



SAVONIA

Keskijännitekojeistojen automatisointi

Olli Eirola

Opinnäytetyö

____. ____.

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Olli Eirola	
Työn nimi Keskijännitekojeistojen automatisointi	
Päiväys 20.2.2012	Sivumäärä/Liitteet 34/4
Ohjaaja(t) Yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Energia	
Tiivistelmä Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kuopion Energian keskijänniteverkon muuntamoiden erotinohjaimien nykytilanne ja mahdollisuudet päivittää käsikäyttöiset kojeistot moottorihjatuiksi. Ne muuntamot, joihin ei moottorihjaimia pysty asentamaan jälkeinpäin, täytyy uusida kokonaan. Jakelumuuntamoiden keskijännitekojeistojen tyypit piti selvittää Xpower-suunnitteluohjelmasta sekä muuntamoilta. Tämän lisäksi Siemensin SF₆-kojeistojen sarjanumerot piti käydä katsomassa muuntamoilta, koska niitä ei Xpowerin tiedoista nähty. Kojestojen sarjanumeroiden tiedot tarvittiin, koska Siemensin tavarantoimittaja näkee niistä suoraan jokaisen kojeiston valmistustiedot. Tämän perusteella toimittajan on helppo selvittää, pystyykö kojeistoon asentamaan moottorihjaimet jälkikäteen vai ei. Priorisoinnissa ei tapahtunut suuria yllätyksiä; järjestys tehtiin verkon tärkeysasteen mukaan muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Priorisoinnin pohjalta Kuopion Energia aikoo uusia vanhoja muuntamoita noin 10 kappaleen vuosivauhtia.	
Avainsanat keskijännitekojeisto, kaukokäyttö, muuntamo	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Olli Eirola			
Title of Thesis Medium Voltage Switchgear Automation			
Date	20 February 2012	Pages/Appendices	34/4
Supervisor(s) Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuopion Energia			
Abstract The purpose of this thesis was to examine the current situation of Kuopion Energia's medium-voltage network transformers as regards their isolators and opportunities to upgrade the manual switchgear to a motorised one. The transformers where retrofitting of motor controllers is not possible will have to be rebuilt. First, the types of medium voltage distribution transformers were found out with the Xpower planning program and on-site in the transformer substations. In addition, the serial numbers of the Siemens SF₆-switchgear were checked at transformer substations because they were not available in the Xpower database. Serial number data of the switchgear was needed because this information told the Siemens supplier directly each switchgear manufacturing data with which it is easy for the supplier to find out whether it will be possible to retrofit the drivers in the engine. There were no big surprises in the priority. Kuopion Energia intends to renew the old transformers at the annual rate of about 10 switchgear.			
Keywords medium voltage switchgear, remote operated, transformer substation			
Public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	KUOPION ENERGIA.....	7
3	SÄHKÖVERKKO.....	9
3.1	Kuopion Energian muuntamot.....	10
4	JAKELUVERKON SÄHKÖINEN MITOITTAMINEN	12
4.1	Muuntamo	12
4.2	Keskijännitekojeisto	15
4.2.1	Terminen mitoittaminen.....	16
4.2.2	Sähköinen mitoittaminen	17
4.3	Pienjännitekojeisto.....	18
4.3.1	Terminen mitoittaminen.....	19
4.3.2	Sähköinen mitoittaminen	19
5	SF ₆ -KAASU SÄHKÖN SIIRROSSA JA JAKELUSSA.....	21
5.1	SF ₆ -kaasun käyttö sähköalalla	21
5.2	SF ₆ -kaasun ominaisuudet	21
6	MUUNTAMOTIETOJEN KERÄÄMINEN	23
6.1	Xpower-tietokannan hyödyntäminen	23
6.2	Tietojen käsittely	24
6.3	Muuntamoiden tarkastaminen.....	24
6.4	Sarjanumeroiden tarkastaminen.....	25
7	KOJEISTOJEN PRIORISOINTI.....	26
7.1	Verkon vikatilastojen hyödyntäminen priorisoinnissa	26
7.2	Priorisointi.....	27
7.3	Uusittavat muuntamot	29
7.4	Listauksen lähettäminen Siemensin myyjälle	32
8	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	35

LIITTEET

- Liite 1 Kuopion Energian keskijänniteverkko vuonna 2011
- Liite 2 Kuopion Energian sähköasemien 10 kV ja 20 kV johtolähtöjen viat vuosina 2006 - 2010
- Liite 3 Sähköverkon keskijänniteviat vuosina 2006 – 2010.
- Liite 4 Siemens SF₆-kojeisto.

1 JOHDANTO

Kuopion Energia aikoo investoida verkkoonsa ja kehittää keskijännitemuuntamoitaan tavoitteena vähentää keskeytysaikoja tämänhetkisestä 25 minuutista 15 minuuttiin.

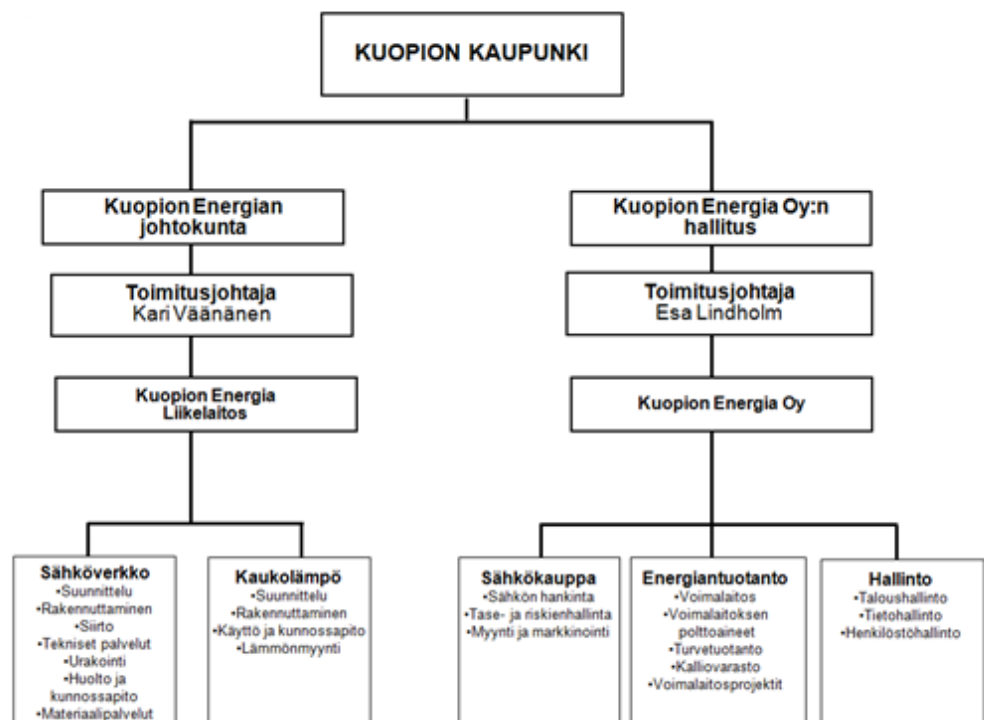
Yksi sähkön laadun mittari on keskeytysaikojen keskimääräinen pituus. Tätä parannetaan lyhentämällä sähköverkon vikoja sekä suunniteltujen sähkönkeskeytysten määrää.

Työn lähtökohtana on parantaa sähköverkon luotettavuutta ja lyhentää keskeytysaikoja. Tavoitteena on selvittää, mihin Kuopion Energian sähköverkon muuntamoihin keskijännitekojeisto voidaan uusia moottoriohjatuksi. Muuntamoista joihin keskijännitekojeisto voidaan uusia, täytyy tehdä 30 muuntamon priorisointilista kolmeksi vuodeksi eteenpäin. Listan mukaan Kuopion Energia uusii muuntamoitaan.

2 KUOPION ENERGIA

Kuopion Energia on Kuopion kaupungin omistama energiayhtiö. Sen päätoimialue on kaukolämmön ja sähköntuotanto sekä näiden siirto asiakkaille. Yritys jaettiin 2008 rakenteeltaan kahteen osaan, liikelaitokseen ja osakeyhtiöön. Yrityksen rakenne on tarkemmin esitelty kuvassa 1. (Kuopion Energia, Vuosikertomus 2010.)

Kuopion Energia Oy vastaa hallinnosta, sähkönmyynnistä sekä sähkön ja kaukolämmön tuotannosta. Osakeyhtiön liikevaihto oli 63,9 miljoonaa euroa vuonna 2010. Henkilöstöä oli 114 henkilöä. Kuopion Energian liikelaitos hoitaa sähkön ja kaukolämmön siirron ja toimittamisen käyttäjille. Liikevaihto oli 54,5 miljoonaa euroa vuonna 2010. Henkilöstöä oli 81 henkilöä. (Kuopion Energia, Vuosikertomus 2010.)



KUVA 1. Kuopion Energian yritysraakenne. (Kuopion Energia, Hallinnon esittely 2011)

Yritys perustettiin vuonna 1906, ja se toimi aluksi nimellä Kuopion kaupungin sähkölaitos. Sähkön ja kaukolämmön kysynnän kasvun takia yritys muutti nimensä vuonna 1982 Kuopion energialaitokseksi. Vuonna 1996 nimi muutettiin Kuopion Energiaksi ja samalla yritys alkoi toimia kunnallisena liikelaitoksena.

Sähkömarkkinalain mukaan yrityksen täytyi muuttaa organisaatiotaan vuonna 2007, jolloin sähköverkkoliiketoiminta piti eriyttää sähkömyynnistä. Tämän seurauksena perustettiin Kuopion Energia Osakeyhtiö, johon siirrettiin energiantuotanto, yrityksen hallinto ja sähkön myynti. Kuopion Energia Liikelaitokseen jäi sähköverkon- ja kaukolämmön verkkotoiminnot. Molemmilla yhtiöillä oli aluksi yhteinen toimitusjohtaja, mutta siirtoasiakkaiden määrän ylittäessä 50 000 asiakkaan rajan molemmille yhtiöille valittiin omat toimitusjohtajat sähkömarkkinalain näin vaatiessa. (Kuopion Energia, Vuosikertomus 2010.)

Taulukossa 1 on vuoden 2010 Kuopion Energian osakeyhtiön sekä liikelaitoksen sähköverkon ja talouden tunnusluvut.

TAULUKKO 1. Kuopion Energian ja sen sähköverkon tunnusluvut vuodelta 2010.
(Kuopion Energia, Taskutieto)

Osakeyhtiö		Liikelaitos	
Liikevaihto M€	63,9	Liikevaihto M€	54,5
Kasvuprosentti	-15,4	Kasvuprosentti	7,28
Liikevoitto M€	7,8	Liikevoitto M€	5,6
Liikevoitto-%	12,2	Liikevoitto-%	19,5
Sijoitetun pääoman tuotto-%	7,6	Sijoitetun pääoman tuotto-%	10,3
Omavaraisuusaste	12,5	Oman pääoman tuotto-%	24,1
Henkilöstö	114	Henkilöstö	81
Maksetut palkat M€	5,2	Maksetut palkat, M€	3,2
Sähköverkon tunnusluvut			
Sähköasemat	6 kpl	Sähköasemien teho	296 MVA
Jakelumuuntamot	723 kpl	Jakelumuuntamoiden teho	394 MVA
Johdot 110 kV	13 km		
Keskijännitejohdot	461 km		
Pienjännitejohdot	983 km		
Siirretty sähkömäärä	586,6 GWh		
Siirron huipputeho	108,1 MW		
Siirtoasiakkaiden määrä	50623 kpl		
Keskeytysaika asiakkaalle	21,94 min/v		

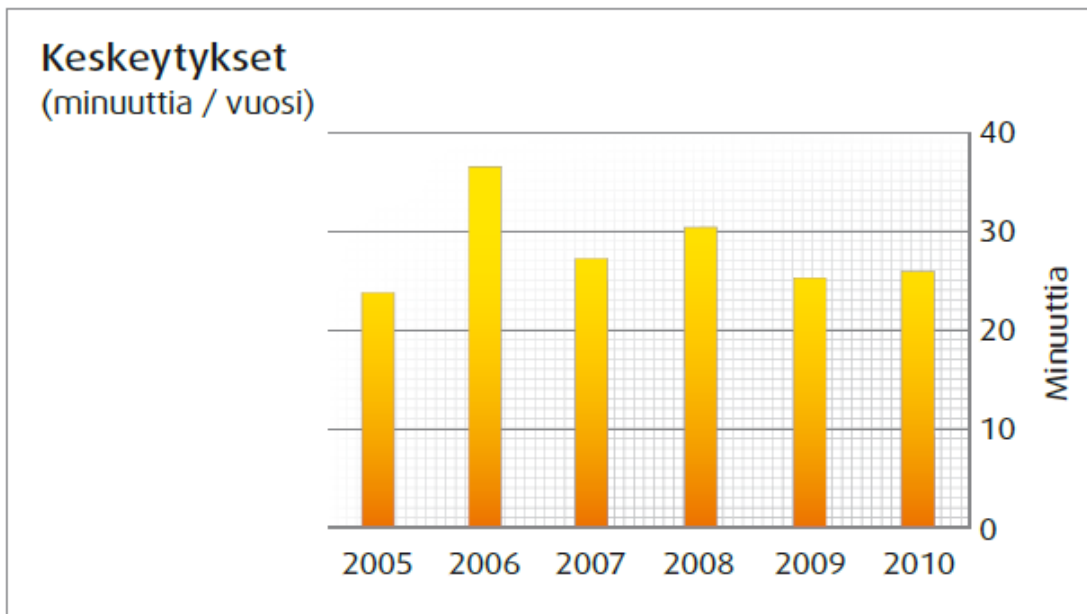
3 SÄHKÖVERKKO

Sähköverkko muodostuu maakaapeliverkosta ja ilmajohtoverkosta. Nämä jakautuvat tavallisesti kolmeen eri jänniteportaaseen, joiden jännitealueet ovat suurjännite, keskijännite ja pienjännite. Sähköisessä tarkastelussa voimalaitokselta kuluttajalle päin mentäessä sähköverkkoa pitkin on jännite yleensä suurjännitettä sähköasemalle asti ja sähköasemalta jakelumuuntamolle keskijännitettä. Jakelumuuntamalla jännite muutetaan pienjännitteeksi, jolla syötetään jakokaappeja tai suoraan asiakkaita.

Sähköverkon tehtävänä on siirtää voimaloissa tuotettu sähkö sähkökäyttäjille. Suomessa on noin kolme miljoona sähkönkäyttäjää ja neljäsataa sähköä tuottavaa voimalaitosta. Lisäksi Suomesta on sähköyhteyksiä Ruotsiin, Norjaan ja Venäjälle. Suomen sähköverkko on osa yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää ja sähkömarkkinoita. (Energiateollisuus. Tietoja sähköverkosta.)

Tämän tutkimuksen tietoina ovat Kuopion Energian omistamat muuntamot. Asiakasmuuntamoiksi kutsuttavia asiakkaiden omistamia muuntamoita ei oteta huomioon tarkastelussa, koska ne eivät kuulu Kuopion Energian kunnossapidon vastuulle. Sähköyhtiö on vastuussa keskijännitekaapeleista asiakasmuuntamon kojeistolle saakka, mutta asiakas vastaa itse muuntamon ja sen laitteiden kunnossapidosta.

Kuviossa 1 on esitetty Kuopion Energian keskeytysaikojen kehitys vuosina 2005 - 2010.



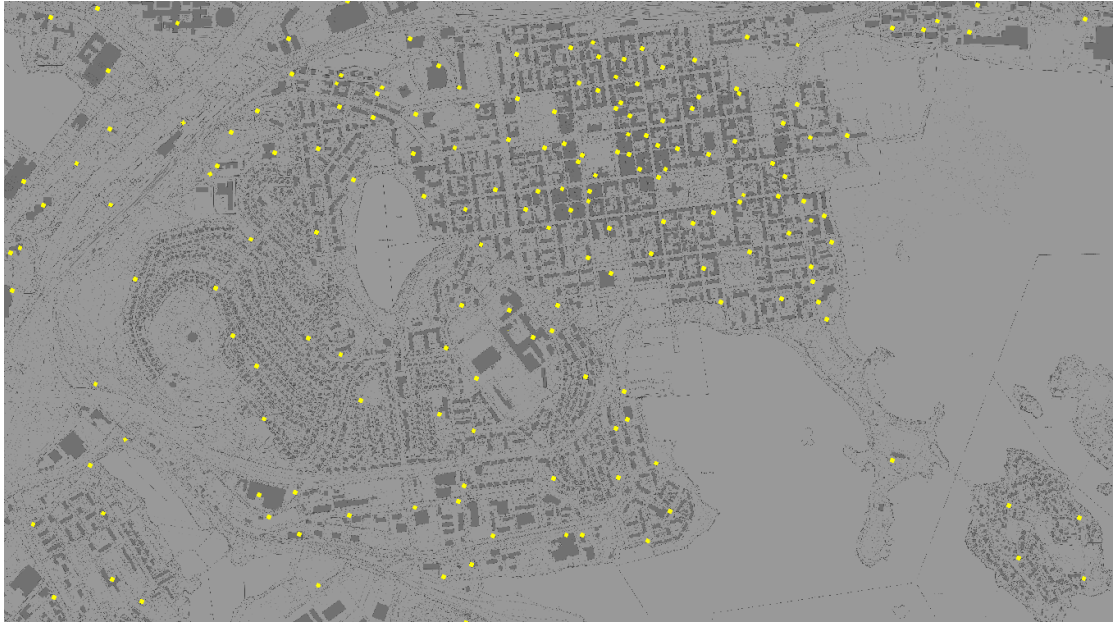
KUVIO 1. Keskeytysaikojen kehitys Kuopion Energian verkossa. (Kuopion Energia, Vuosikertomus)

Vuonna 2010 liittymäsopimuksia oli 10 128 ja sähkönkäyttöpaikkoja 50 623, sähköä siirrettiin 587 GWh, liiketoiminnan tulos oli 4,5 miljoonaa euroa, keskiännitevikoja oli 21 kappaletta ja keskeytysaika asiakasta kohden oli noin 26 minuuttia. Pitkän aikavälin tavoitteena on pienentää keskeytysajat 15 minuuttiin.

3.1 Kuopion Energian muuntamot

Kuopion Energian verkossa on yli 700 muuntamoita. Verkossa on pylväs, puisto- ja kiinteistömuuntamoita. Suurin osa muuntamoista on omamuuntamoita, mutta verkossa on myös noin 20 asiakasmuuntamoita. Sähkö menee asiakkaalle tavallisesti sähköasemalta keskijännitemuuntamon kautta. Poikkeuksena tästä suurimmilla asiakkailla on taloudellisista sekä rakenteellisista syistä omat asiakasmuuntamonsa, jotka sijaitsevat yleensä asiakkaan rakennuksen sisällä tai välittömässä läheisyydessä. Sähkövian sattuessa kuluttajamuuntamoihin pääsee putkilukkoavaimen avulla. Ainoastaan kahteen asiakasmuuntamoon vaaditaan asiakkaan edustaja paikalle, koska asiakkaan turvaluokitukset ovat niin korkeat.

Kuvassa 2 on verkkokuva muuntamoista Kuopion kaupunkialueella.



KUVA 2. Kuopion keskustan muuntamot. (Xpower)

4 JAKELUVERKON SÄHKÖINEN MITOITTAMINEN

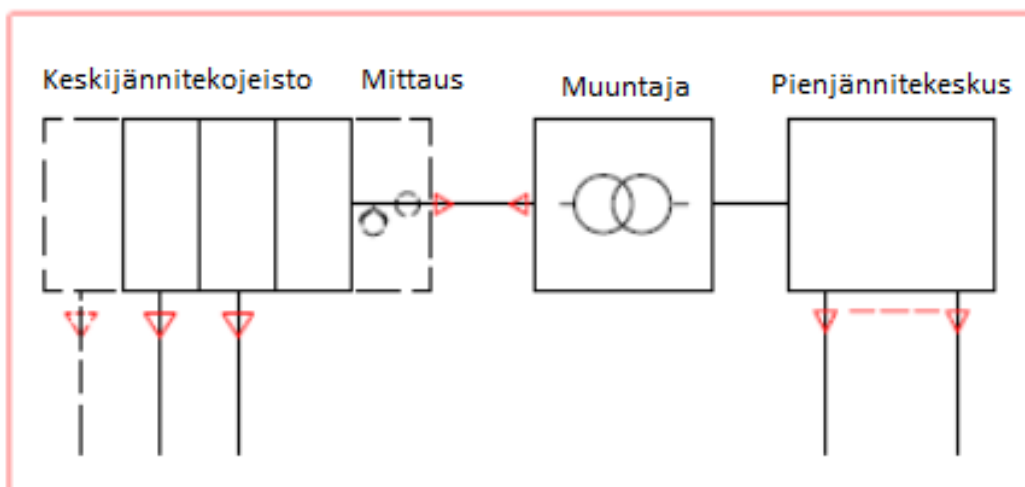
Tässä luvussa esitetään mitoitusohjeet verkon komponenteille. Työssä keskitytään muuntamoon ja sen tärkeimpiin komponentteihin, joita ovat keskijännite- ja pienjännitekojeisto.

4.1 Muuntamo

Puistomuuntamoita suositetaan uuden verkon rakentamisessa Kuopion Energian verkkoon, minkä lisäksi ilmajohtoverkkoa pyritään muuttamaan maakaapeliverkoksi ilmajohtoverkon herkemmän vikaantumisen takia. Tällöin pylväsmuuntamo vaihdetaan tavallisesti puistomuuntamoksi, jos myös muuntamolle tulevat keskijännitekaapelit muutetaan maakaapeliksi. Ydinkeskustassa käytetään paljon kiinteistömuuntamoita keskustan ahtauden takia. Kiinteistömuuntamoita kutsutaan myös rakennusmuuntamoiksi ja kellarimuuntamoiksi. Koska asiakasmuuntamoiden kojeisto ja muuntaja sijaitsevat tavallisesti asiakkaan omassa rakennuksessa, on muuntamorakenne tällöin lähes poikkeuksetta rakennusmuuntamo.

Muuntamo on sähköverkon osa, jossa 20 kV tai 10 kV keskijännite (KJ) muunnetaan pienjännitteeksi (PJ) 400/230 V. Keskijännitteellä tarkoitetaan SFS-EN 506160:n mukaisesti jännitealuetta 1 - 36 kV. (Sener. Verkostosuositus RM 2:02)

Muuntamon lohkokaavio on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. Muuntamon lohkokaavio. (Sener. Verkostosuositus RM 2:02)

Muuntamo suunnitellaan kuormitustarpeen mukaisesti riittäväksi teholtaan ja suunniteltuun otetaan huomioon myös oletettu kasvuvara. Keskiännitekojeisto on normaalisti vakiotehoinen kaikissa muuntamoissa, mutta muuntajan koolla voidaan säädellä muuntamon tehokapasiteettia. Kojeston nimellisvirta rajoittaa tehon kuitenkin mitoitusvirran suuruiseksi, joka tavallisesti Kuopion Energian verkossa melkein kaikissa kojeistoissa on 630 A.

Rakennusten yhteyteen sijoitetulla muuntamotilalla tarkoitetaan muuntamolle varattua erillistä tilaa. Rakennuksen hankesuunnitteluvaiheessa on rakennuttajan selvitettävä alueella toimivalta sähköjakeluverkon haltijalta muuntamotilan tarve suunniteltavassa rakennuksessa.

Muuntamo mitoitetaan rakenteeltaan valokaarioikosulkukokeen avulla eli räjäytyskokeella. Sen tarkoitus on varmistaa, että muuntamon rakenteet kestävät muuntajan valokaarioikosulun aiheuttaman paineaallon. Valokaarioikosulussa syntyvä paineisku tulee ottaa huomioon muuntamon rakenteiden mitoituksessa. Etenkin osastoivien seinien mitoituksessa valokaaripaine muodostuu usein mitoittavaksi tekijäksi. Kun esitetyissä tilaratkaisuissa rakenteet valitaan taulukon 3 mukaan, kestävät rakenteet valokaarioikosulun aiheuttaman paineiskun vaikutukset Sähköenergialiitto ry. Senerin verkostosuosituksen RM 3:02 mukaisilla oikosulkuvirroilla. Mikäli rakennettavan tilan seinämitat muuttuvat enemmän kuin 20 % tämän ohjeen taulukossa 2 esitetyistä mitoista tai oikosulkuvirta on suurempi kuin suosituksessa RM 3:02, tutkitaan valokaarioikosulun aiheuttaman paineiskun rasitus erikseen. (Sener. Verkostosuositus RM 2:02.)

Taulukossa 2 on mitoitusohjeet erilaisille muuntamon seinärakenteille.

TAULUKKO 2. Muuntamon seinärakenne valokaarioikosulun aiheuttaman paineen mukaan mitoitettuna. (VTT:tutkimusseloste RAT 1328/91)

Rakenne	seinän paksuus mm	ohje
Betoni	120	8 K 200 A500H ¹⁾
Tiili	130	Tiilen lujuusluokka ≥ 25 Laastin lujuusluokka ≥ 8
Kevytbetoniharkko	290	KSB 3-650

¹⁾ Verkko seinän molemmissa pinnoissa tuella ja kentässä

Muuntajatilaa rakennetaan kosketussuojatuksi vähintään IP2X-luokan mukaan. Sähköisten laitteiden nimellisivirran lisäksi laitteilla on suurin sähköinen kestävyys, joka on paljon suurempi kuin terminen nimellisivirta ja -jännite. Oikosulun aikana laitteiston on kestävä jopa kymmenkertainen virta nimellisarvoihin verrattuna. Tämän takia muuntamoita pystytään tarpeen vaatiessa myös ylikuormittamaan hetkellisen kuormituspiikin aikana tai kuormituksen siirron aikana, jolloin toiselta muuntamolta joudutaan väliaikaisesti siirtämään kuormitus toisille muuntamoille, jolloin pystytään korjaamaan vikaantunut muuntamo ilman pitkiä käyttökatkoksia. Vikatilanteessa tämä on ensisijainen toimintamalli. Syöttöjen vaihto tapahtuu muuntamokohtaisilla erottimen ohjauksilla. Jos kojeistossa on käsikäyttöiset erottimet, joutuu päivystäjä menemään paikanpäälle jokaiselle ohjausta tarvitsevalle muuntamolle. Jos muuntamoilla olisi kaukokäyttöiset erottimet voisi valvomopäivystäjä ohjata erottimia käytönvalvontaohjelmalla ja tämä lyhentäisi selvästi keskeytysaikoja. (Sener. Verkostosuositus RM 2:02)

Muuntamoita on rakenteeltaan kolmea tyyppiä: puistomuuntamo, kiinteistömuuntamo ja pylväsmuuntamo. Omistajan mukaan jaoteltuna on olemassa kahta tyyppiä: omamuuntamo ja asiakasmuuntamo. Omamuuntamo on sähköverkonhaltijan ja asiakasmuuntamo asiakkaan omistama. Asiakasmuuntamoita käyttävät isoimmat asiakkaat, koska tehon tarve on suuri ja suuritehoisen muuntamon omistaminen itse on asiakkaan kannalta edullisempaa.

Puistomuuntamo

Puistomuuntamo koostuu itse muuntamorakennuksesta, joka yleensä on metallia tai betonia. Muuntamo voi myös sijaita rakennuksen sisällä, omassa huoneessaan, jolloin erillistä muuntamokoppia ei tarvita. Muuntamo rakennuksen sisällä on keskijännitekojeisto, jonne tulee kj-syöttökaapeli toiselta muuntamolta ja suoraan sähköasemalta. Kj-kojeistosta sähkö kulkee syöttökaapeleita pitkin jakelumuuntajalle, joka muuntaa keskijännitteen pienjännitteeksi. Jakelumuuntaja syöttää pienjännitekojeistoa, mistä lähtevät syötöt jakokaapeille sekä suoraan asiakkaille.

Kiinteistömuuntamo

Kiinteistömuuntamo on sisällöltään melkein samanlainen kuin puistomuuntamo, eli se sisältää kojeistot ja muuntajan. Erona on, että muuntamo sijaitsee rakennuksen sisällä, tavallisesti maan tasalla tai kellarikerroksessa. Kiinteistömuuntamoita käytetään paljon tiheään rakennetuilla keskustojen alueilla ja asiakasmuuntamoissa.

Pylväsmuuntamo

Ilmajohdoverkossa käytetään pylväsmuuntamoita siksi, että ne voidaan asentaa suoraan pylvääseen johtoreitille eikä näin ollen erillisiä välikaapeleita tarvitse asentaa pylvästä puistomuuntamoon ja takaisin. Pylväsmuuntamo koostuu muuntajaerottimesta, muuntajasta sekä erottimen ohjaussauvasta. Mikäli pylväsmuuntamossa on kauko-ohjattava erotin, on ohjaussauvan alapäässä erottimen moottoriohjain. Käytönvalvontajärjestelmä on yhdistetty moottoriohjaimen ala-asemaan, josta ohjauskäsky menee moottoriohjaimelle. Tiedonsiirto on toteutettu joko langattomalla tai kiinteällä tietoliikenneyhteydellä.

Omamuuntamo

Omamuuntamo on sähköverkon haltijan omistama, ja se voi olla tyypiltään mikä tahansa. Omamuuntamon huollosta ja hoitamisesta vastaa verkonhaltija.

Asiakasmuuntamo

Asiakasmuuntamon muuntamotilan omistaa asiakas, joka on yleensä asiakkaan oman rakennuksen sisällä, sekä muuntamoon kuuluvat kojeistot ja laitteet. Rakenne on erilainen kuin Kuopion Energian omistamien jakelumuuntamoiden. Asiakasmuuntamon kojeistossa on normaalit erottimet kojeistoa syöttävillä johtolähdöillä, mutta erona on, että syöttävät johtolähdöt pystytään erottamaan asiakkaan verkosta joko katkaisijalla tai erottimella. Lisäksi asiakkaan puolella pitää olla mittauskenttä, jonka avulla verkkoyhtiö saa tiedon asiakkaan sähkönkulutuksesta. Asiakasmuuntamon huollosta vastaa asiakkaan palveluksessa oleva käytönvalvoja.

4.2 Keskijännitekojeisto

Kojeistolla tarkoitetaan rakennekokonaisuutta, joka sisältää tarvittavat kytkentä-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet. Kojistorakenteet voidaan jakaa suur-, keski- ja pienjännitekojeistoihin.

SF₆-eristeisten keskijännitekojeistojen etuna on pienempi tilantarve verrattuna ilmaeristeisiin sisäkojeistoihin. Myöskään kojeiston sisällä tapahtuvat valokaaret eivät ole vaarana käyttökäyttökunnalle. (Elovaara. Haarla. 2011)

Suomessa sähkölaki ja sähköturvallisuusmääräykset määrittelevät yhdessä kojeille asetettavat yleiset vaatimukset. Vaatimukset ilmoitetaan yleensä erilaisissa standardeissa ja ne pohjautuvat käytössä esiintyviin erilaisiin kuormituksiin. Standardit mää-

räävät myös, miten laitteet koestetaan ja näin varmistetaan, että kojeet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Suomessa käytetään IEC:n standardeja tai niiden pohjalta laadittuja suomalaisia SFS-standardeja. Joissakin tapauksissa voidaan muiden maiden kansallisia standardeja soveltaa sellaisiin kojeisiin, joihin ei ole julkaistu IEC:n standardeja.

Nimellis- ja koestusarvot muodostavat kojeen tärkeimmät tekniset tiedot. Nimellisarvot määrittävät yleensä kojeiden jatkuvan normaalin käyttötilanteen mukaisina. Koestusarvoilla pyritään takaamaan kojeen moitteeton toiminta sekä normaalissa käyttötilanteessa että poikkeuksellisissa tilanteissa kuten ylijännitteiden aikana.

Kojeistoissa, kaapeleissa, muuntajassa ja muissa muuntamon sähköisissä laitteissa on ilmoitettu suurin terminen virta- ja jännitekestoisuus. Nämä nimellisarvot laitteet kestävät normaaliolosuhteissa kuumenematta liikaa. Terminen kestoisuus on ylimitoitettu tavallisesti niin, että poikkeustilanteissa voidaan esimerkiksi lyhyen aikaa ylikuormittaa muuntajaa, ilman että terminen kestoisuus ylittyy.

Tavalliset nimellisjännitteet ovat 10 ja 20 kV. Suurin osa KE:n verkosta on 20 kV, mutta verkossa on vielä jäljellä 10 kV verkkoa, joka tullaan todennäköisesti joskus vaihtamaan 20 kV verkoksi verkon osien vanhuuden ja kasvavan kuormitustarpeen takia. 10 kV verkkoa on pääosin Kuopion vanhimmillä alueilla, keskustassa ja sen lähellä olevissa lähiöissä.

4.2.1 Terminen mitoittaminen

Kojeiston tulee kestää vaurioitumatta oikosulkuvirran aiheuttama kuumeneminen ja kojeiston terminen kestävyys tulee mitoittaa suurimman oikosulkuvirran mukaan. Mitoitukset on tehty taulukon 3 mukaan.

SFS 6001 suosittelee muuntajan jäähdytykseen luonnollista ilmanvaihtoa. Luonnollinen ilmanvaihto riittää muuntamoilla, joiden huippukuorma on suhteellisen lyhytaikainen ja se ajoittuu pääosin kylmään vuodenaikaan. Asumis- ja lämmityskuormat ovat tällaisia. Häviölämmön poistumisen kannalta puistomuuntamo on yleensä edullisempi kuin rakennukseen sijoitettu muuntamo. Rakenteellisista ratkaisuista riippuen luonnollisessa ilmanvaihdossa aukkojen koko on n. 0,2 – 0,4 m². Kokemusperäisesti voidaan todeta luonnollisen ilmanvaihdon riittävän 500 – 800 kVA muuntajille.

SFS 6001 mukainen pakkaskestoisuusvaatimus Suomen sisätiloissa on -25 °C ja ulkona -40 °C . Sijainnista riippuen voidaan joutua käyttämään jopa -50 °C lämpötilaa, jolloin tilaajan ja toimittajan tulee sopia asiasta erikseen. Puistomuuntamotila on lämpötilamielessä ”ulkotila”. Kojeistojen tulee toimia kylmässä myös pitkähkön katkon jälkeen. Kojestovalmistajat ilmoittavat usein sekä toimintalämpötilan, että lämpötilan levossa olevalle kojeistolle. (Sener. Verkostosuositus RM 3:02)

4.2.2 Sähköinen mitoittaminen

Keskijännitekojeiston tulee täyttää taulukon 3 ja vaatimukset. Taulukon alla on lueteltu SFS-EN standardeja, jotka koskevat muuntamon kj-kojeistoja. Taulukko 3 on laadittu siten, että mainittuja arvoja käyttämällä on kojeiston mitoitus yleensä riittävä koko maan alueella. Lähes poikkeuksetta myytävät SF_6 -kojeistot täyttävät ilmoitetut arvot. Ilmaeristeisillä kojeistoilla ovat kuitenkin kapasitiivisen ja induktiivisen virran katkaisuarvot usein pienempiä kuin taulukossa 3.

Taulukossa 3 on keskijännitekojeiston sähköisiä mitoitusarvoja.

TAULUKKO 3. Kojeiston sähköisiä mitoitusarvoja. (Sener. Verkostosuositus RM 3:02)

Nimellisjännite	10 kV	20 kV
Suurin käyttöjännite	12 kV	24 kV
Koejännitteet		
salamasyökyjännite h-arvo 1,2 / 50µs	75 kV	125 kV
vaihtojännitteellä tehollisarvo 1 min	28 kV	50 kV
Kojeiston oikosulkukestoisuus		
terminen virtakestoisuus, 1s	20 kA	16 kA ¹⁾
dynaaminen virtakestoisuus	50 kA	40 kA
Varokekuormanerotin		
suurin käytettävä sulake ²⁾	100 A	63 A
Kuormanerotimen ja kiskon nim. virta	630 A	630 A
Kuormanerotimen katkaisukyky		
normaali katkaisukyky, $\cos \varphi = 0,7$ ³⁾	630 A	630 A
silmukan katkaisukyky, $\cos \varphi = 0,3$ ³⁾	630 A	630 A
kuormittamattoman kaapelin katkaisukyky ⁴⁾	25 A	25 A
kuormittamattoman avojohdon katkaisukyky ⁴⁾	16 A	16 A
kuormittamattoman muuntajan katkaisukyky ⁴⁾	16 A	16 A
maasulkuvirran katkaisukyky Ice ⁵⁾	50 A	50 A
Muuntamon sisäinen keskijännitekaapeli sulakkeiden takana mm ²	35 Cu	35 Cu

1) Useilla kojeistoilla arvo on 20 kA, mutta 16 kA riittää useimmissa tapauksissa.

2) Kojetovalmistajat ilmoittavat suurimman käytettävän sulakkeen ja myös eri muuntajille sopivat sulakkeet.

3) Standardin SFS EN 60265-1 mukaan

4) Taulukon arvo on valittu valmistajien luetteloiden mukaan siten, että yleisimmin käytetyt SF₆-kojeistot täyttävät ilmoitetut arvot. Mahdollisesti tarvittavat suuremmat katkaisukykyarvot tulee tarkistaa valmistajilta.

5) Ilmoitetun arvon täyttävät kaikki yleisimmin ostetut SF₆-kojeistot. Tarvittaessa arvo tulee tarkistaa. SF₆ kojeistoilla esiintyy huomattavasti suurempiakin arvoja.

4.3 Pienjännitekojeisto

Pienjännitekojeisto jakaa sähkön muuntajan jälkeen jakokaapeille ja suoraan asiakkaille lähteviin kaapeleihin. Sähköyhtiöiden pitää mitoittaa kojeistonsa Senerin verkostosuosituksen mukaan.

4.3.1 Terminen mitoittaminen

Pienjännitekojeiston tulee kestää vaurioitumatta oikosulkuvirran aiheuttama kuuminen ja kojeiston terminen kestävyys tulee mitoittaa suurimman oikosulkuvirran mukaan. Mitoitukset on tehty taulukon 4 mukaan.

4.3.2 Sähköinen mitoittaminen

Muuntamotila mitoitetaan siten, että sinne sopii enintään tietynkokoinen muuntaja. Tämän muuntajakoon tai suurimman todennäköisen muuntajan mukaan mitoitetaan pienjännitekeskus. Taulukossa 4 on 500 kVA, 1000 kVA ja 1600 kVA muuntajalle tärkeimmät keskuksen mitoitusarvot.

TAULUKKO 4. Pienjännitekeskuksen mitoitusarvoja. (Sener. Verkostosuositus RM 3:02)

Suurin mahdollinen muuntaja		500 kVA	1000 kVA	1600 kVA
Keskuksen syöttö ¹⁾				
AXMK 1x300 mm ²	kpl	2x3+1	4x3+2	
XMK 1x300 mm ²	kpl			4x3+2
PVC päällysteinen taipuisa kuparikisko 10x40x1 tai 6x8x1	kpl	1x3+1	2x3+1	
10x100x1	kpl			2x3+1
AL 10x100 mm ² maalattu (ei kosketus- suojattu)	kpl	1x3+1	1x3+1	2x3+1
Nimellisvirta				
kiskosto	A	800	1600	2500
			1600 / 2000	2500 / 3000
pääkytkin	A	1000	⁶⁾	⁶⁾
Terminen virtakestoisuus 1s	kA	16	25	31,5
Dynaaminen virtakestoisuus	kA	40	63	80
Lähtöjen lukumäärä, 400 A				
	kpl	8	12	14 ²⁾
Virtamuuntajat x kolme	A/A	1000/5	2000/5 ⁵⁾	2500/5
	mm ²			
Rungon suojamaadoitusjohdin ³⁾	Cu	120 ³⁾	170 ³⁾	170 ³⁾
Keskuksen tilantarve ⁴⁾				
leveys	mm	900	1600	2000
syvyys	mm	600	600	600
korkeus	mm	2 100	2100	2100

1) Ilman lämpötila + 30 °C, luonnollinen ilmanvaihto. Kuormitusvirta 1,2 kertaa muuntajan nimellisvirta.

2) Osa lähdöistä 630 A

3) On suositeltavaa käyttää useampia johtimia rinnan niin, että yhteenlaskettu poikkipinta on vähintään taulukon mukainen. PEN-kisko voidaan asentaa pulttikiinnityksellä suoraan pienjännitekeskuksen runkoon, jolloin suojamaadoitusjohtimen poikkipinta-vaatimus on helppo täyttää.

4) Käytetään jonovarokeytkimiä. Keskuksen kosketussuojaus tulee olla vähintään IP 20:n mukainen. Kun rakennetaan kokonaan kosketussuojattu muuntamo, pienjännitekeskusta syöttävän pääjohdon tulee myös olla kosketussuojattu.

5) 1000 kVA muuntajalle on kiskoston nimellisvirraksi merkitty 1600 A, mutta virtamuuntajien arvoksi 2000/5 A. Tähän on päädytty siksi, että kiskosto kestää hyvin ylikuormitusta. A–mittarista tulee ehdottomasti näkyä ylikuorman suuruus.

6) Muuntajan ylikuormitustilanteessa myös pääkytkin saattaa tulla määrääväksi tekijäksi. Jos ylikuormitustilanteet ovat todennäköisiä, käytetään pääkytkimelle suurempaa vaihtoehtoa.

5 SF₆-KAASU SÄHKÖN SIIRROSSA JA JAKELUSSA

SF₆-kaasu on vakiinnuttanut paikkansa keskijännitekojeistojen eristeaineena hyvien ominaisuuksiensa vuoksi. SF₆-kaasulla on erinomaiset eriste ja valokaaren sammutuskyky ominaisuudet verrattuna ilmaan. Sillä on lisäksi hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet. Se on kuitenkin ympäristölle vaarallisempaa kuin ilma, ja siksi sähköalalla onkin SF₆-päästöihin suhtauduttu vakavasti jo 1990-luvulta asti kaasun voimakkaan ilmakehää lämmittävän vaikutuksen vuoksi. Kuitenkin SF₆-kaasun päästöt ovat kokonaisuudessaan vähäiset kaikkiin kasvihuonekaasupäästöihin verrattuna ja maailmanlaajuisesti sähköala vastaa vain pienestä määrästä SF₆-päästöjä. (Energiateollisuus, SF₆-kaasu sähkön siirrossa ja jakelussa.)

SF₆-kaasulla on erinomainen eristys ja valokaaren sammutuskyky. Näin ollen SF₆-kaasu on erittäin keskeisessä asemassa sähkön siirrossa ja jakelussa käytettävissä laitteissa ja järjestelmissä. Toistaiseksi SF₆-kaasulle ei ole pystytty kehittämään vastaavilla ominaisuuksilla olevaa korvaavaa kaasua. Myöskään SF₆-kaasua sisältävien sähköisten laitteiden korvaaminen muuntityypisillä ratkaisuilla ei ole nykytekniikalla mahdollista. (Energiateollisuus, SF₆-kaasu sähkön siirrossa ja jakelussa.)

5.1 SF₆-kaasun käyttö sähköalalla

Rikkiheksafluoridi SF₆ on inerttikaasu, jota käytetään sähköalalla eristys- ja jäähdytysaineena sekä valokaaren sammutusaineena erityisesti suurjännitelaitteistoissa. Käyttökohteita ovat sähkönsiirron kytkinlaitokset ja katkaisijat sekä jakeluverkkojen eräät laitteet (ns. GIS- ja RMU-laitteet). Kaasueristeinen kytkinlaitos voidaan rakentaa paljon pienempään tilaan kuin avokojeisto. SF₆-laitteet ovat hyvin varmakäyttöisiä ja vähän huoltoa vaativia. Myös työsuojelun kannalta tämä teknologia on hyödyllistä, koska sähkötapaturmia ei satu koteloinnin ansiosta. (Helen. SF₆-kaasu.)

5.2 SF₆-kaasun ominaisuudet

Puhdas SF₆-kaasu on hajutonta ja myrkytöntä. Sitä on jopa käytetty keuhkojen toiminnan mittauksiin ja huonetilojen ilmanvaihdon selvityksiin. Suljetuissa tiloissa tämä raskas kaasu voi kuitenkin syrjäyttää hapen. Valokaarivahingoissa voi työkohteessa olla SF₆:n myrkyllisiä hajoamistuotteita.

Rikkiheksafluoridi on hyvin stabiili yhdiste, joka ilmakehään päässeenä pysyy siellä hyvin kauan. SF₆-kaasu ei kuulu stratosfäärin otsonikerrosta tuhoaviin aineisiin, mutta se on voimakas kasvihuonekaasu. Se on yksi Kioton pöytäkirjassa mainituista kuudesta ilmakehän lämpiämiseen vaikuttavista kaasusta. Vaikka SF₆-kaasun tuotantomäärät ovat hyvin vähäisiä verrattuna muihin kasvihuonekaasuihin, pyritään sen käyttöön suljetuissa systeemeissä. Sähköalalla huolehditaan SF₆-laitteistojen tiiviyydestä, kaasun talteenotosta ja kierrätyksestä sekä seurataan kaasutasetta vuosittain. (Helen. SF₆-kaasu.)

6 MUUNTAMOTIETOJEN KERÄÄMINEN

Työn tavoitteena oli laatia ehdotus uudistettavista muuntamoista kolmeksi vuodeksi eteenpäin. Tämä käsittää 30 muuntamon priorisointilistan. Ehdotuksen laatimiseen kuului selvittää, mitkä Kuopion Energian 10 kV ja 20 kV keskijänniteverkon muuntamoista pystytään päivittämään kauko-ohjatuiksi.

Aineisto kerättiin Xpower-verkkotietojärjestelmästä, josta tarvittavat tiedot vietiin käsiteltäväksi MS Excel - taulukkolaskentaohjelmaan. Työssä käytettiin apuna 10 kV ja 20 kV verkkokaavioita.

6.1 Xpower-tietokannan hyödyntäminen

Xpower-verkkotietojärjestelmän tietokannasta tehtiin Exceliin taulukko muuntamoiden, kojeistojen, erottimien ja muuntajien tiedoista. Alkuperäinen taulukko oli neljässä eri välilehdessä, joista sievennettiin ensin tiedot ja poistettiin turhien tietojen sarakkeet. Sen jälkeen erityyppisten muuntamoiden tiedot koottiin omiin välilehtiinsä. Eri-tyyppiset muuntamot sekä muuntamoihin kuuluvien osien eli erottimen ja kojeiston tiedot koottiin muuntamokohtaisesti omiin sarakkeisiinsa.

Taulukossa 5 on muuntamotaulukko.

TAULUKKO 5. Muuntamotaulukko.(Xpower)

Muuntamon Tunnus	KJ erotin Tunnus	Muuntamon Valmistaja	Kojeiston Eristys	KJ erotin Valmistaja	KJ erotin Valmistajan tyyppi
436	C43601	SST	Ilma	SUOMEN SÄHKÖTARVIKE	NAL 630A
681	C68101	HARJU ELEKTER	SF6-kaasu	Siemens	8DJ20-71
064	C06401	SLM	Ilma	STRÖMBERG	OJDB 12 A1
245	EI	SLM	Ilma	STRÖMBERG	OJOK 24 U2
304	B30401	SLM	Anna eristeaine	STRÖMBERG	OJOK 24 U3 63
421	B42101	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-4
427	B42701	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-4
472	C47201	STRÖMBERG	SF6-kaasu	STRÖMBERG	CTC
464	B46401	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K
500	B50001	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K
633	B63301	HARJU ELEKTER	SF6-kaasu	SIEMENS	8DJ20-71
507	B50701	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K
530	B53001	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K
027	C02701	Anna valmistaja	Anna eristeaine	STRÖMBERG	OJDB 24 A3
546	B54601	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K
549	B54901	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K
551	B55101	SST	Ilma	NEBB	NAL 24-6K

6.2 Tietojen käsittely

Yhdestä Xpower-tietokannasta laaditusta taulukosta koottiin noin kymmenen erilaista taulukkoa. Näistä saatiin koottua taulukko, joka sisälsi tarvittavat tiedot muuntamoiden tarkastelua varten. Kun tiedot oli kasattu tarvittavaan muotoon, mietittiin mitä tietoja vielä piti lisätä taulukoihin, jotta kojeistojen tarkastelu voitiin tehdä. Tarkastelua vaikeutti se, että osa muuntamoiden tiedoista oli ristiriitaisia keskenään tai jopa puuttui kokonaan Xpower-tietokannasta. Nämä tiedot piti etsiä muuntajakansioista. Kaikkia tietoja ei löytynyt ja osa tiedoista oli ristiriitaisia, esim. vuosiluvuissa ja kojeisto valmistaja tiedoissa oli useita ristiriitoja mihin ei löytynyt oikeaa tietoa, tällaiset tilanteet piti päätellä tilanteen mukaan.

6.3 Muuntamoiden tarkastaminen

Kaikki sellaiset muuntamot, joiden tietoja ei saanut selville käytiin paikanpäältä muuntamolta tarkastamassa. Tietojen keruun aikana piti käydä kaikilla sellaisilla muuntamoilla, joiden tiedoissa oli ristiriitoja esim. kojeiston ja erottimen vuosilukujen yhtäläisyyksissä. Vanhemmista muuntamoista, joissa oli ilmaeristeiset erottimet ei yleensä

löytynyt tyyppikilpiä ollenkaan. Tällaisissa tapauksissa piti etsiä muuntamokansioista tietoja, mikä vuosiluku olisi oikea. Jonkin verran oli sellaisia tapauksia, missä muuntamorakennus oli tehty loppuvuodesta ja seuraavan vuoden alussa asennettu kojeisto. Näin syntyy heti ristiriita, kun saman muuntamon kojeistolla ja erottimilla on eri vuosiluvut. Osalla muuntamoista käytiin tarkastamassa vuosilukujen ristiriitoja siinä uskossa, että järjestelmän tiedoissa olisi ollut virhe. Tiedot kuitenkin täsmäsivät paikanpäällä ja näin ollen päätettiin, että lopuissa yhden tai kahden vuoden ristiriita tapauksissa tilanne pääteltiin edellisen esimerkin tyyppiseksi tapaukseksi ja tiedot korjattiin, ilman että muuntamoilla käytiin.

Yhteensä muuntamoita, joiden tiedot piti selvittää, oli monta sataa. Monien eri työvaiheiden jälkeen määrä pieneni reiluun sataan; joukossa olivat vain lopulliseen priorisointiin kuuluvat muuntamot. Lopullisessa listauksessa olevien muuntamoiden kaikki epäselvät tiedot saatiin selvitettyä.

6.4 Sarjanumeroiden tarkastaminen

Kun Siemensin SF₆-kojeiston sisältämät muuntamot oli listattu selkeään muotoon, seuraavaksi tarkastettiin muuntamot ja otettiin ylös jokaisen kj-kojeiston sarjanumero. Tämän toimittaja tarvitsee nähdäkseen valmistajatiedoista, saako kyseiseen kojeistoon asennettua erottimenmoottoriohjaimia vai ei. Ko. kojeistojen sarjanumerot saatiin kerättyä kattavasti.

7 KOJEISTOJEN PRIORISOINTI

Työssä valittiin tarkasteluun lopullisen arvioinnin osalta vain Siemensin SF₆-kaasueristetyllä kojeistolla varustetut puisto- ja kiinteistömuuntamot. Pylväsmuuntamot jätettiin pois tarkastelusta. Siemens valittiin siksi, että Kuopion Energian verkkoon on pääasiassa hankittu vain sen valmistamia keskijännitekojeistoja noin 20 vuoden ajan. Tämän lisäksi Siemensin SF₆-keskijännitekojeistoja on prosentuaalisesti eniten verkossa. Kokemuksien perusteella Siemensiltä saisi myös parhaiten vara- ja lisäosia. Kuopion Energia uusii muuntamoitaan 10 kappaleen vuosivauhtia ja priorisoinnin tavoite on tehdä kolmeksi seuraavaksi vuodeksi priorisointilista, jonka mukaan muuntamoita voidaan uusia järjestelmällisesti. Tämä käsittää yhteensä 30 kappaleen listan perusteluineen.

Priorisointi tehtiin seuraavien periaatteiden mukaisesti:

- muuntamoon mahtuu ala-asema
- muuntamo sijaitsee verkon risteyskohdassa
- muuntajan kuorma muuntamolla
- verkko saadaan jaettua kahtia/jakorajat
- muuntamo sijaitsee ilmajohdon ja kaapelin rajalla
- muuntamolla on viestiverkkoyhteys valmiina
- syöttää tärkeää asiakasta
- käyttökaavion mukaan muuntaja on tärkeässä paikassa
- lähtö, jolla muuntaja on, sisältää sekaverkkoa (ilma- /kaapeliverkkoa)
- vikatiheys sähköaseman lähdöllä, jolla muuntamo sijaitsee.

7.1 Verkon vikatilastojen hyödyntäminen priorisoinnissa

Verkon vikatilastojen avulla koottiin taulukko Kuopion Energian keskijänniteverkon vioista viimeisen viiden vuoden ajalta. Mitä enemmän sähköaseman johtolähdöllä on vikoja, sitä suurempi hyöty saadaan asentamalla lähdön varrella olevalle muuntamolle kauko-ohjattavat erottimet. Näin voidaan vian sattuessa johtolähtö puolittaa ja kokeilemalla voidaan selvittää kummalla puolella kaukokäyttöistä muuntajaa vikapaikka on sähköasemalta päin katsottuna. Koska verkko on rengasverkko, pystytään johtolähtöä syöttämään kummasta suunnasta tahansa. Ainoastaan verkon kaukaisimmat pisteet ovat säteittäin rakennettu. Johtolähtö voi olla yhteydessä loppupäästään tai

jostain osaa verkkoa, joko samaan tai toiseen sähköasemaan. Toiseen sähköasemaan johtolähtö voidaan yhdistää, joko suoraan tai toisen johtolähdön kautta.

Mitä isompi osa verkkoa on ilman sähköä, sen suurempi vaikutus keskeytyksellä on keskimääräiseen keskeytysaikaan. Parhaimmillaan vikapaikka saadaan kaukokäytön avulla eristettyä kokonaan muusta verkosta ja näin vian vaikutus jää mahdollisimman pieneksi.

7.2 Priorisointi

Muuntamot priorisoidaan työssä kolmeen luokkaan. Tärkeimpään eli ykkösluokkaan luokitellaan muuntamot, jotka kuuluvat 30 ensimmäisen joukkoon. Toiseen ryhmään kuuluvat muuntamot, joiden sijainnilla on merkitystä verkon toiminnan kannalta. Toiseen luokkaan kuuluvat muuntamot, jotka sijaitsevat tärkeässä verkon risteyskohdassa tai lohkorajalla. Kolmanteen luokkaan kuuluvat tärkeitä asiakkaita syöttävät muuntamot sekä tärkeimpien asiakasmuuntamoiden välittömässä läheisyydessä olevat muuntamot. Tärkeiksi asiakkaiksi luokitellaan yhteiskunnan toiminnan kannalta tärkeitä asiakkaat. Neljänteen luokkaan kuuluvat loput muuntamot.

Taulukossa 6 on priorisointilista.

TAULUKKO 6. Priorisointilista.(Xpower)

MMO	SF6-KOJEISTO				LISÄTARVIKKEET / kpl
No:	Priorisointi järjestys	Tyyppi	Sarjanumero	Vm	Erottimen moottorihjain 24VDC kaapelilähtöön. Vapaat apukoskettimet yhd/erot/maad (1s). Paikallisojhauskytkimien määrä
011	1	8DJ10-71	06-3536/001	1992	3+1
051	1	8DJ10-71	06-4277/001	1996	3+1
458	1	8DJ10-71	741158-000020/001	2005	3+1
086	1	8DJ20-71	744417-000020/001	2006	3+1
391	1	8DJ20-71	744889-000020/001	2006	3+1
618	1	8DJ20-71	758964-000030/001	2007	3+1
627	1	8DJ20-71	762968-000020/001	2008	3+1
577	1	8DJ20-71	764048-000020/001	2008	3+1
642	1	8DJ20-71	770068-000020/001	2008	3+1
633	1	8DJ20-71	772674-000040/001	2009	3+1
645	1	8DJ20-71	772676-000020/001	2008	3+1
246	1	8DJ20-71	787794-000020/001	2009	3+1
683	1	8DJ20-71	806130-000030/001	2010	3+1
115	2	8DJ10-71	06-2158/001	1998	3+1(1 varalla)
496	2	8DJ10-71	06-2625/002	1990	2+1
503	2	8DJ10-71	06-2756/004	1990	3+1(1 varalla)
041	2	8DJ10-10	06-2937/003	1997	2+1
401	2	8DJ10-71	06-3411/001	1992	3+1(1 varalla)
049	2	8DJ10-71	06-4277/002	1996	3+1(1 varalla)
242	2	8DJ10-10	07-0810/001	1996	2+1
544	2	8DJ10-10	07-3940/001	1999	2+1
591	3	8DJ10-10	07-4262/001	1999	2+1
590	3	8DJ10-10	07-4262/002	1999	2+1
012	3	8DJ10-10	07-4262/003	1999	2+1
007	3	8DJ10-10	700673-00010/001	2000	2+1

7.3 Uusittavat muuntamot

Alla on listaus 30 ensimmäiseksi uusittavasta muuntamosta. Muuntamot luokitellaan aiheittain neljään eri luokkaan. Aiheita ovat: käyttökaavio, teholuokka ja vikatiheys. Luokat ovat paremmuusjärjestyksessä 3, 2, 1 ja 0. Perusteluihin merkittiin myös onko muuntamolla viestiverkkoyhteys. Kaikki listassa olevat muuntamot ovat 20 kV verkossa. Tärkeimpänä valintakriteerinä on pidetty käyttökaaviota.

Vuonna 2012 uusittavat muuntamot:

1. M627

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 3. luokkaan. Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

2. M642

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 3. luokkaan.

3. M638

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 0. luokkaan.

4. M227

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 3. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 1. luokkaan.

5. M663

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 2. luokkaan.

6. M683

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 2. luokkaan.

7. M633

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitus-tehon mukaan 3. luokkaan. Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

8. M246

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 2. luokkaan.

9. M229

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 3. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 2. luokkaan.

10. M577

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 3. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 2. luokkaan.

Vuonna 2013 uusittavat muuntamot:

11. M645

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 3. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 3. luokkaan.

12. M676

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 3. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 3. luokkaan.

13. M294

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 2. luokkaan. Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

14. M267

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 3. luokkaan. Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

15. M634

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 3. luokkaan.

16. M543

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 3. luokkaan.

17. M659

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 2. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 1. luokkaan.

18. M105

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 1. luokkaan.

19. M596

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 3. luokkaan.

20. M550

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 2. luokkaan.

21. M074

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 2. luokkaan.

22. M643

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 2. luokkaan. Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

Vuonna 2014 uusittavat muuntamot:

23. M455

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 1. luokkaan.

24. M662

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 2. luokkaan.

25. M411

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitustehon mukaan 0. luokkaan. Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

26. M130

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 1. luokkaan.

27. M082

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 1. luokkaan.

Muuntamolla on viestiverkkoyhteys.

28. M591

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 1. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 2. luokkaan.

29. M606

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 0. luokkaan.

30. M544

Muuntamo luokitellaan käyttökaavion mukaan 2. luokkaan, vikatiheyden mukaan 0. luokkaan ja mitoitusasteen mukaan 3. luokkaan.

7.4 Listauksen lähettäminen Siemensin myyjälle

Siemensin myyjälle lähetettiin tarjouspyyntökysely muuntamoiden kojeistoista. Listassa oli yhteensä yli sata kojeistoa. Nämä olivat pääasiassa kiinteistö- ja puisto-muuntamoita joka puolelta verkkoa.

Taulukossa 7 on tavarantoimittajalle lähetettävä listaus uudistettavista kojeistoista.

TAULUKKO 7. Valmis kojeistolista.(Xpower)

MMO		SF6-KOJEISTO		LISÄTARVIKKEET / kpl			offer number for refitting material				
No:	Tyyppi	Sarjanumero	Vm	Erottimen moottorinohjan 24VDC kaapelilahtoon. Vapaat apukoskettimet yhd/erot/maad (1s). Paikallishäuskytkimien määrä	Tärkeysaste verkossa	Kaasunpaineen indikoinnin apukosketin (1s)	up-to-date switchgear Motor (without local remote and without 0/I) with KuKo terminal strip	old switchgear generation Motor (without local remote and without 0/I) with standard terminal strip	low voltage cable duct offer no.	ready for service indicator	remark
011	8DJ10-71	06-3536/001	1992	3+1	1		22/001067_003		not needed	22/000222_006	
051	8DJ10-71	06-4277/001	1996	3+1	1		22/001067_003		not needed	22/000222_006	
458	8DJ10-71	741158-000020/001	2005	3+1	1		not available	22/000218_010	not necessary	not available	
086	8DJ20-71	744417-000020/001	2006	3+1	1		22/001067_003		not needed	22/000222_006	
391	8DJ20-71	744889-000020/001	2006	3+1	1		22/001067_003		not needed	22/000222_006	
618	8DJ20-71	758964-000030/001	2007	3+1	1						
627	8DJ20-71	762968-000020/001	2008	3+1	1						
577	8DJ20-71	764048-000020/001	2008	3+1	1						
642	8DJ20-71	770068-000020/001	2008	3+1	1						
633	8DJ20-71	772674-000040/001	2009	3+1	1						
645	8DJ20-71	772676-000020/001	2008	3+1	1						
246	8DJ20-71	787794-000020/001	2009	3+1	1						
683	8DJ20-71	806130-000030/001	2010	3+1	1						
115	8DJ10-71	06-2158/001	1998	3+1(1 varalla)	2						
496	8DJ10-71	06-2625/002	1990	2+1	2						
503	8DJ10-71	06-2756/004	1990	3+1(1 varalla)	2						
041	8DJ10-10	06-2937/003	1997	2+1	2						
401	8DJ10-71	06-3411/001	1992	3+1(1 varalla)	2						
049	8DJ10-71	06-4277/002	1996	3+1(1 varalla)	2						
242	8DJ10-10	07-0810/001	1996	2+1	2						
544	8DJ10-10	07-3940/001	1999	2+1	2						
591	8DJ10-10	07-4262/001	1999	2+1	2						
590	8DJ10-10	07-4262/002	1999	2+1	2						
012	8DJ10-10	07-4262/003	1999	2+1	2						

8 YHTEENVETO

Tämän työn tavoite oli selvittää, mihin Kuopion Energian sähköverkon muuntamoihin keskijännitekojeisto voidaan uusia moottoriohjatuksi. Muuntamoista, joihin keskijännitekojeisto voidaan uusia täytyi tehdä 30 muuntamon priorisointilista., jonka mukaan Kuopion Energia uusii muuntamoitaan.

Työn lopputuloksena saatiin 30 muuntamon priorisointilista uudistettavista muuntamoista sekä päivitettyä verkon kojeistotiedot ajan tasalle taulukkotietoihin. Kuopion Energia aikoo uusia muuntamoita n. 10 kappaleen vuosivauhtia listauksen järjestyksen mukaan. Tällä tahdilla kaikki tarkasteluhetken 700 keskijännitemuuntamoa, joissa ei ole moottoriohjaimia, olisi uudistettu kaukokäyttöisiksi 70 vuoden kuluttua. Kyse on suuresta investoinnista ja kaikkia muuntamoita ei kuitenkaan ole taloudellisesti kannattavaa uusia kaukokäyttöisiksi. Sähköverkko ei ole täydellisesti vikaantumaton, sillä muuntamot ovat vain yksi osa koko sähköverkkoa.

Jos edes tärkeimpien verkon risteysosien ja tärkeimpien asiakkaiden syöttöreitillä olevat muuntamot uudistetaan, sähköverkon käytettävyys paranee merkittävästi. Tämä osaltaan lyhentää keskeytysaikoja.

Kuopion Energia aikoo kilpailuttaa työn tuloksena saadun suunnitelman ja muuntamoita aletaan uusia järjestelmällisesti. Tämänhetkinen keskimääräinen keskeytysaika on 25 minuuttia, mutta tavoite on saada laskemaan keskeytysaika 15 minuuttiin.

LÄHTEET

ABB. 2000. TTT-käsikirja. [viitattu 30.11.2011]. Saatavissa:

http://heikki.pp.fi/abb/130_0007.pdf

Elovaara. Haarla. 2011. *Sähköverkot II*. Helsinki. Otatieto.

Elovaara, J. Laiho. Yrjö. 1988. *Sähkölaitostekniikan perusteet*. Helsinki. Otakustantamo.

Energiateollisuus. Tietoja SF6-kaasusta. [viitattu 9.11.2011]. Saatavissa:

<http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys/ymparistovaikutukset/sf6-kaasu>

Energiateollisuus. Tietoja sähköverkosta [viitattu 8.11.2011]. Saatavissa:

<http://www.energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko>

Helsingin Energia. SF6-kaasun käyttö ja ominaisuudet [viitattu 9.11.2011]. Saatavissa:

<http://www.helen.fi/energia/sf6kaasu.html>

Kuopion Energia. Vuosikertomus. Intranet. Ei julkisesti saatavilla.

Kuopion Energia. Taskutieto 2010 eriytetty. Ei julkisesti saatavilla.

Kuopion Energia. Tietoja yrityksestä [viitattu 8.11.2011]. Saatavissa:

http://www.kuopionenergia.fi/fi/yritys/tietoa_yrityksesta/?id=58

Kuopion Energia. Yrityksen tunnusluvut [viitattu 12.12.2011]. Saatavissa:

http://www.kuopionenergia.fi/fi/yritys/tietoa_yrityksesta/tunnusluvut/?id=57

Monni, M. 1998. *Sähkölaitosasennukset*. Helsinki. Oy Edita Ab.

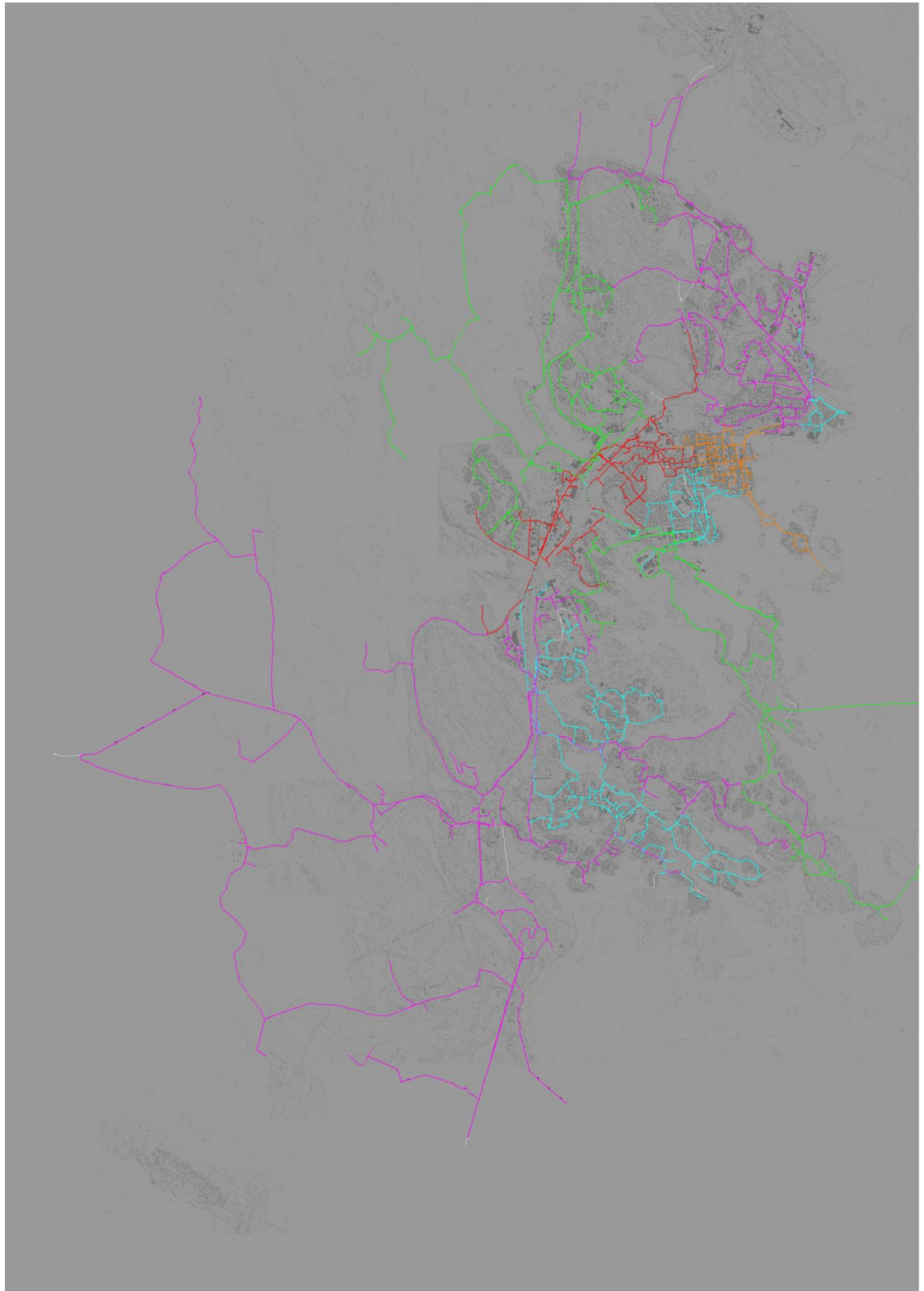
Nyyssönen, V, 2011. *Kuopion Energian viestiverkon kartoitus ja kehittäminen*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Sener. Verkostosuositus RM 2:02 [viitattu 2.1.2012]. Saatu Kuopion Energian tiedokannasta.

Sener. Verkostosuositus RM 3:02. [viitattu 2.1.2012]. Saatu Kuopion Energian tiedokannasta.

Siemens. Keskijännitekojeiston käyttö- ja asennusohje. Ei julkisesti saatavissa.

Liite 1. Kuopion Energian keskijänniteverkko vuonna 2011. (Xpower)

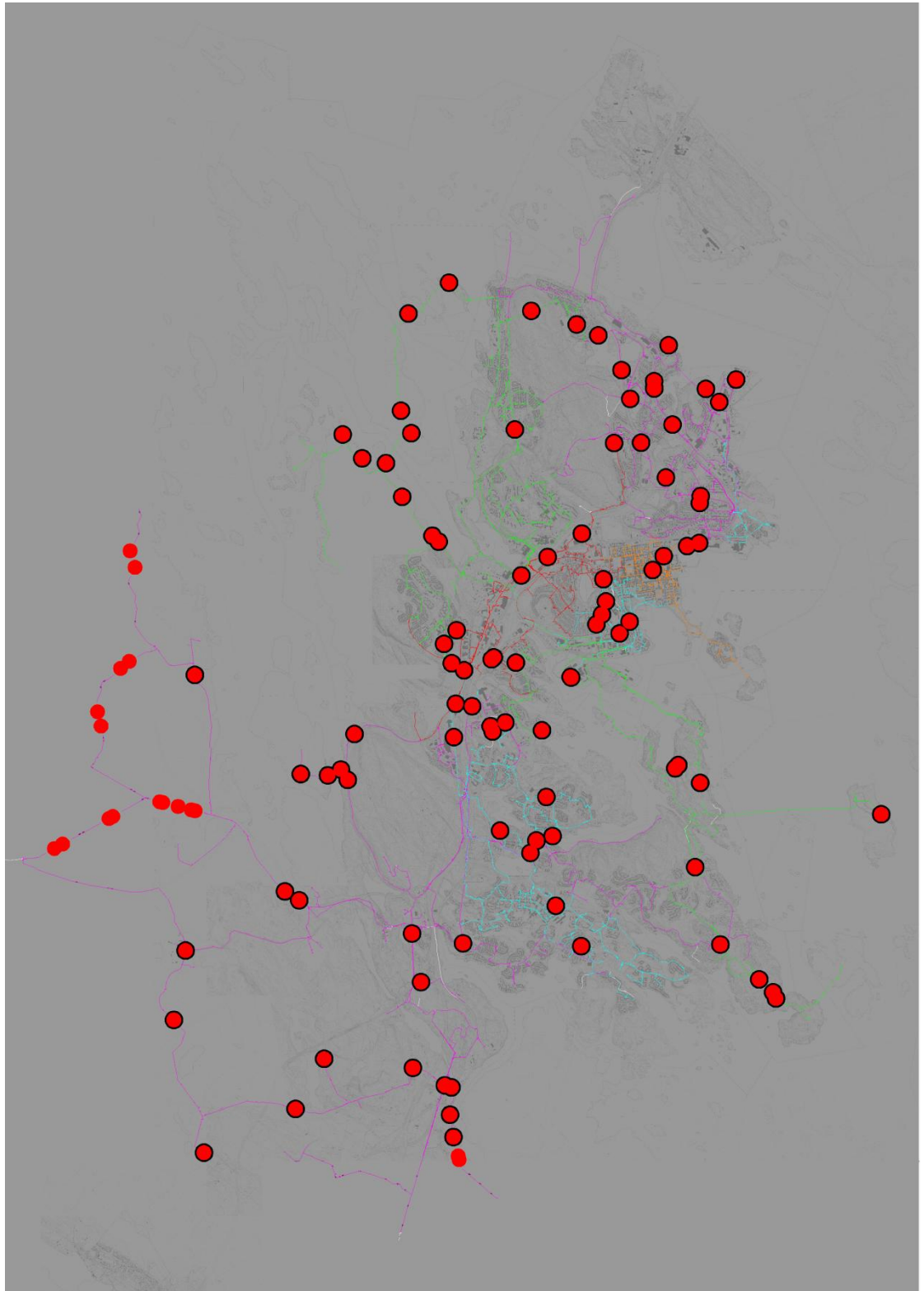


Liite 2. Kuopion Energian sähköasemien 10 kV ja 20 kV johtolähtöjen viat vuosina 2006 - 2010. Viat ovat pysyviä vikoja eli jälleenkytkentöjä ei ole huomioitu.

Kuopion Energian keskijänniteverkon vikatilasto vuonna 2011.

Vikatilasto lista					
Haapaniemen sähköasema		Savilahden sähköasema		Männistön sähköasema	
Johtolähtö	vikoja/kpl	Johtolähtö	vikoja/kpl	Johtolähtö	vikoja/kpl
HJ08	3	SJ04	4	MJ22	4
HJ11	6	SJ03	2	MJ25	3
HJ12	3	SJ09	1	MJ26	4
HK05	2	SJ11	2	MK04	1
HK10	2	SJ14	6	MK05	1
HK12	1	SJ15	5	MK06	3
		SJ16	1	MK10	1
		SK07	1		
		SK10	1		
		SK11	1		
Leväsen sähköasema		Vahtivuoren sähköasema			
Johtolähtö	vikoja/kpl	Johtolähtö	vikoja/kpl		
LJ02	2				
LJ04	2				
LJ05	1				
LJ06	1				
LJ10	32				
LJ11	1				
LJ13	3				
LJ15	1				
LJ16	2				
LJ18	5				

Liite 3. Sähköverkon keskijänniteviat vuosina 2006 - 2010. (Xpower)



Liite 4. Siemens SF⁶-kojeisto.

