseman sijoituspaikassa on haittapuolena aseman sijoittuminen nykyisen oman jakelualueen ulkopuolelle, koska alueiden välinen raja tekee juuri tässä kohdassa syvän mutkan IS:n puolelle. Asia lienee kuitenkin neuvoteltavissa naapurilaitoksen kanssa. Tässä vaihtoehdossa häviöt ovat myös suuremmat kuin muissa käsitellyissä vaihtoehdoissa. Häviötehoksi saadaan 43 kW ja häviökulusäästöksi tulee sen mukaan 2,3 k€/a vähemmän kuin muissa vaihtoehdoissa ollen 3,6 k€/a.

Näiden edellä esiteltyjen neljän eri vaihtoehdon kustannuksia Vuolenkosken suunnan uudeksi sähköasemaksi vertaillaan taulukossa 9.1. Investoinnin vuotuiserä on laskettu 6 % korolla ja keskimääräisellä 40 vuoden pitoajalla.

Taulukko 9.1. Pohjois-Iitin uuden aseman kustannusvaihtoehtojen vertailu.

Vaihtoehto	Kustannustekijä	Yksikkömäärä	Yksikköhinta [k€]	Hinta [k€]
1. Voimalaitos	Päämuuntaja 3,15 MVA	1	30	30
	20 kV kytkinasema	1	120	120
	Perustus ym. rakennelmat	1	40	40
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70
	20 kV kaapelointi	1	12	12
	20 kV vahvistukset	0,3 km	28,7	9
	Investoinnin vuotuiserä	18,7 k€/a	Yhteensä	281
2. Sahanmäki	110 kV syöttöjohto	0,6 km	170	100
	110 kV kenttä	1	150	150
	Päämuuntaja 10 MVA (käyt.)	1	10	10
	Perustus ym. rakennelmat	1	70	70
	20 kV kytkinasema	1	120	120
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70
	20 kV ilmajohtosaneeraus	4,5 km	16,8	76
	20 kV kaapelointi	1	12	12
	Investoinnin vuotuiserä	40,4 k€/a	Yhteensä	608
3. Vuolenkoski	110 kV kenttä	1	150	150
	Päämuuntaja 10 MVA (käyt.)	1	10	10
	Perustus ym. rakennelmat	1	70	70
	20 kV kytkinasema	1	120	120
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70
	20 kV uudet ilmajohdot	1,2 km	28,7	34
	20 kV ilmajohtosaneeraus	4,5 km	16,8	76
	20 kV kaapelointi	1	12	12
Investoinnin vuotuiserä	36,0 k€/a	Yhteensä	542	
4. Kylliäsjärvi	110 kV kenttä	1	150	150
	Päämuuntaja 10 MVA (käyt.)	1	10	10
	Perustus ym. rakennelmat	1	70	70
	20 kV kytkinasema	1	120	120
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70
	20 kV kaapelointi	1	12	12
	20 kV uudet ilmajohdot	6,2 km	18,2	113
	20 kV ilmajohtosaneeraus	4,5 km	18,2	82
20 kV ilmajohtovahvistukset	2,6 km	8,1	21	
Investoinnin vuotuiserä	43,1 k€/a	Yhteensä	648	

Taulukon 9.1 asemavaihtoehtojen 2, 3 ja 4 päämuuntajan yksikköhinta sisältää koneen siirron Valkealasta ja huoltotarkastuksen aiemmin peruskunnostetulle päämuuntajalle.

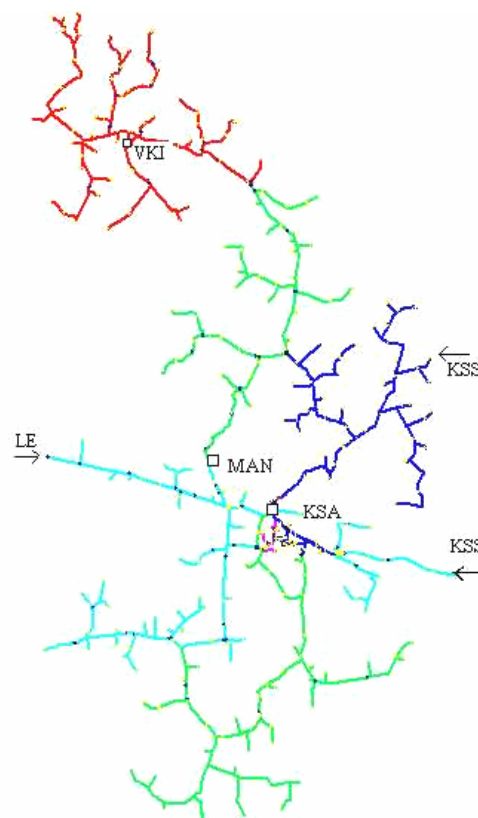
Tarkasteltaessa edellä käsitellyjä asemavaihtoehtoja havaitaan voimalaitokselle asennettavan päämuuntajavaihtoehdon olevan selvästi muita ratkaisuja edullisempi taloudellisesti. Teknillisesti kaikki kyseiset ratkaisut toisivat parannuksen nykyiseen tilanteeseen asiakkaan kokeman sähkönlaadun huomattavana paranemisena ja sitä kautta saavutettavana kasvaneena asiakastyytyväisyytenä sekä häviösäästöinä.

9.2 Mankala

Mankalan voimalaitoksen (MAN) IS:n verkkoa syöttävä 10 MVA päämuuntaja on valmistettu vuonna 1974, joten sille on kertynyt ikää 30 vuotta. Päämuuntajan pitoajaksi on KSS:n verkostossa määritetty 45 vuotta, joten Mankalan päämuuntaja tulisi iän perusteella vaihtoon vuonna 2019, vaikka sen tehot riittävät kuvan 7.3

ennusteen mukaan omien lähtöjen huipunaikaisten kuormitusten tarpeisiin vielä vuoden 2020 jälkeenkin. Muuntajan laskettu kuormitusaste on tuolloin normaalitilassa 49 % ja päämuuntajalta riittää silloin noin 5 MVA tehoa toisten asemien päämuuntajien korvaukseen.

Tarkastellessa Mankalan aseman päämuuntajan vuoden 2020 huipunaikaisen kuormituksen korvaustilannetta taulukosta 8.2 havaitaan, että siitä selvittää pelkästään KSS:n verkoston omilla reserveilla vain jos Kausalan päämuuntajaa ylikuormitetaan 13 %. Ilman ylikuormitusta joudutaan turvautumaan myös Vuolenkosken voimalaitokselta ja Lahden Energialta saatavaan eri kytkentäryhmiiseen reservitehoon. Ilman naapuriyhtiöiden korvausenergiaa tilanteesta selvittää vain rakentamalla Vuolenkosken suunnalle oma uusi sähköasema, jonka eri vaihtoehtoja on käyty läpi edellisessä 9.2 kappaleessa.



Mankalan voimalaitokselta lähtevät kj-lähdöt täyttävät tämänhetkiset oikosulkuketoisuuden ja kuormitettavuuden vaatimukset ja näin on vielä vuonna 2020. Johtosuuksia joudutaan kuitenkin saneeraamaan tarkastelujakson aikana niiden iän ja muuttuvien vaatimusten vuoksi.

Mikäli uusi Vuolenkosken asema rakennetaan taulukon 9.1 vaihtoehtojen 2 tai 3 mukaisesti on Kausalan suunnan korvaustehojen täysimittaisen siirtämisen helpottamiseksi nykyisen MAN1 lähdön Sahanmäen ja Kymentaan välisen runkojohdon sekä KSAL08-lähdön Iitin kirkonkylän ja Kymentaan väliset tehonsiirron pullonkaulat eli Sparrow-osuudet syytä vahvistaa vähintään Raveniksi. Vuolenkoskelta on mahdollista saada tuossa tapauksessa reservitehoa noin 7 MVA ja tämän siirto Sparrow-johdolla nostaa kuormitusasteen yli 80 %.

Vaihto ei ole pelkästään taloudellisesti perusteltavissa, mutta sillä saavutetaan myös nykytilanteessa noin 1 k€/a säästö pienentyneiden häviökulujen muodossa.

Jos Mankalan voimalaitos syöttää IS:n kj-verkosta, sen päämuuntaja joudutaan vaihtamaan uuteen yhtä aikaa Kausalan päämuuntajan ja mahdollisen uuden Vuolenkosken aseman päämuuntajan asennuksen kanssa viimeistään vuonna 2010. Vaihto voidaan tehdä myöhemminkin, mutta kytkentäryhmäero vaikeuttaa silloin kohtuuttomasti verkoston joustavaa käyttöä. Koska Mankalan päämuuntajalla on vielä teknistä käyttöikää jäljellä ja se voidaan siirtää joko varastoon tai myydään.

Yksi mahdollinen vaihtoehto on, että Mankalan voimalaitos jäisi kokonaan reservitehoksi. Tällä saavutettaisiin se etu, että sen päämuuntajaa ei tarvitse vaihtaa, vaan selvittää pelkästään Kausalan ja Vuolenkosken päämuuntajavaihdoksilla. Toisaalta ratkaisussa menetettäisiin mahdollisuus Mankalasta saatavaan edullisempaan kanta-verkkomaksuttomaan sähköenergiaan. Tämä merkitsisi noin 7 k€ menetystä vuositasolla.

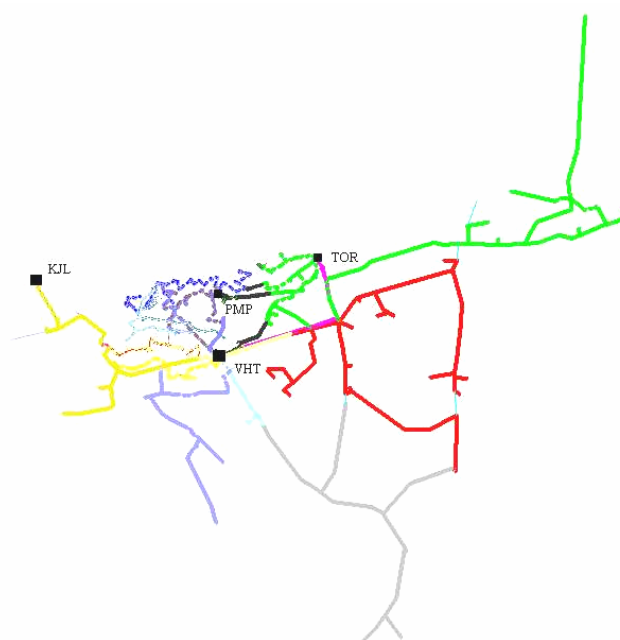
Mankalan perässä nykyisin olevaa kj-verkkoa ei tarvitse taulukon 7.2 kuormien takia välttämättä vahvistaa, mutta jos uutta Vuolenkosken suunnan asemaa ei rakenneta on syytä tarkasteluajanjakson alkupuolella vahvistaa pitkän MAN1-lähdön alkuosaa Kymentaan erottimelle asti nykyisen Vaasa-johdinosuuden vahvuiseksi. Nykyisin johdon alkupään kahtena pätkänä olevat Raven-osuudet kasvattavat lisääntyvillä kuormilla häviöitä varsinkin, jos lähdöllä korvaustilanteessa kierrätetään tehoja Kymentaan ja kirkonkylän kautta Kausalan asemalle asti. Vuoden 2020 kuormituksilla MAN1-lähdön edellä mainitut vahvistukset tuovat häviösäästöä noin 1 k€/a. Investoinnin vuotuiseräksi tulee 6 % korolla ja 40 vuoden pitoajalla 2,6 k€/a, joten johdon vaihto ei ole kuitenkaan pelkästään taloudellisesti perusteltua normaalitilanteen kuormilla.

Pohjois-Iitin jakelukeskeytykset tulevat pieneneään, koska Mankalan asemalle on asennettu loppusyksyn 2004 aikana maasulkuvirtojen kompensointilaitteisto. Tämä vähentää pikajälleenkytkentöjen määrää oleellisesti ja parantaa sähkön laatua vastaavasti alkuperäiseen tilanteeseen nähden, sekä helpottaa varsinkin Vuolenkosken suunnalla olleissa maadoitusongelmissa.

9.3 Vahteronmäki

Vahteronmäen sähköasemalla (VHT) on kaksi 25 MVA päämuuntajaa: PM1, joka on valmistettu vuonna 1972 sekä 1994 valmistettu PM2. Tekninen vaihtokä tulle vanhemmalla muuntajalla siten täyteen vuonna 2017 ja nuoremmalla vasta vuonna 2039, joten nuorempi on vaihtoiässä tarkastelujakson loppupuolella.

Vahteronmäen asema syöttää pääosin Kouvolan keskustan aluetta ja sen päämuuntajien nykyiset tehot riittävät normaalitilanteen ylläpitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Normaalien kytkentätilanteiden kuormitusaste molemmilla päämuuntajilla on silloin noin 70 %. Asemalta on tuolloin irrotettavissa naapuriasemien korvaamiseen tehoa noin 15 MVA. Tämä korvausteho riittää-



kin taulukon 8.12 mukaan kaikissa lasketuissa korvaustilanteissa vielä tarkastelujakson loppuosallakin paitsi Kuusaanlammen ja Korjalan yhteisessä tapauksessa, jolloin aseman molemmat päämuuntajat ylikuormittuvat tasaussiirtojenkin jälkeen noin 20 %. Tällöin ollaan jo päämuuntajakuormituksen riskirajoilla, koska päämuuntajan tuhoutumisen mahdollisuus on ylikuormituksen takia olemassa. Uuden muuntajan arvo ja rikkoutumisesta aiheutuva haitta on niin suuri, ettei näin suurella päämuuntajan kuormitusasteella ole järkevää toimia.

Tarkasteltaessa Vahteronmäen aseman omaa korvattavuutta taulukosta 5.11 havaitaan jo nykytilassa joidenkin korvaavien lähtöjen olevan lähellä termisen kuormitettavuuden rajaa, vaikka korvaavaa tehoa naapuriasemilla vielä nykytilassa riittävästi onkin. Vuoden 2020 kuormituksilla kappaleen 8.3 mukaan tilanne on muuttunut jo siten, etteivät korvaustehotkaan enää ole varsinkaan Korjalan asemalla riittäviä.

Korvaustehojen ja kj-verkon ylikuormitusongelman pitkäkestoinen ratkaisu on sijoittaa Kuusaanlammen, Korjalan ja Vahteronmäen väliselle Paimenpolun (PMP) kytkinaseman alueelle uusi sähköasema. Asemaa varten on aiemmin varattu kaavaan 110 kV syöttöjohtokatu ja muuntajalle on tilat Paimenpolun kytkinasemalla.

Ratkaisu poistaisi Vahteronmäen päämuuntajan korvaustilanteessa sekä Korjalan ja Kuusaanlammen päämuuntajien että kj-lähtöjenkin ylikuormituksen. Normaalisissa kytkentätilanteissa uusi päämuuntaja keventäisi Kuusaanlammen ja Vahteronmäen päämuuntajien ja varsinkin kj-lähtöjen kuormitusta ratkaisevasti. Kuusaanlammen kuormat olisivat molemmilla päämuuntajalla aluksi kytkentäjärjestelyjen jälkeen noin 9 MVA. Vahteronmäen päämuuntajat kävisivät puolestaan noin 10 ja 13 MVA kuormilla. Uuden Paimenpolun alueen sähköasemavaihtoehtoja käsitellään kappaleessa 9.5.

Lyhyemmän aikavälin ratkaisu on vahvistaa Korjalan ja Kuusaanlammen Vahteronmäen asemaa korvaavat termisesti ylikuormittuvat kj-lähdöt riittävän siirtokapasiteetin omaavilla kaapeleilla ja tai luomalla uusia kj-yhteyksiä ongelmapaikkojen kiertämiseksi. Näillä ratkaisuilla voidaan uuden aseman rakentamista siirtää 7-8 vuotta eli ajankohtaan 2011-2012, mutta sitten tulevat jo muiden päämuuntajien korvaustehonpuuteongelmat vastaan ja uusi sähköasema on rakennettava silloinkin. Vahvistetut lähdöt jäisivät silloin osittain vajaatehoisiksi.

Tarvittavia johtoreittivahvistuksia Vahteronmäen aseman kiskostorikkojen korvaustilanteita varten ovat kuitenkin vähintään Korjalan aseman Pytäränkadun ja Kaunisnurmen lähtöjen alkupäät. Helpommin vahvistettavalla Pytäränkadun lähdön alkupäässä on yksi 24 metrin APY120 osuus, joka on ensiksi vaihdettava AHXW185 kaapeliksi. Koko Vahteronmäen asemalle yltävällä 7,5 km reitillä samanlaisia pienipoikkipintaisia pullonkaulakohtia on 0,7 km, jotka vahvistamalla saadaan tähän lähtöön lisää siirtotehoa yhteensä noin 2,2 MVA. Pytäränkadun reitin vahvistusosuus on tehtävä vaikka uusi Paimenpolun päämuuntaja rakennettaisiinkin Vahteronmäen aseman korvattavuuden turvaamiseksi.

Kaunisnurmen reitin alkuosalla tulisi vahvistaa APY120 kaapeliosuutta AHXW185 kaapeliksi vähintään noin 0,6 km kolmessa eri paikassa, jotta saavutettaisiin riittävä

terminen kestävyys. Vaihtoehto tälle olisi yhdistää uudella noin 0,5 km pitkällä PAS120 ilmajohdolla Kuusaanlammelta tuleva KSPL14 lähtö muuntajaa M0554 syöttävään kj-lähtöön ja syöttää osa tarvittavasta tehosta tätä reittiä Kaunisnurmen ja Kasarminmäen alueelle. Tällä ratkaisulla tehoa voitaisiin syöttää Korjalasta ja Kuusaanlammelta sekä myöskin tarvittaessa vastaavasti toiseen suuntaan Paimenpolun kytkinasemalta.

Pytärängkadun koko kaapelivahvistuksen hinta olisi noin 29 k€ ja Kaunisnurmen noin 24 k€. Kaunisnurmen vahvistuksen vaihtoehdon eli uuden yhteyden rakentaminen KSPL14 lähtöön tulisi maksamaan noin 14 k€, joten se olisi myös taloudellisesti edullisempi kuin Kaunisnurmen lähdön vahvistus.

9.3.1 Uusi Paimenpolun tai Valimotien sähköasema

Kouvolan keskustan sähkönjakelun turvaamiseksi tulevaisuudessa on päämuuntajatehoja lisättävä. Parhaiten tämä onnistuu lisäämällä Paimenpolun nykyiselle kytkinasemalle uusi päämuuntaja. Korva-

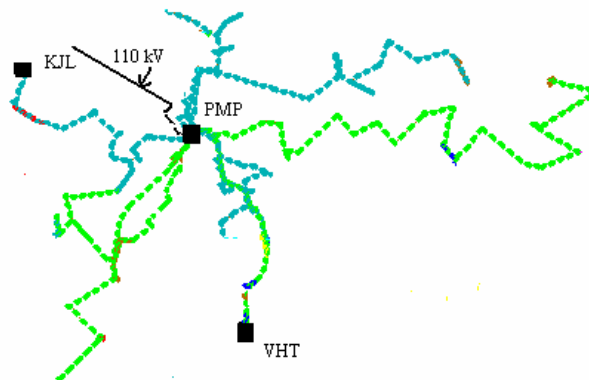


ustarkastelujen perusteella tämä on tehtävä viimeistään vuosina 2011-2012. Alkukuorma tällä päämuuntajalla koostuisi osista Vahteronmäen, Kuusaanlammen ja Korjalan silloisia kuormia ja olisi tuolloin normaalitilanteessa noin 12 MVA.

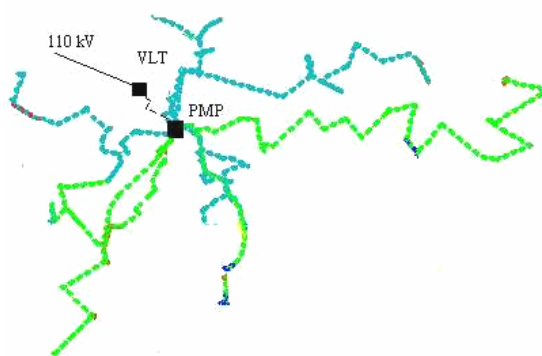
Toinen perustelu uudelle päämuuntajasijoitukselle on lyhentää oleellisesti keskustan alueen kj-kaapelilähtöjen pituuksia alentaen näin kunkin johdon osalle tulevaa kuormitusta. Näin saadaan hoidettua muuten ennen vuotta 2020 esiin tulevat kaapelien ylikuormittuminen sekä tehonpuuteongelmat eri korvaustilanteissa. Kun otetaan huomioon uuden päämuuntajan naapuri asemien kuormia keventävä vaikutus Vahteronmäen aseman korvaustilanteessa Paimenpolun päämuuntajalle kertyy vuoden 2020 tilanteessa kuormaa suurimmillaan yhteensä noin 22 MVA. Nämä korvaustilanteet huomioiden uuden päämuuntajatehon on oltava vähintään 25 MVA.

Paimenpolun kytkinasemalta (PMP) tapahtuva alueen kj-verkon syöttäminen pienentää häviötehoa arvioidun rakennusajan kuormituksilla 182 kW. KSS:n häviöiden käyttöajan 2550 tuntia mukaan säästöksi tulee noin 19 k€/a, joka on huomioitava investoinnin vuotuiserää tarkasteltaessa.

Molemmat Paimenpolun uudet päämuuntajasijoitusvaihtoehdot vaativat rakennettavaksi uuden 110 kV syötön Kuusaanlammen asemalle menevästä KSS:n omasta alueverkosta. Ensimmäisen vaihtoehdon (1.) mukaisesti johto voidaan rakentaa alkuosaltaan 1,1 km ilmajohtona Valimotielle asti ja loput noin 0,6 km kaapelina ja päämuuntaja sijoitetaan Paimenpolun kytkinaseman ulkotiloihin. Asemalta syötetään nykyisen kytkinaseman lähtöjä.



Toisessa (2.) vaihtoehdossa 110 kV syöttö tuodaan ilmajohtona Rinnekadun päähän Valimotien varteen samoin kuin ensimmäisessä ratkaisussa, mutta asema päämuuntajineen rakennetaan suoraan ilmajohdon loppukohtaan Valimotien (VLT) varteen. Tehot siirretään kahdella AHXW300 kj-kaapelilla lopun 0,6 km matkan Paimenpolun kytkinasemalle ja kytketään uusiksi kiskostosyötöiksi kytkinasemalle kahden entisen varakennon kautta. Uudelle sähköasemalle varataan kj-lähtötilaa myös uusille lähdoille.



Taulukossa 9.2 on vertailtu uuden Paimenpolun aseman rakennusvaihtoehtojen rakennuskustannuksia keskenään. Investoinnin vuotuiserä on laskettu 6 % korolla ja keskimääräisellä 40 vuoden pitoajalla.

Taulukko 9.2. Paimenpolun alueen uuden aseman kustannusvaihtoehtojen vertailu.

Vaihtoehto	Kustannustekijä	Yksikkömäärä	Yksikköhinta [k€]	Hinta [k€]
1. Paimenpolku (PMP)	110 kV ilmajohto	1,1 km	170	187
	110 kV syöttökaapeli	0,6 km	275	165
	110 kV laitteet	1	100	100
	Päämuuntaja 25 MVA	1	260	260
	Perustukset ym. rakennelmat	1	20	20
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70
	20 kV kaapelointi	1	5	5
	Investoinnin vuotuiserä	53,6 k€/a	Yhteensä	807
2. Valimotie (VLT)	110 kV ilmajohto	1,1 km	170	187
	110 kV kenttä	1	150	150
	Päämuuntaja 25 MVA	1	260	260
	20 kV kytkinasema	1	160	160
	Perustus ym. rakennelmat	1	70	70
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70
	20 kV kaapelointi	1,2 km	42	50
	Investoinnin vuotuiserä	62,9 k€/a	Yhteensä	947

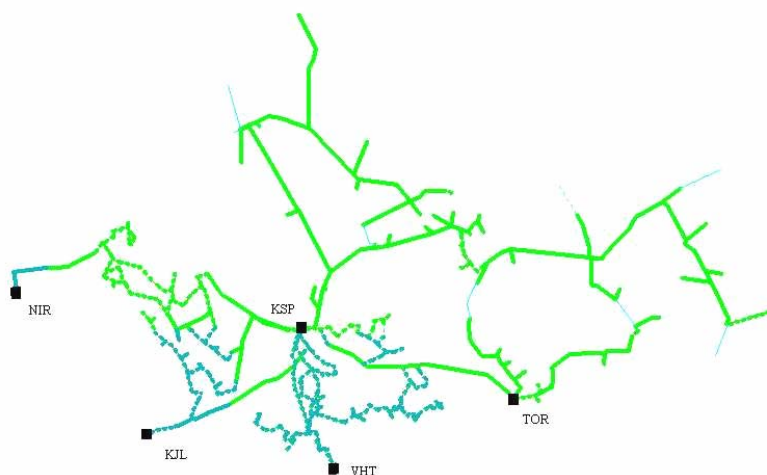
110 kV kaapelin hinta sisältää 3-vaiheisen johtimen asennettuna suojakouruineen ja päätteineen sekä maankaivutyöt.

Paimenpolun alueen asemavaihtoehtojen kustannuksia tarkasteltaessa havaitaan entiselle kytkinasemalle sijoitetun vaihtoehdon olevan taloudellisesti edullisempi vaihtoehto. Kun vuotuiserästä vähennetään häviöissä säästettävä 19 k€/a saadaan sen suuruudeksi 34,6 k€/a.

9.4 Kuusaanlampi

Kuusaanlammen sähköasemalla (KSP) on kaksi 25 MVA päämuuntajaa: PM1, joka on valmistettu vuonna 1985 sekä 1999 valmistettu PM2. Tekninen vaihtoikä tulee vanhemmalla PM1 muuntajalla täyteen vuonna 2030 ja nuoremmalla PM2:lla vasta vuonna 2044.

Kuusaanlammen asema syöttää osia Kouvolan, Kuusankosken ja Valkealan alueesta ja sen päämuuntajien nykyiset tehot riittävät normaalitilanteen yllä-



pitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Normaalin kytkentätilanteen kuormitusaste PM1:llä on noin 75 % ja pienempikuormaisen PM2:n vain noin 30 %.

Asemalta on tuolloin siirrettävissä naapuriasemien korvaamiseen tehoa noin 23 MVA, mutta kj-lähdöt eivät riitä kaikin osin siirtämään reservitehoa tarvittaviin kohteisiin. Korvaustehoa riittää taulukon 8.12 mukaan vielä tarkastelujakson loppuosalla kaikissa lasketuissa korvaustilanteissa, kun päämuuntajakohtainen kuormitus jaetaan uudelleen.

Toisaalta tarkasteltaessa Kuusaanlammen aseman omaa korvattavuutta taulukosta 5.4 havaitaan jo nykytilassa joidenkin korvaavien lähtöjen olevan lähellä termisen kuormitettavuuden rajaa, vaikka korvaavaa tehoa naapuriasemilla vielä nykytilassa riittävästi onkin. Vuoden 2020 kuormituksilla kappaleen 8.4 mukaan tilanne on muuttunut siten, ettei kj-lähtöjen lisäksi korvaustehotkaan enää ole Valkealan asemalla riittäviä.

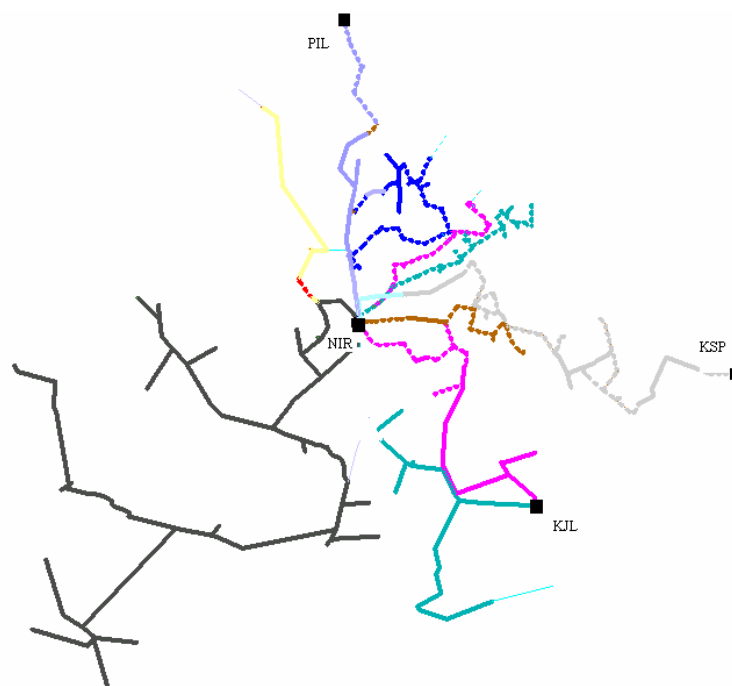
Korvaustehojen ja kj-verkon ylikuormitusongelman pitkäkestoiseksi ratkaisuksi on edellä kappaleessa 9.5 esitetty Paimenpolun alueelle sijoitettavaa uutta sähköasemaa. Tällä lähtöjen uusjaolla saadaan myös alueen asemien suuret maasulkuvirrat pienenemään. Maadoitusvirtojen pienenemisen myötä helpottuvat myöskin kyseisen hiekkaharjualueen verkoston maadoitusongelmat. Kuusaanlammen ja Nirvistentien välisten keskijännitekaapelien parannusehdotuksia käsitellään kohdassa 9.7.

Huonosta maanlaadusta johtuvat suuret maasulkuvirrat voidaan pienentää asentamalla asemalle maasulkuvirran kompensointilaitteisto, joka vähentää maadoitustarvetta ja parantaa huomattavasti sähkönlaatua poistamalla lyhyitä sähkökatkoja.

9.5 Nirvistentie

Nirvistentien sähköasemalla (NIR) on kaksi päämuuntajaa. PM1 on teholtaan 16 MVA ja se on valmistettu vuonna 1972 sekä toinen 25 MVA päämuuntaja, joka on valmistettu vuonna 1977. Tekninen vaihtokä tulee vanhemmalla PM1 muuntajalla täyteen tämän tarkastelujakson lopulla eli vuonna 2017 ja nuoremmalla PM2:lla vasta vuonna 2022.

Nirvistentien asema syöttää läntistä osaa Kuusankosken alueesta ja sen päämuuntajien nykyiset tehot riittävät normaalitilanteen ylläpitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Normaalin kytkentätilanteen kuormitusaste PM1:llä on noin 66 % ja pienempikuormaisen

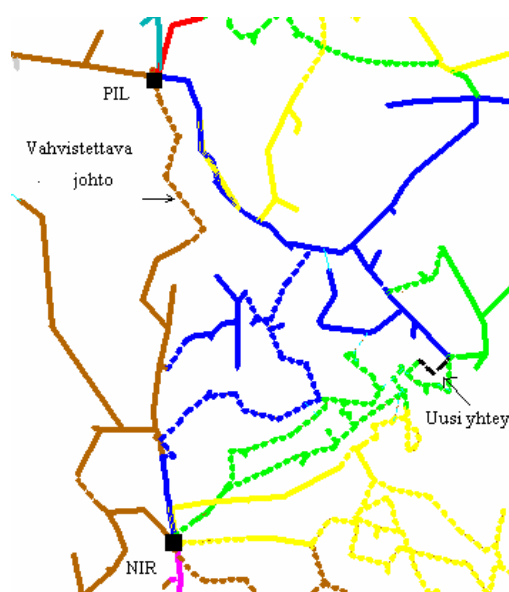


PM2:n 38 %, joten päämuuntajat käyvät vielä silloinkin kevyehköllä kuormalla. Asemalta on tuolloin tarvittaessa saatavissa tehoa naapuriasemien korvaamiseen noin 21 MVA, mutta täälläkään kj-lähdöt eivät täysin riitä siirtämään reservitehoa tarvittaviin kohteisiin. Omat korvaustehot riittävätkin taulukon 8.12 mukaan vielä tarkastelujakson loppuosallakin kaikissa lasketuissa korvaustilanteissa, kun päämuuntajakohtainen kuormitus jaetaan uudelleen.

Tarkasteltaessa Nirvistentien aseman omaa korvattavuutta taulukosta 5.5 havaitaan jo nykytilassa Kuusaanlammen ja Nirvistentien asemien välisten lähtöjen olevan termisen kuormitettavuuden rajalla, vaikka korvaavaa tehoa naapuriasemalla riittävästi onkin. Vuoden 2020 kuormituksilla kappaleen 8.5 mukaan tilanne on muuttunut siten, että kj-lähtöjen lisäksi Pilkanmaan päämuuntaja ylikuormittuu lievästi. Kuusaanlammen ylikuorma saadaan tasoitettua lähtöjen uudelleen järjestelyjen avulla.

Korvaustilanteen kj-verkon ylikuormitusongelman ratkaisu on Nirvistentien, Pilkanmaan, Kuusaanlammen sekä Korjalan asemien välisten korvausreittien vahvistaminen ja uusien varayhteyksien rakentaminen olemassa olevien lähtöjen välille.

Tilannetta korjaava uusi yhteys on rakennettavissa Pajamäen alueella Vuorikadun muuntamon M0521 ja Tähtikadun muuntamon M0717 väliin. Uusi yhteys on noin 0,45 km pitkä ja sen tulee olla vähintään AHXW185 kaapelia. Tällä yhteydellä estetään korvaustilanteessa alueen entisten APY70 kaapelien ylikuormittuminen ja saadaan tehot siirrettyä luotettavasti Kuusaanlammen aseman lähdön KSAL09 kautta.



Kj-verkkoa on vahvistettava Pilkanmaan ja Nirvistentien asemien välisen lähdön 1,7 km pitkä APY70 kaapeliosuuden vaihdolla AHXW185 kaapeliksi Suopellon muuntamon M0526 ja Kymenrannan muuntamon M0524 välillä. Näin saadaan kuormituskyvyltään riittävä yhteys Urheilupuiston ja Rekolan alueelle sekä asemien välille korvaustilanteita silmälläpitäen.

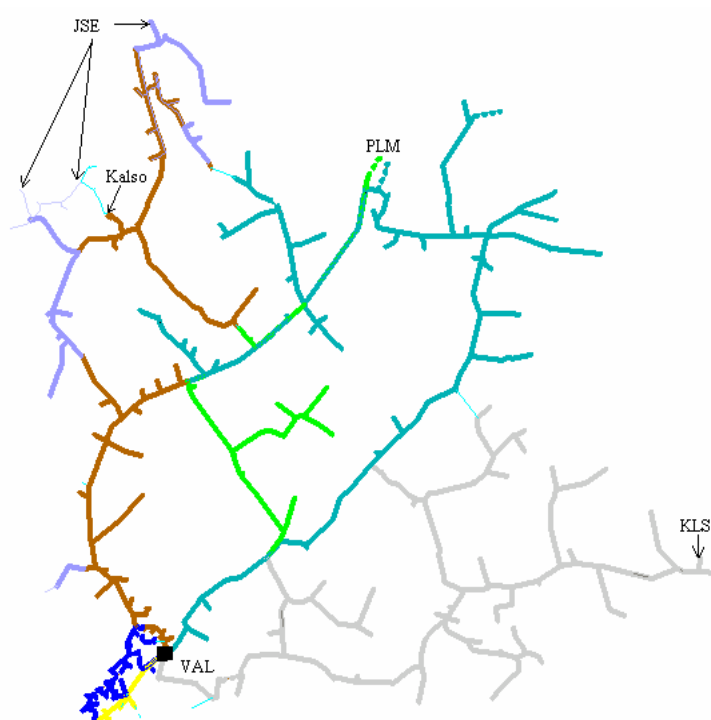
9.6 Valkeala

Valkealan sähköasemalla on kaksi rinnankytkettyä 10 MVA päämuuntajaa. Toinen niistä on valmistettu vuonna 1973 sekä toinen vuonna 1966. Tekninen vaihtoikä tulee vanhemmalla muuntajalla täyteen tämän tarkastelujakson keskivaiheilla eli vuosien 2011-2016 välillä ja nuoremmalla jakson lopulla vuonna 2018-2023.

Valkealan asema syöttää suurinta osaa Valkealan alueesta ja sen päämuuntajien nykyiset tehot riittävät normaalitilanteen ylläpitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Normaalin kytkentätilanteen yhteinen kuormitusaste niillä on silloin noin 90 %, joten päämuuntajat käyvät silloin jo lähes täydellä kuormalla. Asemalta on tuolloin saatavissa tarvittaessa tehoa naapuriasemien korvaamiseen vain noin 2 MVA. Korvausteho ei riitä vuoden 2020 kuormilla taulukon 8.12 mukaisiin korvaustilanteisiin, jos uutta Paimenpolun alueen päämuuntajaa ei ole käytettävissä.

Toisaalta tarkasteltaessa Valkealan aseman omaa korvattavuutta taulukosta 5.6 havaitaan jo nykytilassa Pilkanmaan ja Valkealan asemien välisten lähtöjen jännitteenalenumien olevan korkealla, vaikkakin juuri hyväksyttävissä. Vuoden 2020 kuormituksilla kappaleen 8.6 mukaan tilanne on muuttunut siten, että kj-lähtöjen lisäksi Pilkanmaan päämuuntaja ylikuormittuu 12 %. Kuusaanlammen PM ylikuorma saadaan tasoitettua lähtöjen uudelleen järjestelyjen avulla. Tässä uudessa tilanteessa jännitteenalenumat ovat kolmessa korvaavassa lähdössä yli 3 % liian suuria ja Kuusaanlammen lähtö KSPL08 ylikuormittuu.

Ratkaisuna tähän korvaustilanteen jännitteenalenumien ongelmaan voidaan käyttää naapurisähkötaloilta, Järvi-Suomen Energia Oy:ltä (JSE) ja Kymenlaakson Sähkö Oy:n (KLS) verkostoista saatavaa korvaustehoa. Myöskin Veikarajärven varavoima (PLM) pystyy keventämään varuskunnan omaa kuormaa noin 1,5 MVA.



Valkealan korvaustilanne voidaan hoitaa vuoden 2020 kuormilla seuraavan taulukon 9.1 mukaisesti.

Taulukko 9.1. Valkealan aseman vuoden 2020 korvaustilanteen arvioidut kj-lähtöjen kuormitukset ja jännitteenalenumat naapuriyhtiöiden varatehoilla.

Korvaava lähtö	Lähdön reitti	Korvausteho [MVA]	Kuormitusaste [%]	Jännitteenalenuma [%]
PILL05	PILL05 – E1007C	1,2	39	9,2
PILL09	PILL09 – E236	3,8	54	8,6
KSPL08	KSPL08 – E066	7,8	94	4,8
VHTL12	VHTL08 – E236	2,1	43	8,9
KLS	E162-EE66	1,5	23	6,2
JSE	E158-E1007	0,4	12	5,6
PLM	-	1,5	-	-

Taulukkoa 9.1 tarkastellessa havaitaan, että jännitteenalenemat ja kuormitusasteet saadaan sallittujen rajojen sisälle naapuriyhtiöiden varatehojen avulla. Valkealan tehojen korvaaminen onnistuu vielä vuoden 2020 ennustetuilla kuormilla, kun käytettävissä ovat nämä lisätehot.

Mikäli Valkealassa oleva UPM:n Kalson tehdas toimii tulevaisuudessa edelleen ja muun Valkealan kehitys on ollut ennustettua tai vielä enemmän ja halutaan selvittää kokonaan omilla päämuuntajatehoilla myöskin korvaustilanteissa on yksi ratkaisu edellisiin ongelmiin uuden sähköaseman rakentaminen Pilkanmaan ja Valkealan asemien alueiden väliselle alueelle. Jo aiemmin on alueelle suunniteltu tehtäväksi uusi sähköasema Anttilan kytkinaseman kohdalle. Anttilan mahdollista asemaratkaisua on arvioitu erikseen kappaleessa 9.9.

Valkealan asemalle tehdään vuoden 2005 aikana myös uusi 20 kV kytkinasema entisen vanhentuneen yksikiskorakenteisen laitteiston tilalle. Tämän jälkeen päämuuntajia voidaan käyttää erillisinä yksikköinä. Asemalle voidaan myöhemmin esimerkiksi vuosien 2013-2016 tienoilla vaihtaa yhtenä korvaustilojen tehoressurssien parannuskeinona toisen tai molempien 10 MVA muuntajan tilalle suurempi 16 MVA päämuuntaja, jos uuden sähköaseman rakentaminen jää tekemättä. Nuorempi vapautuvista päämuuntajista on silloin perushuollettuna siirrettävissä muuhun käyttöön.

Samanaikaisesti kytkinasemalaitteiston vaihtotyön kanssa Valkealan kj-lähtö VALL06 Jokela jaetaan kahteen osaan, koska sen kuormat ovat jo nyt kohonneet tarpeettoman suuriksi ja tarkastelujakson aikana lähdön kuormat nousevat muuten lähelle normaalitilassa sallittua ylärajaa.

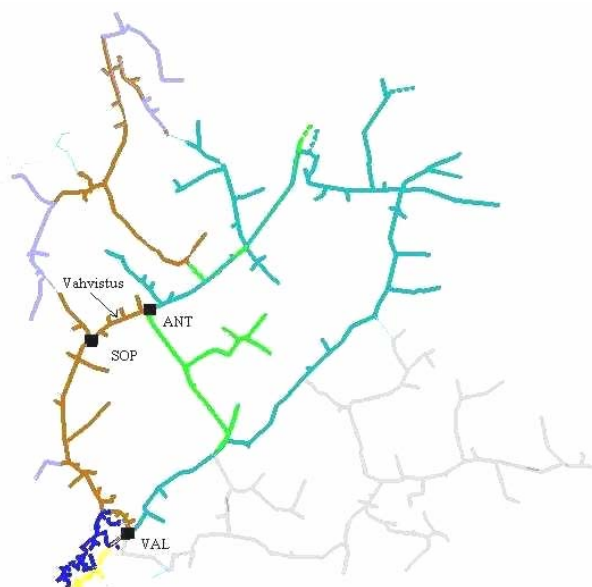
9.6.1 Anttilan tai Sopasen uusi sähköasema

Valkealan alueen pitkien kj-johtojen aiheuttamien jännite- ja tehonsiirto-ongelmien itsenäiseksi pitkäntähtäimen ratkaisuksi on jo aikaisempien vuosien suunnitelmissa ollut rakentaa uusi sähköasema verkostoon nähden keskeiselle paikalle. Kulutuksen vähäinen kasvu ja siihen liittyvät epävarmuustekijät ovat kuitenkin viivytäneet suhteellisen kallista hanketta. Tehdyssä ennusteessa arvioidaan alueen sähkönkulutuksen kasvavan siinä määrin, että omaa lisätehoa tarvitaan ainakin mahdollisten

päämuuntajahäiriöiden ja suunniteltujen huoltojen onnistuneeseen itsenäiseen hoitoon huipunaikaisilla kuormilla.

Valkealan päämuuntaja-alue on vikaherkkää aluetta ja samoin kuin Vuolenkosken alueella voidaan asiakkaan kokeman haitan määrä laskea yhtälöillä (9.1) ja (9.2). Pysyvien keskeytysten määrä on ollut 2000-luvulla Valkealan alueella keskimäärin 10 vuoden aikana ja korjausaika noin 30 minuuttia. Kun uuden aseman alueen keskeytyskritehoksi määritellään KSS:n 4470 tunnin huipunkäyttöajalla noin 3,2 MW saadaan asiakkaan kokeman haitan määräksi 60,8 k€/a. Oletetaan, että uuden aseman ansiosta keskeytysten määrä on 4 ja nopeutuvasta selvitystyöstä johtuen keskeytysaika lyhenee 20 minuuttiin. Haitan uudeksi hinnaksi saadaan silloin 16,2 k€/a. Haitta vähenee siis uuden aseman ansiosta 44,6 k€/a.

Anttilan vaihtoehtoa (1.) puoltaa jo valmiina oleva erotinasema ja riittävän siirtokykyiset johtoyhteydet jokaiseen lähtösuuntaan. Entiset kj-johdot kestävät uuden aseman oikosulkuvirratt, mutta suuren kuormituksen takia Anttilasta Sopasen suuntaan oleva johto on vahvistettava A132 vahvuiseksi. Se on myös keskeisimmällä paikalla alueen verkostoon nähden kuin Sopasen



asema. Nämä tekijät vaikuttavat pienentävästi niin kj-lähtöjen jännitteenaleniin kuin häviöihin, joita asemalla on tarkoitus vähentää. Aseman alkukuorma olisi noin 6,5 MVA, joka kevenee Valkealan ja Pilkanmaan asemilta parantaen näiden päämuuntajien ja kj-lähtöjen teho- sekä kuormitusongelmia.

Tämä vaihtoehto vähentää alueen häviötehoa noin 310 kW ja siitä syntyy rahallista säästöä yhteensä 32 k€/a nykytilan kuormilla, joka on huomioitava investoinnin vuotuiserää arvioitaessa.

Toisessa vaihtoehdossa (2.) asema sijoitetaan Sopasen erotinasemalle, jonka etuna on 9 km lyhyempi ja yli 1,5 M€ halvempi 110 kV syöttöjohto. Haittapuolena on maantieteellisestä sijoituksesta johtuen pitemmät kj-lähdöt Anttilan vaihtoehtoon nähden. Tässä ratkaisussa joudutaan Anttilan ja Sopasen erotinasemien välinen Sp40-johto myös vahvistamaan A132-johdoksi siirtokyvyn parantamisen vuoksi. Alkukuormitus molemmilla olisi saman suuruinen ja häviöt lähes samansuuruiset Sopasen ja Anttilan välisen johdon vahvistamisen jälkeen. Häviösäästöksi tulee Sopasen vaihtoehdossa 29 k€/a nykytilan kuormilla.

Asemaratkaisulle on esitetty tässä kaksi eri sijoitusvaihtoehtoa. Niiden rakennuskustannuksia arvioidaan taulukossa 9.2.

Taulukko 9.2. Anttilan ja Sopasen uusien asemavaihtoehtojen rakennuskustannukset.

Asema	Kustannustekijä	Yksikkömäärä	Yksikköhinta [k€]	Hinta [k€]	
1. Anttila (ANT)	110 kV ilmajohto	13,0 km	170	2210	
	110 kV kenttä	1	150	150	
	Päämuuntaja 10 MVA	1	20	20	
	20 kV kytkinasema	1	120	120	
	Perustukset ym. rakennelmat	1	70	70	
	Verkkokäskylaitteet	1	70	70	
	20 kV ilmajohdot	3,2 km	9	29	
	20 kV kaapelointi	1	10	10	
	Investoinnin vuotuiserä		185 k€/a	Yhteensä	2679
	2. Sopanen (SOP)	110 kV ilmajohto	4,0 km	170	680
110 kV kenttä		1	150	150	
Päämuuntaja 10 MVA		1	20	20	
20 kV kytkinasema		1	120	120	
Perustukset ym. rakennelmat		1	70	70	
Verkkokäskylaitteet		1	70	70	
20 kV ilmajohdot		3,2 km	9	29	
20 kV kaapelointi		1	10	10	
Investoinnin vuotuiserä		76 k€/a	Yhteensä	1149	

Päämuuntajana on molemmissa taulukon 9.2 vaihtoehtolaskelmassa käytetty Valkealasta vapautuvaa perushuollettua 10 MVA päämuuntajaa.

Asemavaihtoehtoja tarkasteltaessa taulukosta 9.2 havaitaan Sopasen lähdön olevan hinnaltaan edullisempi ja huomioituna edellä laskettu häviösäästö 29 k€/a saadaan sen vuotuiseräksi 47 k€/a. Kun edellä laskettu asiakkaan kokeman haitan hinnan pieneneminen 44,6 k€/a vähennetään vuotuiserästä havaitaan investoinnin maksavan 2,4 k€/a ja olevan sillä perusteella taloudellisesti kannattamaton, vaikkakin hanke on sähkön laadun paranemisen kannalta ja korvattavuustarkastelujen osalta kannattava.

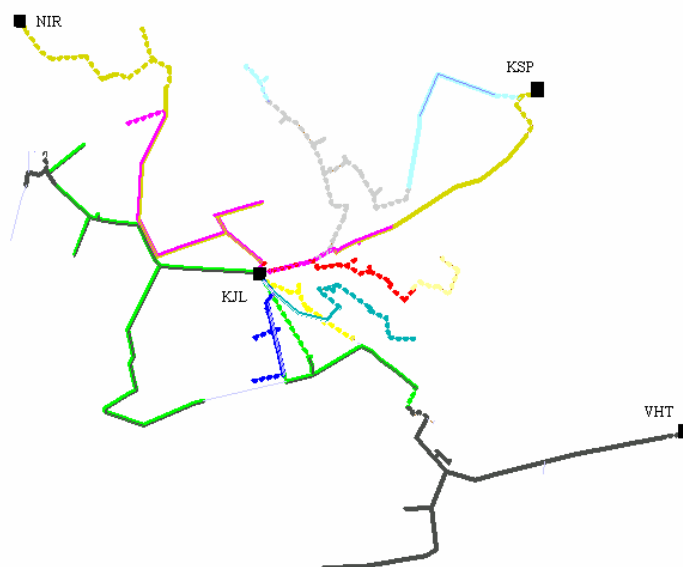
9.7 Korjala

Korjalan sähköasemalla (KJL) on yksi päämuuntaja, joka on teholtaan 25 MVA ja se on valmistettu vuonna 1978. Sen tekninen vaihtoikä tulee täyteen tämän tarkastelujakson ulkopuolella eli vuonna 2023.

Korjalan sähköasema syöttää pääasiallisesti Kouvolan ja Kuusankosken välistä kaupan ja pienteollisuuden keskittymäaluetta ja sen päämuuntajan nykyiset tehot riittävät hyvin normaaliti-

lanteen ylläpitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Normaalin kytöntätilanteen päämuuntajan kuormitusaste on noin 47 %, joten päämuuntaja käy vielä silloinkin kevyehköllä kuormalla. Asemalta on tuolloin tarvittaessa saatavissa tehoa naapuriasemien korvaamiseen noin

13,8 MVA, mutta kuten aiemmissa tarkasteluissa on tullut ilmi kaikki kj-lähdöt eivät nykyisellään riitä siirtämään tätä reservitehoa muiden asemien korvaustilanteissa. Asemalta saatavat korvaustehot riittävät taulukon 8.12 mukaan vielä tarkastelujakson loppuosallakin kaikissa lasketuissa korvaustilanteissa, jos päämuuntajakuormituksen annetaan tarvittaessa ylittää hieman nimelliskuormitusarvon.



Tarkasteltaessa Korjalan sähköaseman omaa korvattavuutta taulukoista 5.7 ja 8.7 havaitaan nykytilassa ja vuoden 2020 kuormituksilla, että myöskin kaikki Korjalaa korvaavat kj-lähdöt kestävät kuormat hyvin.

9.8 Pilkanmaa

Pilkanmaan sähköasemalla (PIL) on yksi päämuuntaja, joka on teholtaan 20 MVA ja valmistettu vuonna 1960. Sen tekninen vaihtoikä tulee täyteen jo vuonna 2005 ja se on korvattava toisella noin viiden vuoden sisällä.

Pilkanmaan sähköasema syöttää pääasiassa Pilkanmaan ja Valkealan luoteisosaa ja sen päämuuntajan nykyiset tehot riittävät normaalitilanteen ylläpitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Normaalin kytkentätilanteen päämuuntajan kuormitusaste on noin 80 %, joten se käy silloin melko kovalla kuormalla. Asemalta on tuolloin tarvittaessa saatavissa tehoa naapuriasemien korvaamiseen vain noin 4 MVA. Asemalta saatavat korvaustehot eivät riitä taulukon 8.12 mukaan tarkastelujakson loppuosalla kaikissa laskeutissa korvaustilanteissa vaan päämuuntajakuormitus ylittää nimelliskuorman. Suurin ylitys syntyy Valkealan aseman päämuuntajien kuormien korvaustilanteessa



Tarkasteltaessa Pilkanmaan sähköaseman omaa korvattavuutta taulukosta 8.12 havaitaan vuoden 2020 kuormituksilla, että Valkealan aseman päämuuntajat ylikuormittuvat, mutta kaikki kj-lähdöt kestävät korvaustilanteen vielä hyvin.

Pilkanmaan ja Valkealan asemien ylikuormitusongelmien ratkaisuksi on esitetty edellä kappaleessa 9.9 uuden aseman rakentamista. Tämä poistaa molempien asemien teho-ongelmat, parantaa alueen sähkön laatua ja tuo myös huomattavan säästön häviöissä.

Yksi mahdollinen ratkaisu olisi myös Pilkanmaan päämuuntajan vaihto suurempaan, kun sen 45 vuoden ikä tulee täyteen vuoden 2005 aikana. Tätä ratkaisua puoltaa myös se, että aseman nykyinen päämuuntaja on suurihäviöinen kone. Verratessa Myllykosken samankokoiseen ja lähes samansuuruisella kuormalla käyvään päämuuntajaan hukkaa Pilkanmaan muuntajakone 46 % enemmän häviöihin. Vuoden 2003 aikana muuntajahäviöistä rahallista säästöä syntyi vähähäviöisen Myllykosken päämuuntajan hyväksi noin 5,4 k€. Uutta päämuuntaja valitessa kannattaakin valita vähähäviöinen malli, koska esimerkiksi uuden 25 MVA päämuuntajan vähä-

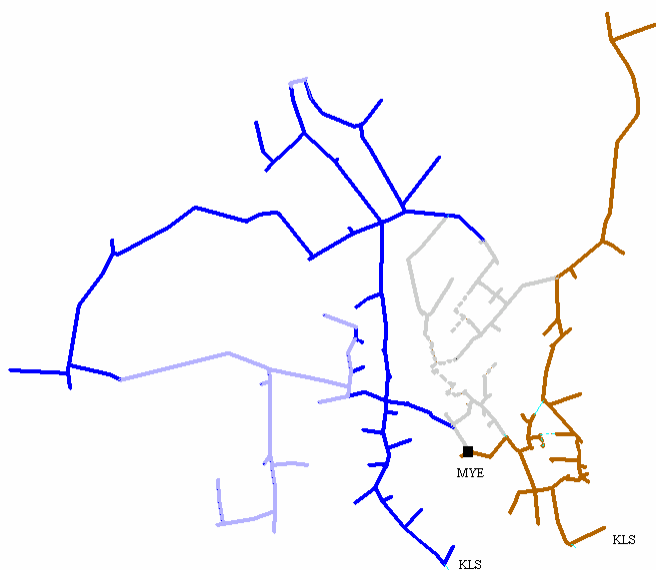
häviöisempi malli on vain noin 10 tuhatta euroa kalliimpi kokonaishinnan ollessa 260-280 k€.

Yksi ratkaisu Pilkanmaan päämuuntajan teknillisen vaihtoajan täyttymiseen on siirtää Myllykosken vuonna 2009 huoltoon menevä kone Pilkanmaalle ja hankkia Myllykosken asemalle teholtaan koko pitoajan riittävä uusi 25 MVA päämuuntaja.

9.9 Myllykoski

Myllykosken sähköasemalla (MYE) on yksi päämuuntaja, joka on teholtaan 20 MVA ja se on valmistettu vuonna 1984. Sen tekninen vaihtoikä tulee täyteen tämän tarkastelujakson ulkopuolella vuonna 2029, joten vaihto tämän vuoksi ei ole ajankohtainen.

Myllykosken sähköasemalta syötetään pääasiassa Myllykosken, Ummeljoen ja Keltakankaan KSS:lle kuuluvia alueita ja sen päämuuntajan nykyiset tehot riittävät hyvin normaalitilanteen ylläpitoon kuormitusennusteen mukaan vielä vuonna 2020. Päämuuntajan kuormitusaste on silloin normaalissa kytkentätilanteessa noin 74 %. Asemalta



on tuolloin tarvittaessa saatavissa tehoa naapuriasemien korvaamiseen noin 5,2 MVA. Asemalta saatava korvausteho riittää taulukon 8.12 mukaan vielä tarkastelujakson loppuosalla kaikissa lasketuissa korvaustilanteissa, mutta ei enää siitä eteenpäin. Siksi onkin perusteltua hankkia asemalle seuraavan päämuuntajahuollon yhteydessä suurempi 25 MVA päämuuntaja, jossa reservitehotkin riittävät koko pitoajan.

Tarkasteltaessa Myllykosken sähköaseman omaa korvattavuutta taulukosta 8.12 havaitaan vuoden 2020 kuormituksilla, että tätä asemaa yksin korvaavan Vah-

teronmäen aseman päämuuntajat eivät ylikuormitu lähtöjen uudelleen järjestelyn jälkeen ja kaikki kj-lähdöt kestävät taulukon 8.11 mukaan vielä korvaustilanteen.

Myllykosken asemalle on tehty syksyn 2004 aikana uusi 20 kV kytkinasema entisen teknisesti vanhentuneen tilalle.

Keskustan lähtö MYEL08 tulee ennusteen mukaan kuormittumaan tarkastelujakson aikana noin 15 % KSS:ssä suosituksena olevan 70 % kuormitusasteen yli ja on siksi jaettava kahteen osaan. Työ on otettu rakennusohjelmaan ja tehdään vuoden 2005 aikana.

9.10 Päämuuntajavaihdot

KSS:n alueelle joudutaan tekemään muutamia uuden päämuuntajakaluston hankintoja jo pelkästään teknisen vaihtoian perusteella vuoteen 2020 mennessä. Taulukossa 9.3 on ehdotus KSS:n alueen päämuuntajien perushuolto-, hankinta- ja siirtoajankohdista. Normaalisti päämuuntajan tekninen ikä on määritelty 45 vuoden mittaiseksi, mutta perushuolletulla ylikuormittamattomalla koneella tulee toimeen ainakin 50 vuoden ikään saakka. Perushuolto tehdään yleensä noin 25 vuoden käytön jälkeen.

Taulukko 9.3. KSS:n sähköasemien arvioitu päämuuntajien tekninen vaihtokä ja perushuollot sekä siirrot.

Sijointus- asema	Päämuuntajan nimellisteho [MVA]		Jännite [kV]	Valmistus- vuosi	Huolto- vuosi	Poisto- vuosi	Siirretään asemalle	Siirto- vuosi
KSA	PM1	20	110/20	1964	1989	2009-14	Poistoon	2010
MAN*	PM1	10	10/20	1974	1999	2019-24	Varastoon	2010
VHT	PM1	25	110/20	1972	1997	2017-22		
	PM2	25	110/20	1994	2019	2039-44		
KSP	PM1	25	110/20	1985	2010	2030-35	KSA	2010
	PM2	25	110/20	1999	2024	2044-49		
NIR	PM1	16	110/20	1972	1997	2017-22		
	PM2	25	110/20	1977	2002	2022-27		
VAL	PM1*	10	110/20	1973	1998	2018-23	SOP/ANT	2013
	PM2	10	110/20	1966	1991	2011-16	Poistoon	2016
KJL	PM1	25	110/20	1978	2002	2023-28		
PIL	PM1	20	110/20	1960	1985	2005-10	Poistoon	2009
MYE	PM1	20	110/20	1984	2009	2029-34	PIL	2009
uusi*	PM1	10	10/20	2010	2035	2055-60	MAN	2010
uusi*	PM1	3,15	6/20	2010	2034	2054-59	VKI	2010
uusi	PM1	25	110/20	2009	2034	2054-59	MYE	2009
uusi*	PM1	25	110/20	2012	2037	2057-62	PMP	2012
uusi	PM1	25	110/20	2010	2035	2055-60	KSP	2010
uusi*	PM1	16	110/20	2012	2037	2057-62	VAL	2013
uusi	PM1	16	110/20	2016	2041	2061-66	VAL	2016

Tähdellä merkityt ovat harkittavana olevia vaihtoja

Taulukon mukaa KSS:n verkkoon vaihdetaan tai lisätään tarkastelujakson aikana 2-3 uutta 25 MVA ja 1-2 uutta 16 MVA sekä mahdollisesti yksi 3.15 ja 10 MVA uusi päämuuntajaa. Osa siirroista on teknillisiä siirtoja, esimerkiksi Kuusaanlammen toinen 25 MVA päämuuntaja siirretään vuonna 2010 huoltoon ja sieltä Kausalaan. Huoltoon lähtevän tilalle Kuusaanlammelle asennetaan uusi 25 MVA päämuuntaja. Ehdotus KSS:n verkostoon hankittavista päämuuntajista tehoineen ja sijoituspaikkoi- neen sekä hankinta-ajankohtineen on esitetty taulukossa 9.4.

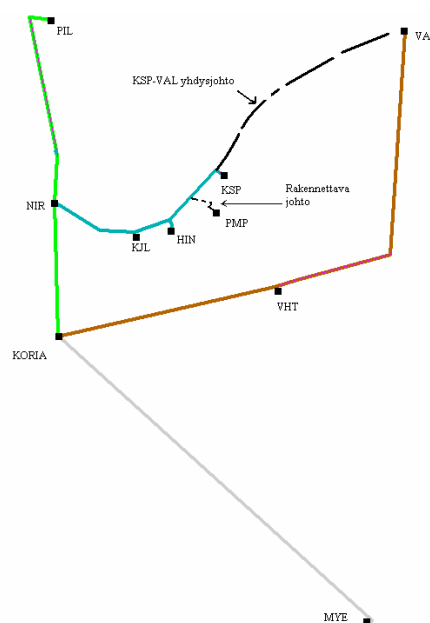
Taulukko 9.4. KSS:n päämuuntajahankinnat tarkastelujakson aikana

Vuosi	Päämuuntajateho [MVA]				Asema
	3,15	10	16	25	
2009				1	MYE
2010	1*				VKI
		1*			MAN
				1	KSP
2011					
2012				1	PMP
2013			1		VAL
2014					
2015					
2016			1		VAL

Tähdellä merkityt harkittavana olevia hankintoja

9.11 110 kV Alueverkosto

KSS Energialla on omaa 110 kV verkkoa 23,7 km ennestään ja kuten tässä tarkastelussa on havaittu käyttövarmuuden ja sähköasemalisäysten vuoksi on KSS:n alueella myös jonkin verran lisärakentamisen tarvetta. Vuolenkosken sähköasema vaihtoehto 2 vaatisi noin 0,6 km uuden ilmajohdon rakentamisen. Paimenpolun tai Valimotien vaihtoehtojen ilmajohtotarve on 1,1 km ja maakaapelia Paimenpolun ratkaisuun tarvitaan lisäksi 0,6 km. Mikäli Valkealan seudun jompaan-kumpaan lisäasemaratkaisuun päädytään on uuden ilmajohdon tarve niissä 4-13 km.



Oleellisella käyttövarmuuden parantamisella on aiemmin kappaleessa 5 perusteltu Kuusaanlammen ja Valkealan välisen noin 9 km pitkä 110 kV yhdysjohdon rakentamista. Hankkeen hinnaksi tulisi vuoden 2004 hintatasossa noin 1,5 M€. Hanke olisi syytä toteuttaa ennen mahdollisen Valkealan pohjoisosan uuden aseman rakentamista asemien yhteisen syöttöyhteyden turvaamiseksi.

10 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli laatia KSS:n keskijänniteverkostolle kehittämissuunnitelma. Suunnitelmaa varten selvitettiin verkoston nykytila ja laadittiin sähköasemakohtainen sähkönkulutusennuste.

Nykytilaa tarkasteltiin päämuuntaja- ja keskijännitelähtökuormien, oikosulkukestoisuuden, maasulkuvirtojen ja jännitteenalenemien suhteen. Kaikille sähköasemille tehtiin myös korvattavuuslaskelmat nykytilan sekä ennustettuihin vuoden 2020 kuormiin perustuen. Tarkastelussa havaittiin eri asemilla sekä päämuuntajien että keskijännitelähtöjen ylikuormittumisongelmia. Tilanteen parantamiseksi tehtiin uuden sähköaseman rakentamishdotus sekä Paimenpolun että Vuolenkosken alueelle ja myöskin johtovahvistusehdotuksia useammassa eri paikoissa. Ehdotetut uudet asemaratkaisut ja johtovahvistukset vähentävät riittävästi muuten kasvavasta kuormituksesta aiheutuvia häviö- ja pitkistä keskijännitelähdöistä aiheutuvia luotettavuusongelmia.

Oikosulkukestoisuustarkastelussa havaittiin vain yksi lyhyt oikosulkukestoton johtosuus. Maasulkusuojaukset toimivat selektiivisesti oikein tarkastelluilla johtolähdöillä. Maasulkuvirojen pienentämiseksi on kuitenkin joillakin asemilla otettava käyttöön maasulkuvirran kompensointilaitteet.

Jännitteenalenemat ovat sallituissa rajoissa myöskin korvaustilanteissa muualla paitsi Valkealan pohjoisosan lähdöillä, joissa on ongelmia normaalitilassakin. Tilanteen korjaamiseksi tehtiin ehdotus uuden sähköaseman rakentamiseksi alueelle. Aseman tarkoitus on myös osaltaan pienentää huonosta maanlaadusta johtuvia alueen suuria maasulkuvirtoja.

Tarkastelun perusteella suurimmat investoinnit ovat kolmen ehdotetun sähköaseman rakentaminen ja KSS:n eri alueiden päämuuntajien kytkentäryhmien yhtenäistämistä johtuvat päämuuntajavaihdot sekä käyttövarmuuden lisäämiseksi suunniteltu Kuusaanlammen ja Valkealan välinen 110 kV yhdysjohto.

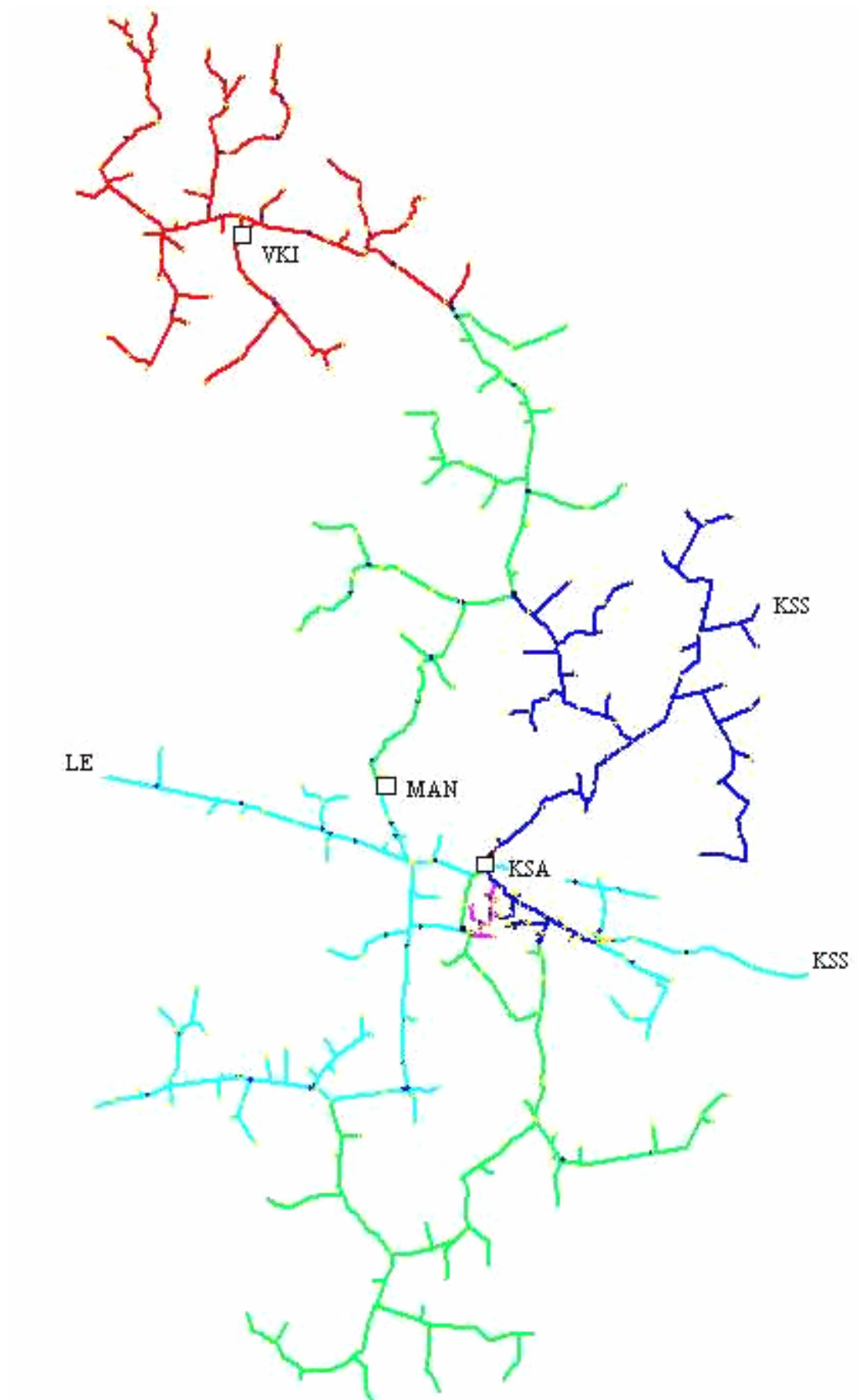
LÄHDELUETTELO

- /1/ Kolehmainen, R. Kouvolan seudun sähkölaitoksen kuntainliiton keskijänniteverkoston kehittämissuunnitelma. Diplomityö. TTKK, Sähkötekniikan osasto. Tampere 1982.
- /2/ Lakervi, E. Sähkönjakeluverkkojen suunnittelu. Otatieto Oy. Hakapaino Oy. Helsinki 1996. ISBN 951-672-220-2.
- /3/ Tilaustutkimusraportti. Kouvolan seudun sähkölaitoksen 20 kV verkoston kehittämissuunnitelma aikajaksolle 1990-2010. TTKK, Sähkötekniikan osasto. Tampere 1990.
- /4/ Verkostosuositus KA 2:03. Verkostotöiden kustannusluettelo. Sähköenergialiitto Sener r.y. Helsinki 2004.
- /5/ Mörsky, J. Relesuojaustekniikka. Otatieto Oy. Karisto Oy. Hämeenlinna 1992. ISBN 951-672-143-5.
- /6/ Verkostosuositus SA 5:94. Keski-jänniteverkon sähköinen mitoittaminen. Suomen Sähkölaitosyhdistys r.y. Helsinki 1994.
- /7/ Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi SFS 6001. Kyriiri Oy. Helsinki 2001.
- /8/ www.kouvolaregion.fi/maankäyttö/asuminen/asuntotuotanto. Viitattu 6.7.2004
- /9/ Verkostosuositus SA 10:92. Verkoston mitoitusenergiat. Suomen Sähkölaitosyhdistys r.y. Helsinki 1992.
- /10/ www.iitti.fi. Viitattu 5.10.2004.

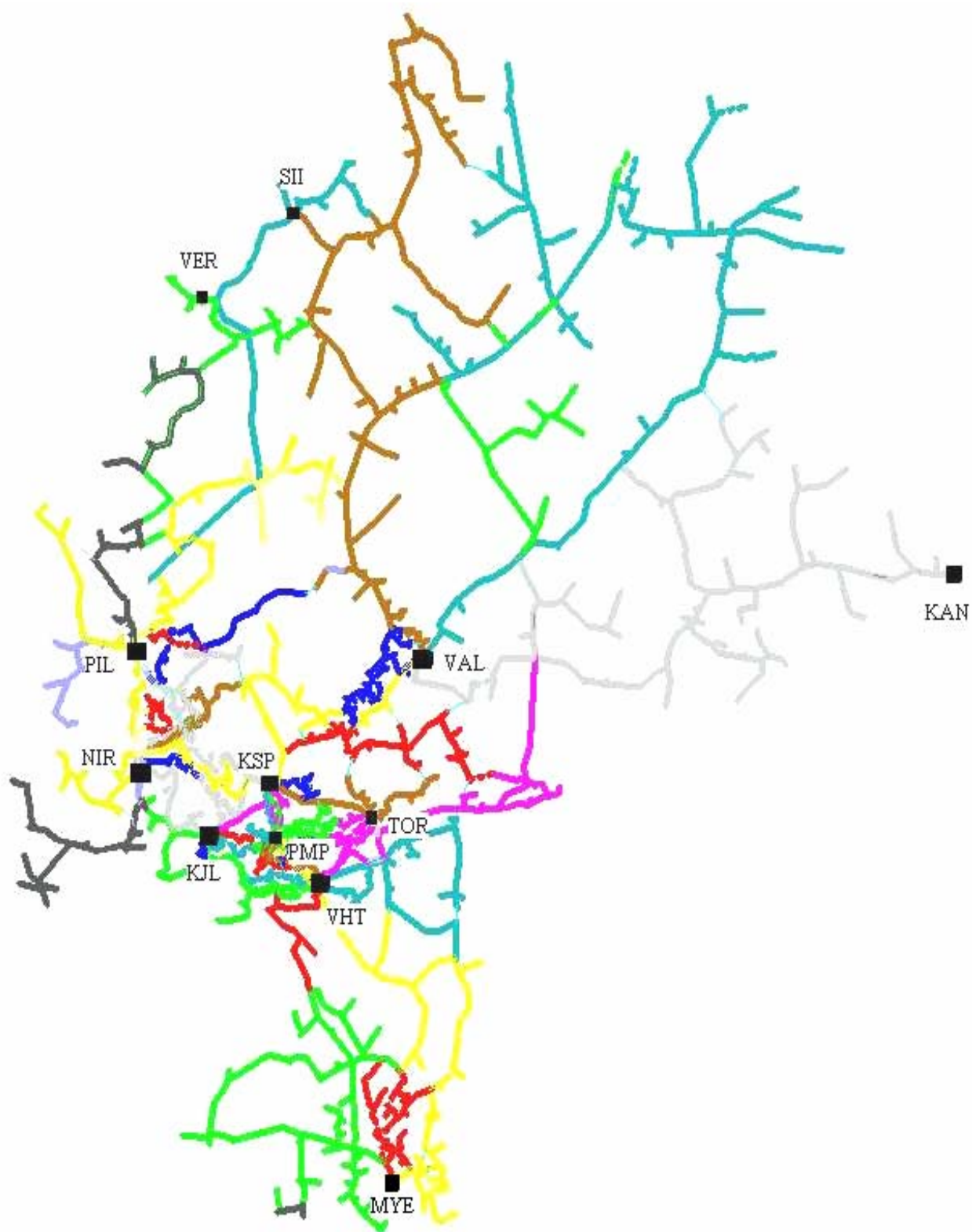
- /11/ Iitin rantayleiskaava. Kaavaselostus. Kartaako Oy 2003
- /12/ www.valkeala.fi. Viitattu 6.10.2004.
- /13/ Etelä-Valkealan rantayleiskaava. Kaavaselostus. Kartaako Oy 2000.
- /14/ Pohjois-Valkealan rantayleiskaava. Kaavaselostus. Kaavatalo Oy 2002.
- /15/ www.kouvola.fi. Viitattu 8.10.2004.
- /16/ www.kuusankoski.fi. Viitattu 18.10.2004.
- /17/ Kuusankosken yleiskaavan luonnostelma. Kaavoituspäällikkö Marko Luukkonen. Haastattelu 10.6.2004.
- /18/ Energiamarkkinaviraston julkaisuja 1/2003. Sähkön laatu jakeluverk-
kotoiminnan arvioinnissa.

LIITE I

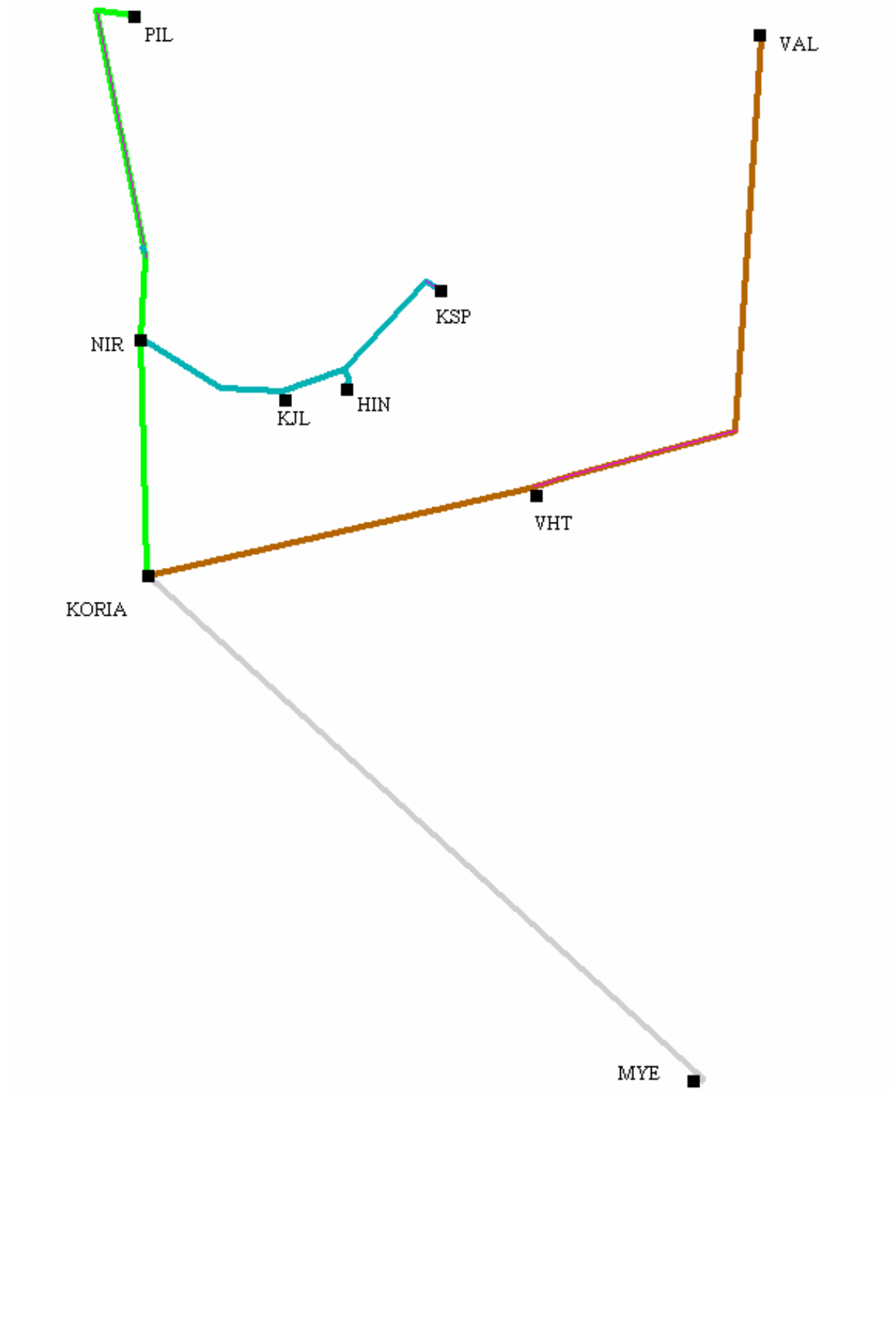
Iitin Sähkö Oy:n keskijänniteverkosto

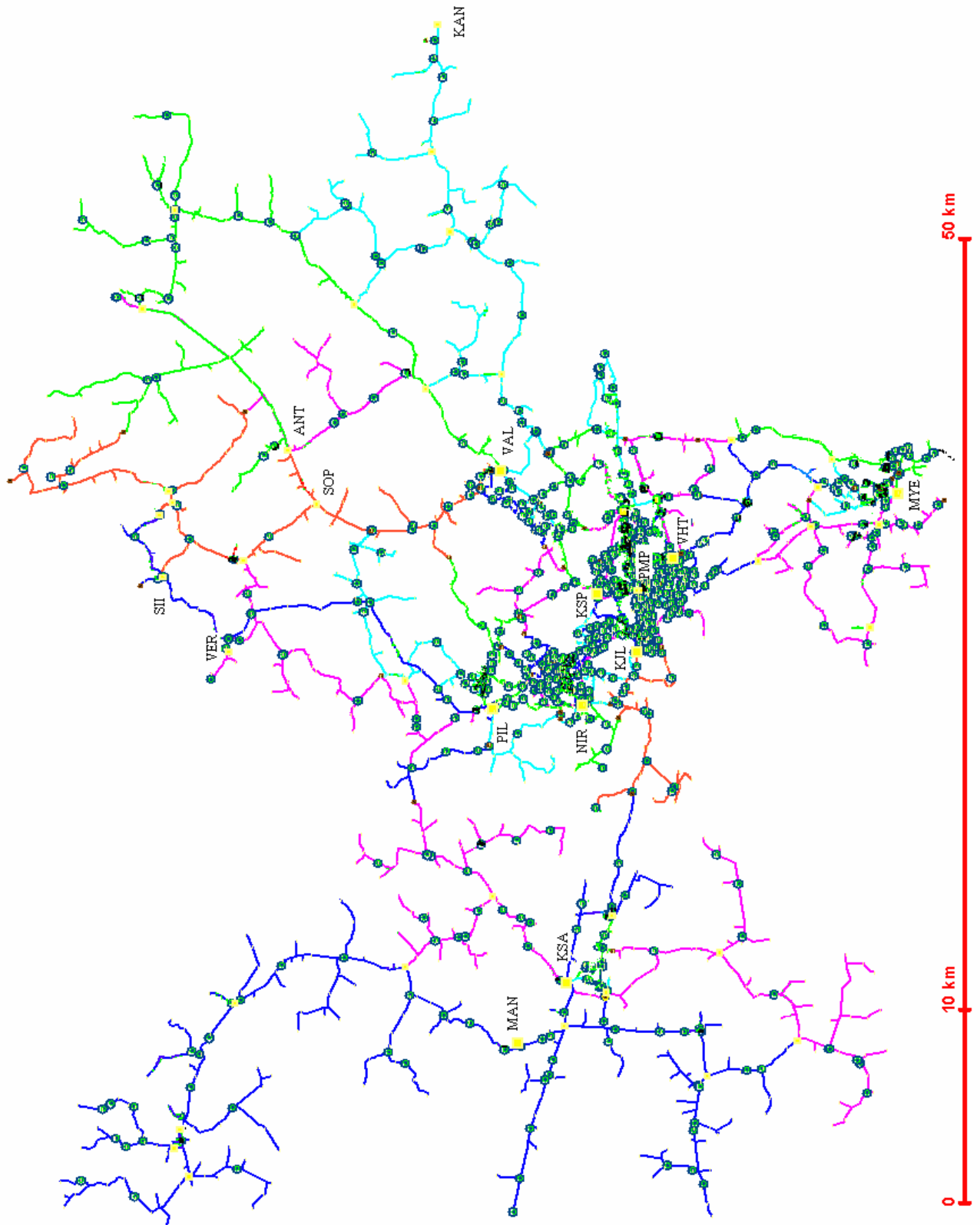


LIITE II
KSS Energian keskijänniteverkosto



LIITE III
KSS Energian 110 kV alueverkko





LIITE V

Laskennassa käytettyjen 20 kV johtimien sähköisiä arvoja

Johdinlaji	Tyyppi- merkintä	R [Ω /km]	X [Ω /km]	C_m [μ F/km]	C_k [μ F/km]	I_n [A]	I_{k1s} [kA]
Cu10	C10	1,93	0,396	0,0061	0,0085	80	1,5
Cu25	C25	0,774	0,398	0,0061	0,0092	195	3,7
Al/Fe 7/9	Bt16	4,66	0,413	0,0061	0,0088	80	0,7
Al/Fe 21/4	Sw25	1,46	0,398	0,0061	0,0092	155	2,1
Al/Fe 34/6	Sp40	0,915	0,383	0,0061	0,0095	210	3,3
Al/Fe 54/9	Rv63	0,578	0,368	0,0061	0,010	280	5,3
Al/Fe 75/14	Lv89	0,411	0,357	0,0061	0,010	335	7,5
Al/Fe 85/14	Pg99	0,364	0,354	0,0061	0,010	360	8,4
Al 132	A132	0,236	0,344	0,0061	0,011	495	11,6
PAS50	PAS50	0,778	0,312	0,005	0,012	245	4,3
PAS70	PAS70	0,533	0,302	0,005	0,012	310	6,4
PAS95	PAS95	0,392	0,292	0,005	0,013	370	8,6
PAS120	PAS120	0,311	0,284	0,005	0,013	430	11,0
APYAKMM 3x70	APY70	0,487	0,124	0,29	0,29	155	7,3
APYAKMM 3x95	APY95	0,356	0,118	0,32	0,32	190	9,9
APYAKMM 3x120	APY120	0,283	0,115	0,35	0,35	210	12,5
APYAKMM 3x185	APY185	0,189	0,107	0,41	0,41	270	19,2
APYAKMM 3x240	APY240	0,149	0,104	0,45	0,45	315	24,8
AHXAMK-W 3x70	AHXW70	0,482	0,138	0,18	0,18	200	6,7
AHXAMK-W 3x120	AHXW120	0,277	0,129	0,23	0,23	265	11,4
AHXAMK-W 3x185	AHXW185	0,183	0,119	0,26	0,26	330	17,5
AHXAMK-W 3x300	AHXW300	0,115	0,113	0,32	0,32	435	28,2

R vaiheresistanssi (+ 40 °C)
 X vaihereaktanssi
 C_m maakapasitanssi
 C_k käyttökapasitanssi
 I_n nimelliskuormitusvirta
 I_{k1s} 1 s oikosulkuvirta

Oiko- ja maasulkuvirrat keskiännitelähdöittäin

KAUSALA Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Kausala (KSAL01)	8,9	5,0	2,4	5,5/4,3
Kaivomäki I (KSAL03)	5,1	5,0	2,8	4,6/3,6
Kaivomäki II (KSAL05)	66,3	5,0	0,5	2,2/1,7
Tillola (KSAL06)	21,6	5,0	1,1	2,8/2,2
Iitti kk (KSAL08)	51,4	5,0	0,6	3,9/3,1
MANKALA Johtolähdöt	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Pohjois-Iitti (MAN1)	117,1	3,5	0,3	12,0/9,7
Etelä-Iitti (MAN2)	64,3	3,5	0,7	5,5/4,5
VAHTERONMÄKI Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Paimenpolku I (VHTL02)	11,7	6,0	4,3	49,3/21,6
Paimenpolku II (VHTL06)	5,9	6,1	3,6	25,1/17,4
Tornionmäki (VHTL08)	5,3	6,0	2,8	4,7/4,6
Vahteronkatu (VHTL09)	5,1	6,0	3,2	15,8/13,2
Lyhtykuja M0829 (VHTL10)	5,8	6,1	3,3	19,3/15,0
Lylykaari (VHTL11)	9,7	6,1	2,3	10,0/9,2
Utti (VHTL12)	26,1	6,1	0,9	6,7/6,4
Kiehuva (VHTL13)	17,4	6,1	1,3	5,1/5,0
Ojamaantie (VHTL14)	25,8	6,1	1,4	2,0/2,0
Sarkola (VHTL16)	6,0	6,0	3,5	22,5/16,4
Keskusta M0166 (VHTL18)	6,5	6,1	3,9	18,4/14,6
Penttilä (VHTL20)	5,6	6,0	3,4	17,0/13,9
Ojaniitty (VHTL22)	15,7	6,1	2,5	34,3/19,7

Oiko- ja maasulkuvirrat keskijännitelähdöittäin

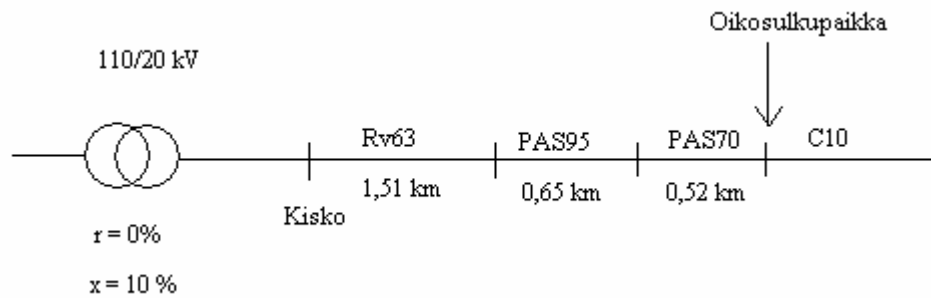
KUUSAANLAMPI Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Saksanaho E198 (KSPL02)	8,7	6,0	2,6	23,8/16,9
Ravikylä M0048 (KSPL04)	5,3	5,9	3,6	22,7/16,5
Paimenpolku sähköas. (KSPL05)	7,3	6,0	4,5	27,5/18,1
Kuusaanlampi M0840 (KSPL07)	10,6	6,0	3,0	40,6/20,7
Heparo E199 (KSPL08)	23,4	6,0	1,0	12,8/11,3
Mieho E200 (KSPL09)	17,2	6,0	1,4	3,6/3,5
Vahtermäenlehto (KSPL10)	5,8	6,0	3,7	19,9/15,3
Katajajarju (KSPL11)	9,7	5,9	2,5	27,8/18,2
Ravikatu (KSPL12)	14,8	5,9	2,7	12,2/10,9
Putkitechdas (KSPL14)	4,9	5,9	3,1	9,4/8,8
NIRVISTENTIE Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Töyrylä (NIRL02)	10,2	3,9	1,6	1,0/1,0
Keskuslaitos (NIRL04)	5,5	3,9	2,0	2,5/2,5
Voikkaa (NIRL08)	8,7	3,9	2,2	19,6/15,2
Keskusta (NIRL10)	13,3	3,9	1,7	27,5/18,1
Heinharju (NIRL11)	8,6	5,9	2,6	14,2/12,2
Kyminpuoli (NIRL12)	4,2	3,9	2,6	12,8/11,3
Leca (NIRL13)	2,8	5,9	3,9	2,3/2,3
Viertolantie (NIRL14)	4,8	5,9	3,7	19,1/14,9
Maunuksela (NIRL16)	11,3	5,9	2,4	26,2/17,7

Oiko- ja maasulkuvirrat keskijännitelähdöittäin

VALKEALA Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Selänpää (VALL03)	80,6	4,9	0,4	7,1/6,8
Miettula (VALL05)	91,5	4,9	0,4	8,2/7,7
Jokela (VALL06)	16,1	4,9	2,0	15,1/12,8
Toikkala (VALL07)	85,8	4,9	0,7	24,5/17,1
Teollisuusalue (VALL08)	6,0	4,9	2,6	1,8/1,8
Tuohikotti (VALL09)	61,5	4,9	0,4	9,3/8,6
KORJALA Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Korjalankatu (KJLL09)	2,9	5,8	4,1	5,3/5,2
Vahteronmäki (KJLL15)	1,9	5,8	4,4	6,4/6,2
Kasarmimäki (KJLL17)	4,2	5,8	3,6	16,5/13,6
Pytäränkatu (KJLL18)	11,2	5,8	2,2	8,9/8,4
Keltti (KJLL19)	27,5	5,8	1,1	2,9/2,9
Kaunisnurmi (KJLL23)	5,2	5,8	3,2	15,2/12,8
PILKANMAA Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Kymenranta (PILL03)	6,6	5,4	2,5	8,6/8,1
Verla (PILL04)	33,3	5,4	0,6	3,9/3,9
Oravala (PILL05)	42,8	5,4	0,5	3,2/3,1
Voikkaa (PILL07)	5,1	5,4	2,9	12,4/11,0
Hirvelä (PILL08)	31,5	5,4	0,5	4,9/4,8
Mattila (PILL09)	13,6	5,4	1,2	8,7/8,2
Tähtee (PILL10)	13,4	5,4	1,7	3,6/3,6
Peräsaari (PILL12)	10,0	5,4	1,6	0,9/0,9
Kollinsuo (PILL13)	10,2	5,4	1,2	0,9/0,9

Oiko- ja maasulkuvirrat keskijännitelähdöittäin

MYLLYKOSKI Johtolähtö	Johto- pituus [km]	Max. oikosulkuvirta I_{k3} [kA]	Min. oikosulkuvirta I_{k2} [kA]	Maasulkuvirta I_e [A] 0/500 Ω
Perätalo (MYEL03)	25,5	4,9	0,9	6,7/6,4
Ummeljoki (MYEL06)	55,3	4,9	0,8	5,4/5,3
Keskusta (MYEL08)	19,3	4,9	1,9	20,7/15,7



Kuva 1. Oikosulku C10-johto-osuuden alussa.

Suoritetaan kuvan 1 mukainen vikapaikan oikosulkulaskenta.

- Vuolenkosken uuden sähköaseman päämuuntajan ensiönavoissa oikosulkuvirta
 $I_{k110\text{ kV}} = 15,4 \text{ kA}$
- Päämuuntajan nimellisteho $S_{nm} = 10 \text{ MVA}$, $r_{km} = 0 \%$, $x_{km} = 10 \%$
- $U_{n1} = 110 \text{ kV}$, $U_{n2} = 20 \text{ kV}$, $U_{20} = 20,7 \text{ kV}$, $U_{110} = 116 \text{ kV}$
- $r_{Rv63} = 0,578 \text{ } \Omega/\text{km}$, $x_{Rv63} = 0,368 \text{ } \Omega/\text{km}$
- $r_{PAS95} = 0,392 \text{ } \Omega/\text{km}$, $x_{PAS95} = 0,292 \text{ } \Omega/\text{km}$
- $r_{PAS70} = 0,533 \text{ } \Omega/\text{km}$, $x_{PAS70} = 0,302 \text{ } \Omega/\text{km}$
- johdinpituudet: $Rv63 = 1,51 \text{ km}$, $PAS95 = 0,65 \text{ km}$, $PAS70 = 0,52 \text{ km}$

Verkon impedanssit muutettuna 20 kV:n tasolle. Muut kuin johtimien resistanssit oletetaan merkityksettömän pieniksi. Käytetään yhtälöä (3.21).

110 kV:n verkko:

$$X_{110} = \frac{U_{110}}{\sqrt{3} I_{k110}} \left(\frac{U_{n2}}{U_{n1}} \right)^2 i = 0,144 i \text{ } \Omega$$

Muuntaja 110/20 kV:

$$X_m = x_{km} \frac{U_{n2}^2}{S_{nm}} i = 4,0 i \Omega$$

Johdot:

$$Z_{jRv63} = l_{Rv63} (r_{Rv63} + x_{Rv63}) = (0,873 + 0,556 i) \Omega$$

$$Z_{PAS95} = l_{PAS95} (r_{PAS95} + x_{PAS95}) = (0,255 + 0,190 i) \Omega$$

$$Z_{PAS70} = l_{PAS70} (r_{PAS70} + x_{PAS70}) = (0,277 + 0,157 i) \Omega$$

Thevenin impedansi:

$$Z_{th} = X_{110} + X_m + Z_{jRv63} + Z_{jPAS95} + Z_{jPAS70} = (1,405 + 5,047 i) \Omega$$

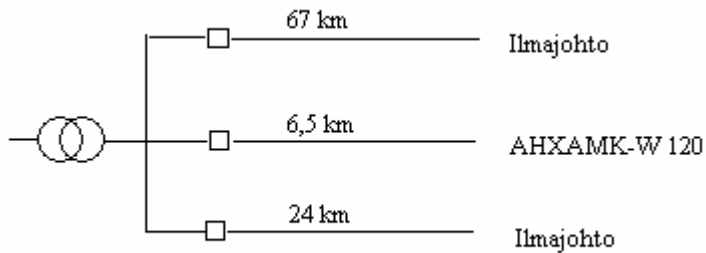
Lasketaan oikosulkuvirta C10:n alkupäässä käyttäen yhtälöä (3.20).

$$I_k = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} Z_{th}} = (611,8 - 2197,7 i) A$$

$$|I_k| = 2281,2 A \approx 2,28 kA$$

C10:n 1 s oikosulkuvirta on 1,5 kA, joten se ei ole tässä tapauksessa oikosulkukestoinen. Kun ratkaistaan suurin mahdollinen oikosulun kesto aika lasketulla oikosulkuvirralla yhtälöstä (3.25) saadaan, että sen on oltava oikosulkukestoisuuden saavuttamiseksi pienempi kuin 0,4 s.

LIITE VIII
Maasulkulaskennan esimerkki



Kuva 1. Maasta erotettu kj-verkko

Lasketaan kuvan 1 mukaisen verkon aiheuttama maasulkuvirta I_e , jos vikaresistanssi on 500Ω . Oletetaan ilmajohdoksi Raven ja sen maakapasitanssiksi 6 nF/km sekä maakaapelin AHXAMK-W 120 maakapasitanssi on 230 nF/km . Käytetään yhtälöä (3.30).

- ilmajohtojen $l_{Rv63} = 91 \text{ km}$, maakaapelin $l_{AHXW120} = 6,5 \text{ km}$
- $U = 20,7 \text{ kV}$
- $f = 50 \text{ Hz}$
- $\omega = 2 \pi f$
- $C_{Rv63} = 6 \text{ nF/km}$, $C_{AHXW120} = 230 \text{ nF/km}$
- $R_f = 500 \Omega$

$$C_0 = l_{Rv63} C_{Rv63} + l_{AHXW120} C_{AHXW120} = 2,041 \mu\text{F}$$

$$I_e = \frac{\sqrt{3} \omega C_0 U}{\sqrt{1 + (3 \omega C_0 R_f)^2}} = 16,6 \text{ A}$$

Suurin maasulkuvirta saadaan resistanssittomasta maasulusta, joka voidaan laskea yhtälöllä (3.29).

$$I_e = \sqrt{3} \omega C_0 U = 23,0 \text{ A}$$

Johdonvaihdon rajatehon laskentaesimerkki

Lasketaan rajateho, jolla ilmajohtona käytettävä Sp40 kannattaa vaihtaa suoraan A132 alumiinijohtoon. Pitoaika on 40 a ja korko 6 %. Oletetaan johdon pituudeksi 1 km. Käytetään yhtälöä (3.15).

- Johtimien resistanssit: $R_{Sp} = 0,915 \Omega/\text{km}$, $R_{A132} = 0,236 \Omega/\text{km}$
- Pääjännite $U = 20,7 \text{ kV}$, $\cos\varphi = 0,97$
- Vaihtokustannus $K_v = 9,1 \text{ k€}/\text{km} \cdot l_j$, johtopituus $l_j = 1 \text{ km}$
- Häviötehon hinta $H_p = 0,105 \text{ €/W}$

Lasketaan annuiteettikerroin a yhtälöllä (3.13)

$$a = \frac{\frac{p}{100}}{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^t}} = 0,06646$$

Lasketaan rajateho yhtälöllä (3.15).

$$P_0 > \sqrt{\frac{a K_v}{H_p (R_{j1} - R_{j2})}} U^2 \cos^2 \varphi = 1,85 \cdot 10^6 \text{ W}$$