

Jonne Malmberg

Keskijänniteverkon kaaviomuotoisen esityksen laadinta ja käyttöönotto jakeluverkkoyhtiössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

25.11.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jonne Malmberg Keskijänniteverkon kaaviomuotoisen esityksen laadinta ja käyttöönotto jakeluverkkoyhtiössä 47 sivua + 2 liitettä 25.11.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori, dipl.ins. Tuomo Heikkinen dipl.ins. Jussi Välimäki, suunnittelun esimies, Vantaan Energia Sähköverkot Oy dipl.ins. Timo Kaartio, käyttösuunnittelun päällikkö, Vantaan Energia Sähköverkot Oy
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Vantaan Energia Sähköverkot Oy:lle. Työn aiheena oli keskijänniteverkon kaaviomuotoisen esityksen laadinta Tekla NIS -ohjelmalla ja käyttöönotto jakeluverkkoyhtiössä.</p> <p>Vantaan tiiviisti rakennetulla alueilla jakeluverkon kytkentätilan hallinta on hankalaa verkkokartan jakeluverkon sijaintitietoon perustuvassa esitystavassa. Jakeluverkon kytkentätilan ja topologia on selkeämpää esittää kaavion muodossa, mikä helpottaa kytkentäsuunnittelua ja vikatilanteiden hallintaa.</p> <p>Työssä oli tavoitteena korvata vanha staattinen kaavioesitys verkkotietojärjestelmässä ja siirtää se reaaliaikaiseksi esitystavaksi Tekla DMS -käyttöjärjestelmään. Työssä pyrittiin löytämään ratkaisuja kaavion laadinnan ongelmakohtiin sekä uusien kohteiden dokumentointiin, kun kaavioesitys on otettu käyttöön.</p> <p>Käyttökaavioon liittyvien asioiden lisäksi työssä käsiteltiin Vantaan keskijänniteverkon rakennetta, sähköverkon käyttöprosessia ja siihen liittyvien tietokoneohjelmistojen toiminta-periaatteita. Nämä asiat olivat avainasemassa käyttökaavion suunnittelua ja laadintaa ajatellen.</p> <p>Työn lopputuloksena oli selkeä ja toimiva käyttökaavio keskijänniteverkon hallintaan. Ongelmakohtat selvitettiin ja kaavion myöhempää dokumentointia varten saatiin luotua säännöt, jotka eivät häiritse verkon reaaliaikaista käyttötoimintaa ja joiden avulla kaavion digitointi on vaivatonta tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	keskijänniteverkko, käyttökaavio, Tekla NIS, Tekla DMS

Author Title	Jonne Malmberg Preparing a Medium-Voltage Network Diagram Form Presentation And Its Introduction to an Electricity Distribution Company
Number of Pages Date	47 pages + 2 appendices 25 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Tuomo Heikkinen, Principal Lecturer Jussi Välimäki, Manager of power grid designing Timo Kaartio, Manager of power grid operation planning
<p>This bachelor's thesis was carried out for Vantaan Energia Sähköverkot Ltd. The principal aim of this thesis was to draw a medium-voltage network operating diagram with Tekla NIS program and to introduce this to the electricity distribution company.</p> <p>Managing the connection state of the distribution network is difficult with a location-based presentation of a network map of distribution network in tightly integrated areas of Vantaa. The distribution switching situation and the topology is more evident in diagram form. Diagram form presentation facilitates the switching design and management of fault situations.</p> <p>The aim of the thesis was to replace the old static diagram representation of the network information system and change it to real-time format in the Tekla DMS network distribution management system. The work aimed to solve the problems of drawing up the diagram and to form a solution for future diagram use and documentation, when the operating diagram has been introduced.</p> <p>In addition to issues related to the operating diagram this thesis covered the structure of the medium-voltage network in Vantaa, the operation process of the network and the operating principles of the related computer software. These issues were of key importance in designing and drafting the operating diagram.</p> <p>The result is a clear and effective operating diagram for medium-voltage network management and control. Diagram's problem areas were solved and rules were created for the future diagram documentation, so that it will not interfere with the distribution network's operations and it is easy to digitize in the future.</p>	
Keywords	medium-voltage network, operating diagram, Tekla NIS, Tekla DMS

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy -energiayhtiö	2
3	Vantaan Energia Sähköverkot Oy -jakeluverkkoyhtiö	2
4	Vantaan keskijänniteverkko	3
4.1	Keskijänniteverkon rakenteeseen ja mitoitukseen vaikuttavat seikat	3
4.2	Keskijänniteverkon muoto	4
4.2.1	Keskijänniteverkon yhdysjohtoverkko	4
4.2.2	Keskijänniteverkon rengasjohtoverkko	5
4.3	Vantaan keskijänniteverkon muoto	6
5	Sähköverkon käyttöprosessi	6
5.1	Sähköverkon käyttö- ja ohjaustoiminta	6
5.2	Sähköverkon käyttötoiminnan apuvälineet	8
5.2.1	SCADA-käytönvalvontajärjestelmä	8
5.2.2	DMS-käytöntukijärjestelmä	9
6	Tekla Oy -yritys	10
6.1	Tekla Solution -ohjelmistokokonaisuus	10
6.2	Tekla NIS -suunnitteluohjelma	11
6.2.1	Tekla NIS -ohjelman verkkomalli	11
6.2.2	Sähköverkon tietomalli Tekla NIS -ohjelmassa	11
6.2.3	Verkkotietojen lataus Tekla NIS -ohjelmassa	11
6.2.4	Verkon topologia Tekla NIS -ohjelmassa	13
6.2.5	Tekla NIS -ohjelman komponenttien mallikirjastot	13
6.2.6	Tekla NIS -ohjelman suunnitelmatyypit	14

6.2.7	Tekla NIS -ohjelman käyttäjäroolit	15
6.2.8	Tekla NIS -ohjelman käyttöoikeudet	15
6.2.9	Tekla NIS -ohjelman makrot	15
6.3	Tekla DMS -käytöntukijärjestelmä	15
6.3.1	Tekla DMS jakeluverkko käytössä	16
6.3.2	Sähköverkon kytkentätilanteen hallinta Tekla DMS -järjestelmällä	16
6.3.3	Keskeytysten hallinta Tekla DMS -järjestelmällä	16
6.3.4	Kytkentäsuunnittelu Tekla DMS -järjestelmällä	17
6.3.5	Tekla DMS -järjestelmän käyttökaavio-optio	18
7	Käyttökaavion laadinta	18
7.1	Perehdytys Tekla NIS -ohjelmaan	20
7.2	Käyttökaavion suunnittelu	21
7.3	Käyttökaavion laadinnan toteutus	21
7.4	Käyttökaavion tarkistus	30
8	Käyttökaavion ongelmakohtat ja käyttöönoton haasteet	32
8.1	Käyttökaavion sähköasemien päämuuntajien topologiaväritys	32
8.2	Käyttökaavion muuntamoiden erotintunnusten merkintä	32
8.3	Käyttökaavion linkitetyt komponentit	33
8.4	Käyttökaavion muuntamoiden erotintunnusten topologiaväritys	34
9	Käyttökaavion käyttöönotto	36
9.1	Käyttökaavion testikäyttö	36
9.2	Käyttökaavion käyttöönotto tuotantoon	37
9.3	Käyttökaavion dokumentointi tulevaisuudessa	38
9.4	Käyttökaavion luomat edut	41
10	Yhteenveto	45
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Käyttökaavion digitointiohje NIS- ja DMS-järjestelmiin	
	Liite 2. Käyttökaavion tarkistusohje	

Lyhenteet ja käsitteet

Digitointi	KJ-verkon piirtämistä suunnitelma-tietokantaan Tekla Nis -ohjelmalla.
DMS	Tekla DMS -käyttöjärjestelmä eli <i>Distribution Management System</i> on sähkönjakeluverkon valvontaan, kytkentöjen ylläpitoon sekä häiriötilanteiden hallintaan soveltuva tietokoneohjelmistotyyppi.
Jakoraja	Paikka sähköverkossa, jossa avoin kytkinlaite erottaa kaksi sähköistä osaa toisistaan.
Johto-osa	KJ-johto-osa on verkon laskentaa varten määritelty käsite Tekla NIS -ohjelmassa, joka muodostetaan aina peräkkäisten solmupisteiden välille.
Johtoalkio	Verkkokartan johtoalkiolla kuvataan verkkokartan KJ-johtoa Tekla NIS -ohjelmassa.
Jomppi	KJ-verkon komponenttien digitoinnissa käytettävä väliaikainen johto.
Kisko-osa	Muuntamokaavion komponentti Tekla NIS -ohjelmassa, joka kuvaa muuntamon kojeiston kiskoa.
KJ-erotin	Sähköverkon mekaanisesti toimiva kytkinlaite, joka luo auki ollessaan erotusvälin ja kiinni ollessaan pystyy johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirran.
KJ-jakokaappi	Keskijänniteverkon kaapeloitu erotinasema.
KJ-lähtö	Keskijänniteverkon muuntamon KJ-erottimelta lähtevä kaapeli- tai johtolähtö.
KJ-verkko	Keskijänniteverkko, joka käsittää sähköverkot 1,0 - 35,0 kV jännitealueella.

Maadoituskytkin	Työmaadoittamiseen käytettävä kytkinlaite, joka voi myös olla erottimen rakenteellinen osa.
Master-tietokanta	Tekla NIS -ohjelman reaaliaikainen <i>master</i> -tietokanta.
Muuntamo	Sähkönjakeluverkon sähköinen muuntoasema.
NIS	Tekla NIS -ohjelma eli <i>Network Information System</i> on sähköverkkoyhtiöiden käyttämä verkkotietojärjestelmä.
PJ-verkko	Pienjänniteverkko, joka käsittää sähköverkot 0,1 - 1,0 kV jännitealueella.
Reserviteho	Sähköverkon vikatilanteissa käytettävä vaihtoehtoinen sähkönjakelumuoto.
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> on sähköverkkoyhtiöiden käyttökeskuksissa käytössä oleva käytöntukijärjestelmä.
SLD-kaavio	<i>Single Line Diagram</i> -kaavio eli käyttökaavio.
SLD-komponentti	SLD-kaavion laadinnassa käytettävä kaavion komponentti.
SLD-mallikirjasto	Tekla NIS -ohjelmaan luotu kirjasto, johon voidaan tallentaa SLD-kaavion laadintaan tarkoitettuja komponenttiryhmiä tai komponentteja.
Suunnitelma-tietokanta	Tekla NIS -ohjelman tietokanta, joka on vapaasti muokattavissa ilman, että se vaikuttaa <i>master</i> -tietokantaan.
Topologiaväritys	Topologialla tarkoitetaan verkkokartan dynaamista väritystä Tekla NIS -ohjelmassa.
UPS-järjestelmä	<i>Uninterruptible Power Supply</i> -järjestelmä, joka mahdollistaa siihen kytkettyjen laitteiden sähkönsaannin sähkökatkosten aikana.

VES	Vantaan Energia Sähköverkot Oy.
Vikaindikaattori	Sähköverkon komponentti, joka ilmoittaa laitteesta läpimenneen vian.
Vuoromestari	Sähkönjakeluverkon käyttötoiminnan valvoja, joka työskentelee jakeluverkkoyhtiön käyttökeskuksessa.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on keskijänniteverkon kaaviomuotoisen esityksen laadinta Tekla NIS -ohjelmalla ja esityksen käyttöönotto jakeluverkkoyhtiössä. Tämä työ on tehty Vantaan Energia Oy:n tytäryhtiölle Vantaan Energia Sähköverkot Oy:lle.

Jakeluverkon kytkentätilan hallinta on hankalaa verkkokartan jakeluverkon sijaintitietoon perustuvassa esitystavassa. Jakeluverkon kytkentätilanne ja topologia on selkeämpää esittää kaavion muodossa Vantaan tiiviisti rakennettujen alueiden vuoksi.

Kaaviomuotoinen esitystapa helpottaa kytkentäsuunnittelua, vikatilanteiden hallintaa ja KJ-verkon suunnittelua. Kaavion avulla pystytään seuraamaan KJ-verkkokarttaa reaali-tilassa ja tekemään verkkoon muutoksia. Edellinen käytössä ollut kaavio ei ollut tähän tarkoitukseen soveltuva erilaisten pienien puutteiden ja ohjelmallisten ristiriitojen takia.

Aikaisemmin kaaviomuotoinen esitystapa ei ole näyttänyt keskijänniteverkon reaaliaikaista kytkentätilaa vaan niin sanotun normaalin kytkentätilanteen. Insinööriyön tuloksena vanha staattinen kaavioesitys verkkotietojärjestelmässä siirretään reaaliaikaiseksi esitystavaksi käytönvalvontajärjestelmään.

Käyttökaavion suunnittelun ja laadinnan ohessa työssä pyritään luomaan ratkaisuja kaavion käytön ja muokkaamisen kannalta jo olemassa oleviin sekä tuleviin ongelmiin. Työssä käydään läpi myös uusien kohteiden dokumentointi tulevaisuuden kannalta, kun kaavioesitys on otettu käyttöön.

Työssä on tarkoitus kertoa käyttökaavioon liittyvien asioiden lisäksi Vantaan keskijänniteverkosta, sähköverkon käyttöprosessista ja siihen liittyvistä tietokoneohjelmistoista. Nämä asiat ovat tärkeitä käyttökaavion suunnittelua ja laadintaa ajatellen.

Työssä käytetyissä Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n verkkokarttakuvissa kuvataan myös Helsinki-Vantaan lentokenttäalueen keskijänniteverkko. Lentokentän turvallisuustason takia lentokenttäalueen keskijänniteverkko on jouduttu poistamaan tämän insinööriyön kuvista.

2 Vantaan Energia Oy -energiayhtiö

Vantaan Energia Oy on vuonna 1910 perustettu Vantaalla toimiva energiayhtiö. Vantaan Energia tuottaa ja myy sähköä sekä kaukolämpöä. Tämän lisäksi yhtiö tarjoaa maakaasua teollisuuden käyttöön. Yhtiö vastaa Vantaan kaukolämpöverkkojen rakentamisesta ja huollosta.

Yhtiö on yksi Suomen suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä ja sen omistavat Vantaan kaupunki (60 %) ja Helsingin kaupunki (40 %). Yhtiössä työskentelee 352 henkilöä. Liikevaihto oli 434,3 miljoonaa euroa (2012).

Vantaan Energia Oy:n pääkonttori sijaitsee Tikkurilassa. Yhtiö tuottaa kaukolämpönsä ja sähkönsä pääosin Martinlaakson voimalaitoksessa ja Ojangon Långmossebergenin jätevoimalaitoksessa. [1.]

3 Vantaan Energia Sähköverkot Oy -jakeluverkkoyhtiö

Vantaan Energia Sähköverkot Oy on Vantaan Energia Oy:n tytäryhtiö. Se vastaa Vantaan sähköverkkojen rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta sekä sähkön mittauspalveluista.

Yhtiö on 100-prosenttisesti emoyhtiönsä Vantaan Energia Oy:n omistama. Yhtiössä työskentelee 68 henkilöä. Yhtiön liikevaihto oli 33,9 miljoonaa euroa (2013).

Yhtiöllä on noin 108 000 sähkönsiirtoasiakasta kotitalouksista, yrityksistä ja muista talouksista. Yhtiön sähköverkon pituus on noin 3 150 kilometriä, josta keskijänniteverkkoa on 892 kilometriä ja pienjänniteverkkoa 2 256 kilometriä. [2.]

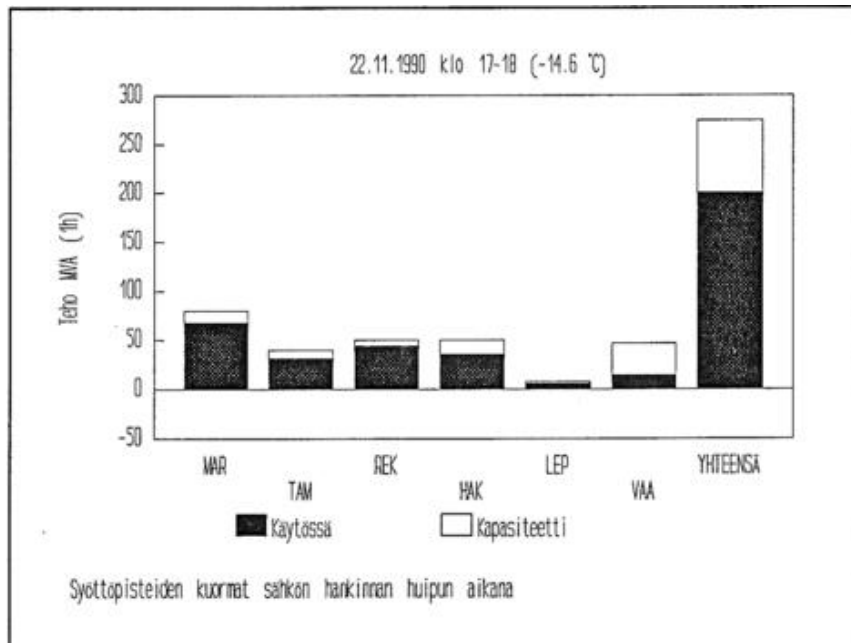
4 Vantaan keskijänniteverkko

Keskijänniteverkon tehtävä on siirtää sähköä 110 kV:n suurjänniteverkosta 20 kV:n jännitteellä pienjänniteverkon jakelumuuntajille, jotka sijaitsevat kaupungin keskeisimpien asuinalueiden läheisyydessä. Tällä sijoittamisella minimoidaan sähköverkon asennus- ja käyttökustannukset.

Vantaan keskijänniteverkko rakentuu 892 kilometriä pitkästä ilmajohto- ja maakaapeli-verkosta. Verkon maakaapelointiaste on 87 % ja loput 13 % verkosta on harvaan asuttujen alueiden takia rakennettu ilmajohtoverkoksi. [2.]

4.1 Keskijänniteverkon rakenteeseen ja mitoittamiseen vaikuttavat seikat

Keskijänniteverkon yhteydessä tehtävät uudisrakennus-, korjaus- ja huoltotyöt kytkentätoimenpiteineen eivät saisi mahdollisuuksien mukaan aiheuttaa käyttökeskeytyksiä. Mikäli käyttökeskeytyksiä tulee, ne eivät saisi olla kovin pitkäkestoisia tai laajoja. Näiden seikkojen lisäksi keskijänniteverkon suunnittelussa on huomioitava investointi-, käyttö- ja häviökustannukset sekä syöttöpisteiden kuormitukset ja niiden mitoittaminen sähköverkkoa varten (kuva 1). [3, s. 1.]



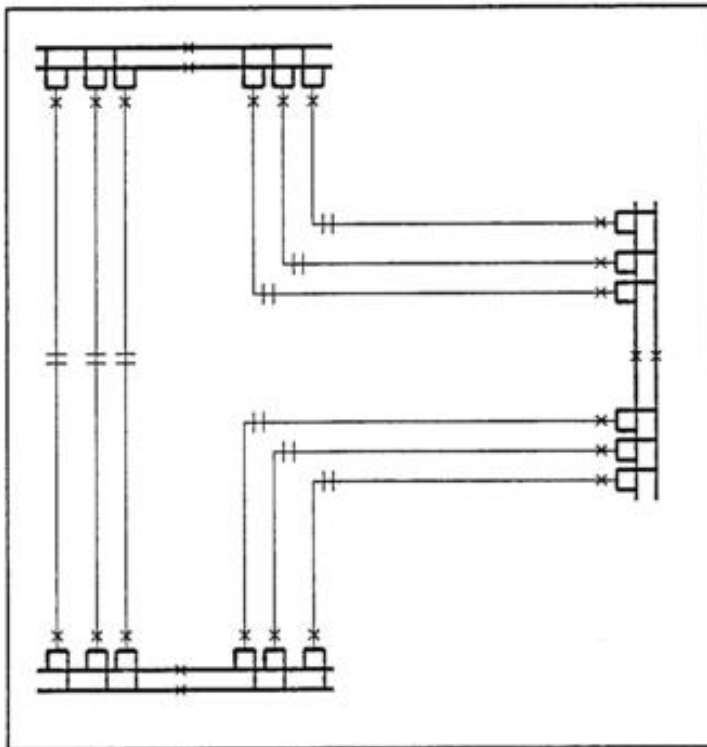
Kuva 1. Vantaan Sähkölaitos Oy:n syöttöpisteiden kuormitus 22.11.1990 [3, s. 1]

4.2 Keskijänniteverkon muoto

Keskijänniteverkon muodon on nykyään oltava mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen. Vantaan keskijänniteverkon käyttötarkoitukset ja tarpeet huomioon ottaen verkon muodon valinnassa on käytännössä otettu huomioon kaksi vaihtoehtoa: yhdysjohtoverkko ja rengasjohtoverkko. [3, s. 3.]

4.2.1 Keskijänniteverkon yhdysjohtoverkko

Yhdysjohtoverkossa johdot kulkevat sähköasemalta toiselle. Jakoraja pyritään sijoittamaan aina johdon keskivaiheille (kuva 2).



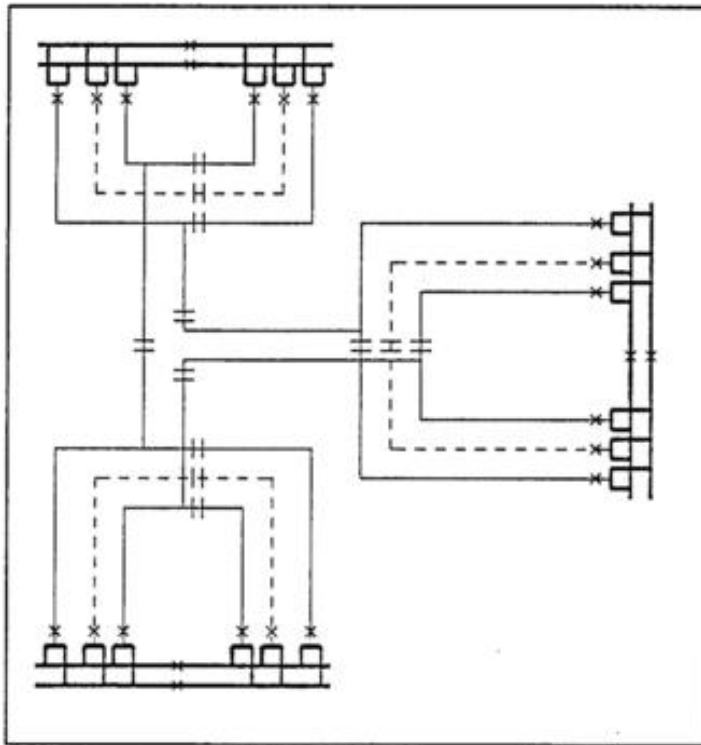
Kuva 2. Yhdysjohtoverkko [3, s. 3]

Yhdysjohtoverkko on rakenteeltaan selkeä ja reservitehoon liittyvät kysymykset on helposti ratkaistavissa. Jakorajoja muuttamalla voidaan sähköverkon eri alueita liittää syötettäväksi eri sähköasemilta optimaalisemman käytön takia tai sähköverkon vikaantumisessa.

Selkeän yhdysjohtoverkon ansiosta reservitehonäkemykset ovat helposti ratkaistavissa. Muilta sähköasemilta voidaan siirtää suuria määriä reservitehoa tarvittaessa keskijänniteverkon kautta. [3, s. 3 - 4.]

4.2.2 Keskijänniteverkon rengasjohtoverkko

Rengasjohtoverkon rakentamisen tarkoituksena on, että johtojen päät sijoitetaan sähköaseman kiskostoon samalle kiskolle, mutta eri ryhmiin. Verkon käyttö on säteittäistä ja se pyritään rakentamaan niin, että johto voidaan kokonaisuudessaan syöttää toisesta päästä ilman, että johdon alkupää ylikuormittuisi. Rengasverkko on rakenteeltaan selkeä ja sähköasemat toimivat normaalissa tilanteessa omilla jakelualueillaan itsenäisesti (kuva 3).



Kuva 3. Rengasjohtoverkko [3, s. 4]

Jakorajan siirtäminen voidaan suorittaa siten, että muuntamon kuormaerottimella yhteen kytkettävät verkon osat syötetään samalta päämuuntajalta, jolloin oikosulkuvirta ei pääse kasvamaan kohtuuttoman suuruisiksi. Reserviyhteyksiä rakennetaan eri sähköasemien renkaiden välille turvaamaan reserviteho vikatilanteissa. [3, s. 4 - 5.]

4.3 Vantaan keskijänniteverkon muoto

Vantaan keskijänniteverkon muotona on pääosin rengasjohtoverkko, joka on nähty parhaana verkkomuotovaihtoehtona ottaen huomioon taloudellisuus-, luotettavuus-, turvallisuus- sekä käyttöteknilliset seikat. Sähköasemien välisiä varayhteyksiä on rakennettu myös yhdysjohtoverkkona, joka soveltuu tähän tarkoitukseen paremmin.

Vaikkakin rengasjohtoverkon johtoverkon pituus on suurempi kuin yhdysjohtoverkolla, se on silti parempi vaihtoehto Vantaan sähkönjakelun tarpeisiin. Rengasjohtoverkon mahdollisuutena on myös luoda tulevaisuuden käytön varalle parempi reservitehoverkko. [3, s. 13 - 14.]

5 Sähköverkon käyttöprosessi

Sähköverkon käyttöprosessin tavoite on luoda kattava ja toimiva järjestelmä sähkön laadun, turvallisuuden, taloudellisuuden ja asiakaspalvelun ylläpitoon. Verkon käyttöprosessin tärkeitä kulmakiviä ovat vastuu turvallisuudesta ja käyttövarmuudesta. Käyttöprosessin resursoinnille ja investoinneille ehtoja ja rajoituksia asettavat yleiset taloudellisuusvaatimukset. [4, s. 231.]

5.1 Sähköverkon käyttö- ja ohjaustoiminta

Verkon käyttötoimintaa ohjataan verkon käyttökeskuksesta. Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n käyttökeskus sijaitsee Vantaan Tikkurilassa, yrityksen toimitalolla. Verkko-yhtiön käyttötoiminnasta vastaa käytönjohtaja. Kentällä toteutettaviin verkonkäyttö- ja työtoimintoihin liittyy suuri vastuu työ- ja sähköturvallisuudesta. Verkossa tehtäviä kytkentämuutospäätöksiä ei tehdä paikan päällä vaan kytkentöihin on saatava lupa käyttökeskuksesta ennen niiden suorittamista.

Käyttötoiminnalla vaikutetaan monin eri tavoin verkoston kehittämis- ja ylläpitotoimintoihin, joita ovat

- käyttötoiminnan suunnittelu
- verkon tilan jatkuva seuranta ja ohjaus
- häiriötilanteiden hallinta
- verkkokomponenttien kunnossapidon käytännön toteutus.

Käyttötoimintojen suunnittelu on tärkeä osa käyttöprosessia. Ne sisältävät muun muassa päätöksenteon käyttötoiminnan resursseista ja apuvälineistä, vikavirtasuojauksen suunnittelun ja valvonnan sekä työkeskeytyksiin liittyvien kytkentöjen suunnittelun.

Verkontilan seuranta on ympärivuorokautisesti ylläpidettävä käyttötoiminnan osa-alue. Se sisältää verkon suojaus- ja kytkinlaitteiden toiminnan sekä verkon kuormitustilan seurannan. Verkon ohjauksella tarkoitetaan kytkinlaitteiden ohjauksia, jotka voidaan toteuttaa kentällä manuaalisesti tai käyttökeskuksesta kauko-ohjauksella. Vantaan Energia Sähköverkot Oy:llä on nykyään viisi kauko-ohjattavaa keskijänniteverkon muuntamoita, joita voidaan ohjata käyttökeskuksesta käsin. Niiden määrä on kasvussa tulevaisuuden verkonkehittämisen myötä.

Sähköverkon vika- ja häiriötilanteisiin on reagoitava nopeasti, jotta välttyttäisiin pitkäkestoisilta ja laajoilta käyttökeskeytyksiltä. Suuresta maakaapelointiasteesta huolimatta verkossa ilmeneviltä vika- ja häiriötilanteilta ei voida välttyä kokonaan.

Käyttökeskuksesta hallitaan näissä tilanteissa tehtäviä toimenpiteitä ja niihin sisältyy

- verkossa esiintyvien vikojen tunnistaminen, paikantaminen, erottaminen ja korjaaminen
- sähkönjakelun palauttaminen normaalitilaan
- varayhteyksien hyödyntäminen
- häiriötilanteen aikainen asiakaspalvelu. [4, s. 231 - 232.]

5.2 Sähköverkon käyttötoiminnan apuvälineet

Käyttötoiminnan apuvälineinä käytetään erilaisia tietokoneohjelmistoja. Ohjelmistot sisältävät kattavat toiminnot käyttötoiminnan hallintaan ja verkon hallintaan.

5.2.1 SCADA-käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmän tehtävänä on sähkönjakeluverkon reaaliaikainen valvonta. SCADA:n päätoimintoja ovat

- tapahtumatietojen hallinta ja raportointi
- verkon kytkentätilanteen hallinta
- kauko-ohjaukset, -mittaukset ja -asettelut.

SCADA on teknisesti tietojärjestelmä, joka sisältää eri sovelluksia, varmennettuja tietokoneita sovellusten käyttöön, korkealaatuisia käyttöliittymiä ja liitännöjä tiedonsiirtojärjestelmiin. SCADA toimii sähkönjakelun reaaliaikaisena prosessointitietokoneena, jonka avulla saadaan ajantasaista tietoa verkkotilanteesta ympärivuorokautisesti ja jonka kautta toteutetaan monia sekä kriittisiä että rutiinitoimintoja.

Järjestelmän on oltava luotettava ja sen tulee toimia, kun kaikki muut toiminnot ovat häiriintyneet. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi sähkökatkot ja erilaiset tietoliikennehäiriöt.

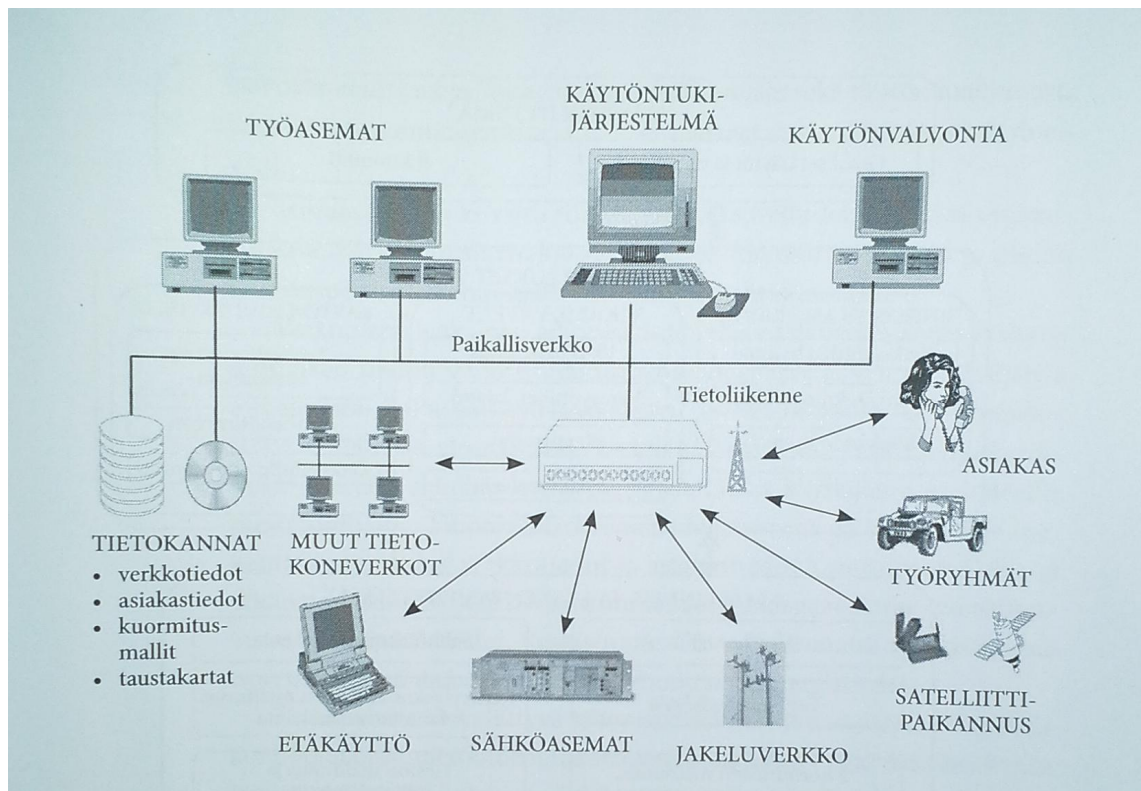
SCADA:n kaikki tietokonelaitteistot on kahdennettu ja kytketty siten, että toisen koneen vikaantuessa toinen kone ottaa järjestelmän viipymättä haltuun. SCADA on usein myös varustettu UPS-järjestelmällä, joka mahdollistaa tietokoneiden sähkönsaannin akuston avulla sähkökatkoksen aikana. [4, s. 235 - 236.]

5.2.2 DMS-käytöntukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmä on ohjelmistokokonaisuus, joka on suunniteltu tukemaan verkon käyttötoiminnan päätöksentekoa monipuolisilla sovelluksillaan. Keskeisin ero SCADA:n ja käytöntukijärjestelmän välillä on niiden toimintojen ohjelmallisessa älykkyydessä.

SCADA on prosessitietokonejärjestelmä, joka kerää ja välittää tietoja ja ohjauksia ilman sen suurempia analyysi- ja päättelyominaisuuksia. Käytöntukijärjestelmä sen sijaan sisältää laajan valikoiman monipuolisia analyysi- ja päättelytoimintoja. Käytöntukijärjestelmä voi esimerkiksi paikantaa keskijänniteverkon oikosulkuvikoja tai opastaa varasyöttöjen käyttöä.

Käytöntukijärjestelmän toiminnan toteutuksen perustana toimii verkkoyhtiön eri tietojärjestelmien tietojen hyödyntäminen. Näitä ovat muun muassa käytönvalvonta-, verkko-tieto-, asiakastieto- ja karttatietojärjestelmät (kuva 4). [4, s. 236 - 237.]



Kuva 4. Käytöntukijärjestelmän yhteydet eri tietolähteisiin [4, s. 237]

6 Tekla Oy -yritys

Tekla Oy suomalainen ohjelmistoyritys. Se valmistaa kansainvälisille markkinoille eri asiakaskunnille tarkoitettuja mallipohjaisia suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä.

Yhtiö sai alkunsa vuonna 1966, kun tietokoneiden lisääntynyt käyttötarve aiheutti suunnitteluyrityksille resurssipulaa. Tämän vuoksi muutamat insinööritoimistot päättivät perustaa yhdessä tieto-ohjelmistoyrityksen nimeltään Teknillinen Laskenta Oy. Samana vuonna yhtiön nimeksi tuli Tekla Oy.

Yhtiö on kuulunut osaksi yhdysvaltalaisista Trimble Navigation -konsernia vuodesta 2011 asti. Yhtiöllä on toimipisteitä yli 20 maassa, jotka toimivat lähes 600 työntekijän voimin. Yhtiö on osa maailmanlaajuisista tietotekniikka-alan kumppaniverkosta ja tämän myötä asiakaskuntaa on yli 100 maassa. Tekla Oy:n liikevaihto oli 57,8 miljoonaa euroa (2010).

Tekla Oy on jakautunut kahdeksi toimialaksi: Tekla Building & Construction, joka toimii rakennusalan tietomallisovellusten kehittäjänä ja Tekla Infra & Energy, joka kehittää ohjelmistoratkaisuja infrastruktuuri- ja energia-alojen tarpeisiin. Tekla Oy:n kaikki ohjelmistotuotteet ovat suunnitteluun liittyviä. Mallipohjaiset suunnitteluohjelmistot soveltavat 3D-mallinnusta. Suunnittelupohjiin ja -objekteihin on liitetty myös tarpeelliset paikatiedot tieto- ja verkkomallien hyödyntämistä varten. [5.]

6.1 Tekla Solution -ohjelmistokokonaisuus

Tekla Solution on suunnattu infrastruktuuri- ja energiatoimialoilla toimiville yrityksille ja se sisältää lukuisia kokonaisuuksia Teklan sovelluksia ja palveluja. Sähköyhtiöille tarkoitettu sovellus pitää sisällään moduulipohjaisia toimintasovelluksia ja palveluja nykyaikaisen sähköverkon hallintaan sekä jakeluprosessin tehtävien suorittamiseen liittyen suunnitteluun, rakentamiseen, kunnossapitoon, käyttötoimintaan ja asiakaspalveluun. Ratkaisun perustana on Tekla NIS -verkkotietojärjestelmä, joka toimii sähköverkon mallintamisessa ja hallinnassa sekä sisältää sähkönjakeluun liittyvät tärkeimmät tiedot. [5.]

6.2 Tekla NIS -suunnitteluohjelma

Tekla NIS -suunnitteluohjelma on energia- ja vesihuoltoyritysten käyttöön tarkoitettu verkkotietojärjestelmä. Ohjelma on suunniteltu verkon suunnitteluun, rakentamiseen, käyttötoimintaan, hallintaan ja huoltoon koko niiden elinkaaren ajalle. Vantaan Energia Sähköverkot Oy käyttää Tekla NIS -ohjelmaa sähköverkon suunnitteluun, laskentaan ja dokumentointiin. [6, s. 4 - 5.]

6.2.1 Tekla NIS -ohjelman verkkomalli

Verkkomalli koostuu tietokantaan tallennetuista kohteista. Niiden luonnissa voidaan käyttää ohjelman pistemäisiä tai viivamaisia kohteita. Kaikki verkot mallinnetaan tietokantaan sellaisena, kuin ne ovat maastossa. Koko ohjelma perustuu tietokannassa olevien tallennettujen kohteiden pohjalta luotuun malliin ja sen käyttämiseen.

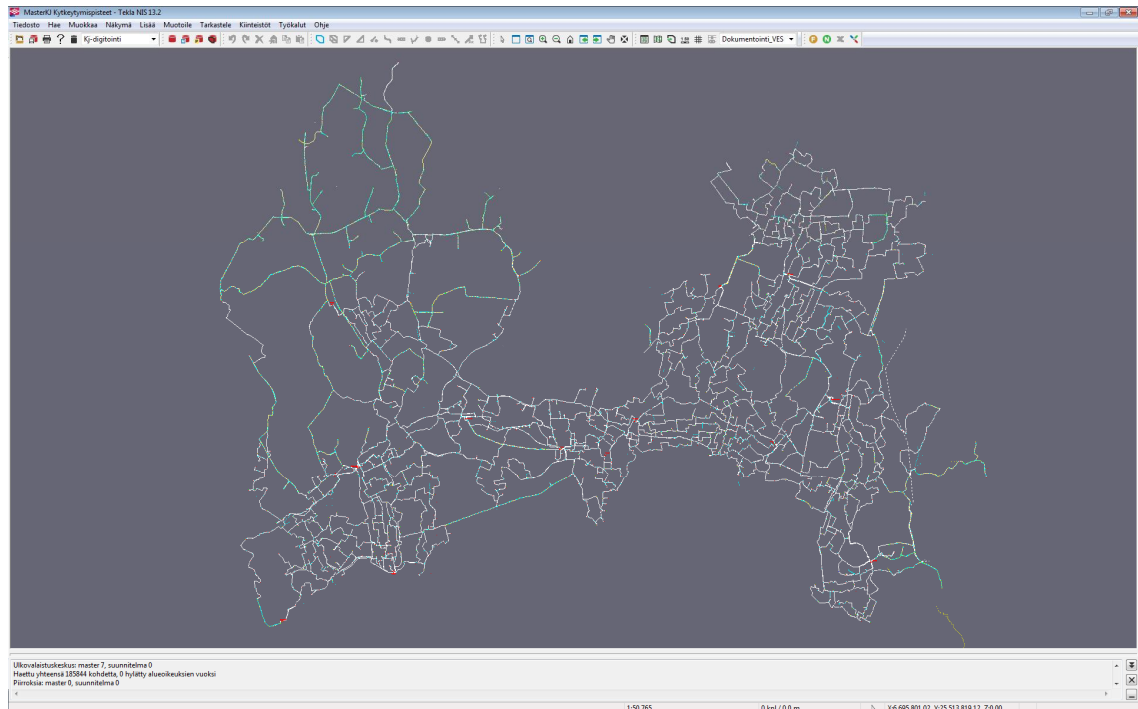
Tekla NIS pystyy luomaan verkkomallin samaan verkkoon kootuista ja tallennetuista tiedoista. Eri verkoista voidaan luoda toimintakohtaisia malleja yhdessä kulutuspuisteiden, juuripisteiden ja automaattisten kytkeytymismallitoiminnallisuuksien kanssa. Kohteiden tyyppi ja sijaintitiedot ovat ainoat asiat, jotka tallennetaan tietokantaan aakkosnumeeristen ominaisuuksien lisäksi. [6, s. 26.]

6.2.2 Sähköverkon tietomalli Tekla NIS -ohjelmassa

Sähköverkon tietomalleihin kuuluvat suurjännite-, keskijännite- ja pienjännitetietomallit. Jokaiseen tietomalliin sisältyvät kaikki olennainen tieto etukäteen määritellyistä tiedoista verkkokohteissa. [6, s. 23.]

6.2.3 Verkkotietojen lataus Tekla NIS -ohjelmassa

Käyttäjä voi ladata verkkotiedot reaaliaikaisesta *master*-tietokannasta. Työstettävään Tekla NIS -istuntoon voidaan myös luoda yksittäisille käyttäjille tai käyttäjäryhmille räätälöity suunnitelma-tietokanta, joka on vapaasti muokattavissa ilman, että se vaikuttaa *master*-tietokantaan (kuva 5, ks. seur. s.).



Kuva 5. Tekla NIS -ohjelman päänäkymä Vantaan keskijänniteverkosta

Suunnitelma-tietokantaan tehdyt muutokset voidaan päivittää *masteriin*. *Masterin* tiedot ovat kaikkien käytettävissä ja suunnitelman *masteriin* ajo onnistuu kaikilta, joilla siihen on annettu käyttöoikeus.

Kaikki nykyiseen verkkoon tehtävät muutokset tallentuvat suunnitelma-tietokantaan. Poikkeuksena kuitenkin kunnossapitotiedot, jotka tallentuvat suoraan *masteriin* ilman erillistä ajoprosessia.

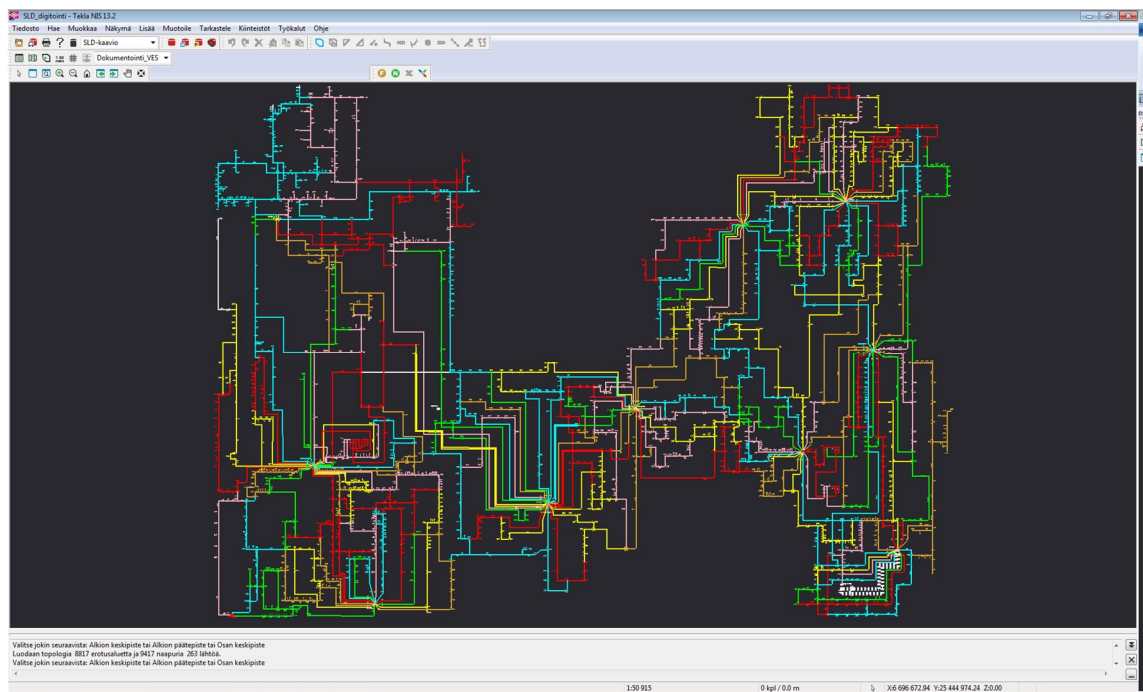
Tekla NIS mahdollistaa verkkotietojen lataamisen *masterista* sekä suunnitelmasta tai vain jommastakummasta. Suunnitelma säilyy suunnitelma-tietokannassa *masteriin* ajon jälkeen.

Eri jännitetasojen käsittelyyn käytetään eri suunnitelmia. *Masterista* voidaan hakea päätteelle myös KJ- ja PJ-verkon verkkokartat samaan kuvaan tai molemmat erikseen.

Tekla NIS -ohjelman projekti-tietokannassa voi yhdistää toisiinsa liittyviä suunnitelmia. Projekti voi sisältää useita keskenään vaihtoehtoisia tai toisiaan seuraavia suunnitelmia, joita voidaan arkistoida myöhempää käyttöä varten. [7, s. 49 - 50.]

6.2.4 Verkon topologia Tekla NIS -ohjelmassa

Verkko koostuu ryhmitellyistä kohdetyypeistä, jotka ovat ohjelmoitu olemaan keskenään vuorovaikutteisia. Nämä kohdetyypit muodostavat topologian. Topologiaa ei ole tallennettu tietokantaan, vaan se luodaan ajonaikaisesti tarvittaessa jokaista istuntoa varten erikseen. Ajonaikainen topologia muodostaa SCADA-järjestelmään ja muihin toimialan sovelluksiin reaaliaikaisen rajapinnan, joka vähentää vaadittuja tietoteknillisiä suorituskykyvaatimuksia järjestelmän palvelimilta ja varajärjestelmiltä. Rajapinnat erotellaan toisistaan topologian luoman värityksen avulla. Tekla NIS -ohjelmistossa voi topologiavärityksen valita tehtäväksi päämuuntajittain, johtolähdöittäin tai jännitetasoitain (kuva 6). [6, s. 11.]



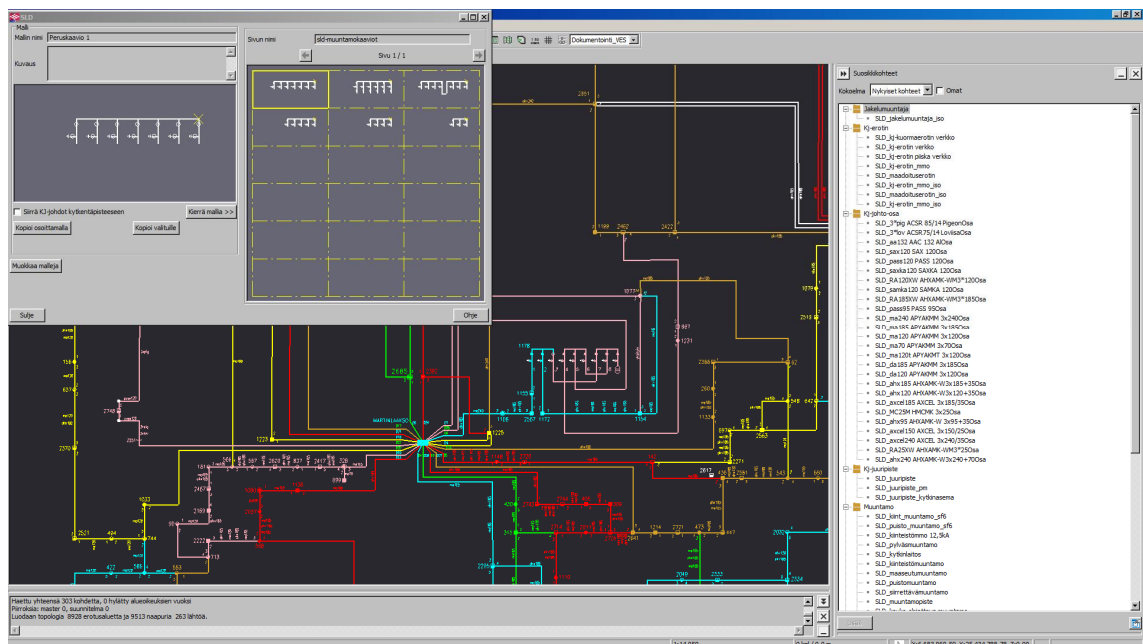
Kuva 6. Käyttökaavio kuvattuna Tekla NIS -ohjelmassa topologiavärityksellä; kyseinen väritys on rajattu näkymään johtolähdöittäin

6.2.5 Tekla NIS -ohjelman komponenttien mallikirjastot

Verkon mistä tahansa kohteista ja rakenteista voidaan luoda malleja kirjastoihin. Kirjastoihin voidaan tallentaa esimerkiksi muuntamokaavioita, sähköasemia, tekstejä tai poikkileikkauksia. Mallikirjaston käyttöä voidaan hallita käyttöoikeuksia muokkaamalla.

Mallikirjastoon voidaan tallentaa määriteltyjä komponentteja tai komponenttiryhmiä, joille on määritelty etukäteen rakenne ja toiminnalliset ominaisarvot. Etukäteen määriteltyjä malleja voidaan vaivattomasti kopioida verkkokirjastosta verkkoon ja käyttää verkon suunnittelussa sekä tietojen lisäämisessä. [6, s. 15.]

Käyttökaavion tapauksessa oli luotu SLD-komponenteille oma mallikirjasto, josta sai valittua suoraan SLD-kaavioon soveltuvat ja oikeilla tunnuksilla olevat muuntamokaaviot. Pistemäisille ja viivamaisille SLD-kohteille oli myös luotu omat luettelot, joista SLD-kaavion kohteet löytyvät suoraan (kuva 7).



Kuva 7. SLD-mallikirjasto muuntamokaavioista (vasemmalla) ja pistemäisten sekä viivamaisien SLD-komponenttien valintataulukko (oikealla)

6.2.6 Tekla NIS -ohjelman suunnitelmatyypit

Verkkokohteiden tarkasteluun on mahdollisuus käyttää valmiiksi määriteltyjen kohdevalintojen avulla suunnitelmatyypit-toiminnallisuutta. Järjestelmän pääkäyttäjä voi luoda eri verkkotyyppejä, käyttäjäryhmiä tai käyttötarkoituksia näkymäpohjille. Eri suunnitelmatyypit löytyvät NIS:n käyttöliittymän pudotusvalikosta. [6, s. 17.]

6.2.7 Tekla NIS -ohjelman käyttäjäroolit

Käyttäjäroolien tarkoitus on luoda erityyppisille käyttäjille omanlaisensa käyttötoiminnot. Käyttäjärooli sisältää vain ne työkalut, joita käyttäjä tarvitsee tai saa käyttää. Yhdellä käyttäjällä voi olla useampia rooleja, ja niiden vaihtaminen voidaan tehdä käyttöliittymän pudotusvalikosta. Tarpeettomien työkalujen ja kuvakkeiden poisjättäminen tekee käyttöliittymästä helppokäyttöisen ja selkeän toimintakokonaisuuden. [6, s. 18.]

6.2.8 Tekla NIS -ohjelman käyttöoikeudet

Järjestelmän eri toimintoja ja kohteita hallitaan käyttöoikeuksien avulla. Käyttöoikeuksia voidaan määritellä toimintojen, alueiden tai lajiryhmien perusteella. Käyttöoikeustyyppinä on neljä: *täydet oikeudet*, *muokkaus*, *luku*, *estetty* ja *piilotettu*. Käyttöoikeuksia hallinnoi pääkäyttäjä, joka voi antaa käyttöoikeuksia yksittäisille käyttäjille tai monen käyttäjän muodostamille ryhmille. [6, s. 19.]

6.2.9 Tekla NIS -ohjelman makrot

Toimintojen sarjaa, joka saadaan aikaiseksi yhdellä napin painalluksella, kutsutaan makroksi. Makrojen avulla käyttäjä voi säästää aikaa samanlaisten toimintoketjujen toistamisessa automatisoidusti. Käyttäjät voivat luoda omia makroja tai ajaa suunnitelmiinsa järjestelmän pääkäyttäjän luomia makroja. [6, s. 20.]

6.3 Tekla DMS -käytäntökäyttäjärjestelmä

Tekla DMS -käytäntökäyttäjärjestelmä on sähkönjakeluverkon valvontaan, kytkentöjen ylläpitoon sekä häiriötilanteiden hallintaan soveltuva tietokoneohjelmistotyyppi, jota myös Vantaan Energia Sähköverkot Oy käyttää. Käytäntökäyttäjärjestelmä kattaa käyttötoimintaa tukevat toimintatavat. Toimintatapoja ovat

- verkon topologian seuranta
- jakelunkeskeytysten suunnittelu ja hallinta
- asiakasviestintä. [8, s. 15.]

6.3.1 Tekla DMS jakeluverkko käytössä

Tekla DMS -järjestelmä antaa apua niin KJ-verkon kuin PJ-verkon käyttötoimintaan. Järjestelmä lisää sujuvuutta näissä yleisissä sähköverkon käyttöprosesseissa:

- Sähköverkon topologian valvonta. Kytkentätilanteen ylläpito ja olemassa olevan verkkokokoonpanon tunnistaminen on järjestelmän perustehtävä. Koko prosessin toimintaan pelkät SCADA-järjestelmät eivät riitä.
- Sähköverkon palauttaminen normaalitilaan vikatilanteen jälkeen. Vian synnyttyä on tärkeää, että vikapaikka erotetaan muusta verkosta, jakelu palautetaan ja verkko korjataan mahdollisimman nopeasti. Palautusprosessi sisältää analyysin vikatapahtumasta, vian paikannuksen ja erotuksen automaattisesti sekä manuaalisesti, jakelun palautuksen, vian korjauksen, häiriötiedottamisen sekä keskeytysraportoinnin.
- Keskeytysuunnittelu sähköverkon uudisrakennus-, huolto- ja korjaustöissä. Suunniteltuja keskeytyksiä tarvitaan verkon kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden suorittamiseksi. Keskeytysuunnitteluprosessi sisältää eri tehtäviä, kuten kytkentäohjelman suunnittelun, ilmoitusten lähettämisen asiakkaille, itse suunnittelman ja sen kytkentäohjelman toteuttamisen sekä keskeytysraportin. [8, s. 15 - 16.]

6.3.2 Sähköverkon kytkentätilanteen hallinta Tekla DMS -järjestelmällä

Kytkentätilanteen hallintasovellus on Tekla DMS -järjestelmän perusta. Sovellus kirjaa verkkotapahtumat käyttäen verkon topologian analyysia ja dynaamista väritystä. Ohjelmiston avulla voidaan ylläpitää ja hallita KJ- ja PJ-verkkojen kytkentätilannetta ympärivuorokautisesti niin reaaliaikaisesti kuin mahdollista. [8, s. 16.]

6.3.3 Keskeytysten hallinta Tekla DMS -järjestelmällä

Keskeytysten hallintasovellus käsittää pääasiassa sähköverkon suunnittelemat keskeytykset. Sovellus sisältää kaikki tarvittavat toiminnot keskeytyksen aiheuttaman vian hallintaan vian havaitsemisesta aina sen korjaamiseen asti. Tavallisten keskeytystilastointitoimenpiteiden sisällön lisäksi järjestelmä tarjoaa monia keskeytysraportointiin liittyviä lisätoimintoja.

Keskeytysten hallintasovellus on liitetty muihin Tekla DMS -sovelluksiin, jotta voidaan antaa tukea keskeytysanalyysia varten. Tämä sovellus on laajennus kytkintilanteiden hallintaan. Hallintasovellus esimerkiksi mahdollistaa sen, että ohjelmisto laskee tunnuslukuja vialle tai havaitsee tietyn vian vuoksi sähköttömät asiakkaat niin, että vain vähän tietoa tarvitsee syöttää käsin. [8, s. 22.]

6.3.4 Kytkentäsuunnittelu Tekla DMS -järjestelmällä

Kytkentäsuunnittelusovellus sisältää toimintoja suunniteltuja keskeytyksiä sekä kytkentäsuunnitelman elinkaaren hallintaa varten alusta aina suunnitelman hyväksyntään asti. Hyväksytyjä kytkentäsuunnitelmia käytetään kytkentätilanteiden hallinnassa.

Kytkentäsuunnitelmaan kuuluvaa kytkentäohjelmaa perustettaessa, ohjelmisto näyttää kytkentätoimenpiteet verkkokuvassa. Järjestelmä pitää listaa kytkentäsuunnitteluun liittyvistä toiminnoista ja toimenpiteistä.

Kytkentäsuunnitelmat sisältävät seuraavat toiminnot suunnitelmien hallintaan:

- suunnitelmien selailu
- suunnitelmien perustaminen ja poistaminen
- suunnitelmatietojen ylläpito
- suunnitelmien kytkentäohjelma.

Kytkentäsuunnitteluun liittyvät toimenpiteet ovat

- kytkinlaitteiden tilamuunnokset
- työmaadoitusten kytkeminen ja purkaminen
- pylväissä sijaitsevien jomppien auki- ja kiinnikytkennät
- lisäkaapeliin asentaminen, kytkeminen ja irtikytkeminen tilapäisten syöttöyhteyksien luomiseksi. [8, s. 32 - 33.]

6.3.5 Tekla DMS -järjestelmän käyttökaavio-optio

Tekla DMS sisältää lukuisia ohjelmisto-optioita, joita sovelletaan sähköverkon käyttötoiminnassa. DMS on keskeisessä asemassa käyttökaavion käytössä, koska koko kaa- vion toiminnot suoritetaan DMS:n käyttökaavio-option avulla. Käyttökaavio-optio sovel- tuu sähköverkkoyhtiöille, jotka haluavat täyden toiminnan esitystavan koko KJ- verkostaan verkkomalliksi Tekla NIS- ohjelmassa olevan maantieteellisen esitystavan rinnalle. Molempia esitystapoja voidaan käyttää silloin, kun kytkentätilanteen hallinta- ja kytkentäsuunnitteluovellukset ovat käytössä (kuva 8). [8, s. 33 - 34.]



Kuva 8. Tekla DMS -ohjelman aloitusnäky Vantaan keskijänniteverkon käyttökaaviosta

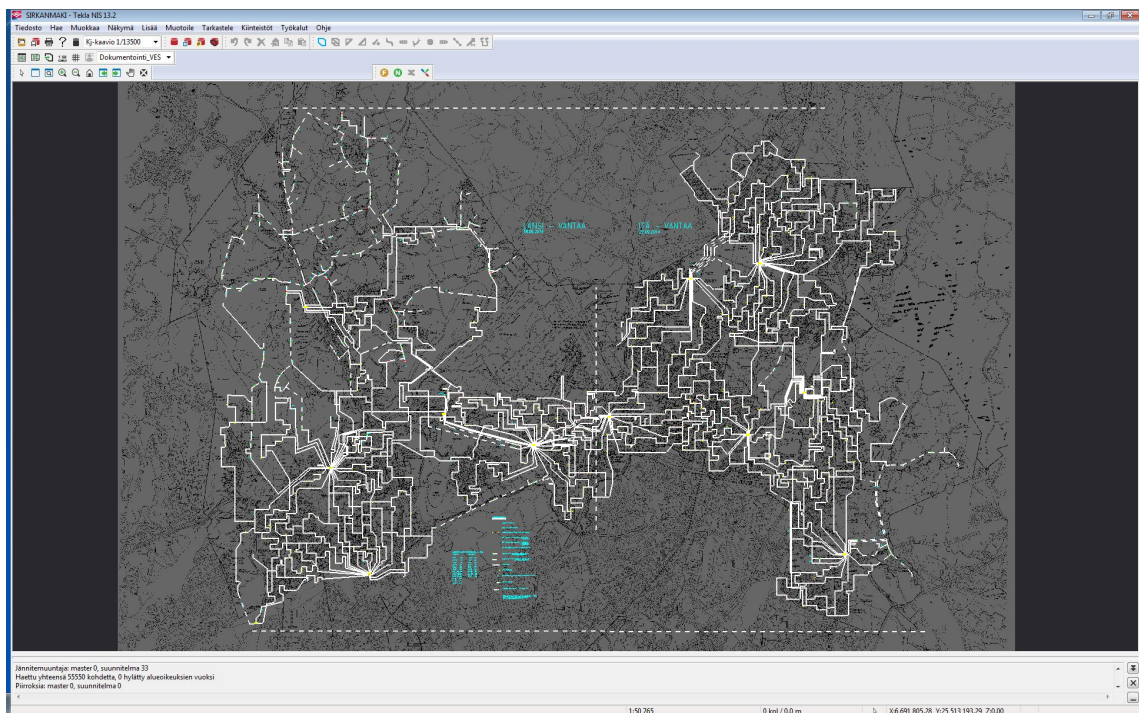
7 Käyttökaavion laadinta

Tavoitteena oli ensisijaisesti suunnitella ja laatia Tekla NIS -ohjelmalla selkeä ja ver- konhallintaan soveltuva käyttökaavio, jolla pystyttäisiin korvaamaan vanha staattinen kaavioesitys verkkotietojärjestelmässä. Käyttökaavioprojektin lähtökohtana toimi Hel- sinki-Vantaan lentokenttäalueen keskijänniteverkosta tehty käyttökaavio, jota haluttiin soveltaa muun Vantaan keskijänniteverkkoon.

Käyttökaaviota oli tarkoitus tulla käyttämään Tekla DMS -käytöntukijärjestelmällä. Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n NIS:n pääkäyttäjä Mikko Tella oli luonut kaaviopohjan tulevalle käyttökaaviolle ja nimennyt sen SLD-kaavioksi.

Käyttökaavion perustana oli jakeluverkon kytkentätilan helpompi hallinta. Vantaan tiiviisti rakennettujen alueiden vuoksi verkkokartan jakeluverkon sijaintitietoon perustuva esitystapa on osoittautunut huonoksi vaihtoehdoksi verkon kytkentätilan hallintaan ja valvontaan. Lentokenttäalueen kaavion käytön yhteydessä on huomattu, että jakeluverkon kytkentätilan ja topologia on selkeämpää esittää kaavion muodossa.

Verkkokartan hallintaan ja ylläpitämiseen oli sovellettu vanhaa staattista kaaviomallia, joka oli laadittu eri mallipohjalle kuin tuleva SLD-kaavio. Vanha kaavio toimi suunnitelmallisina SLD-kaavioille (kuva 9).

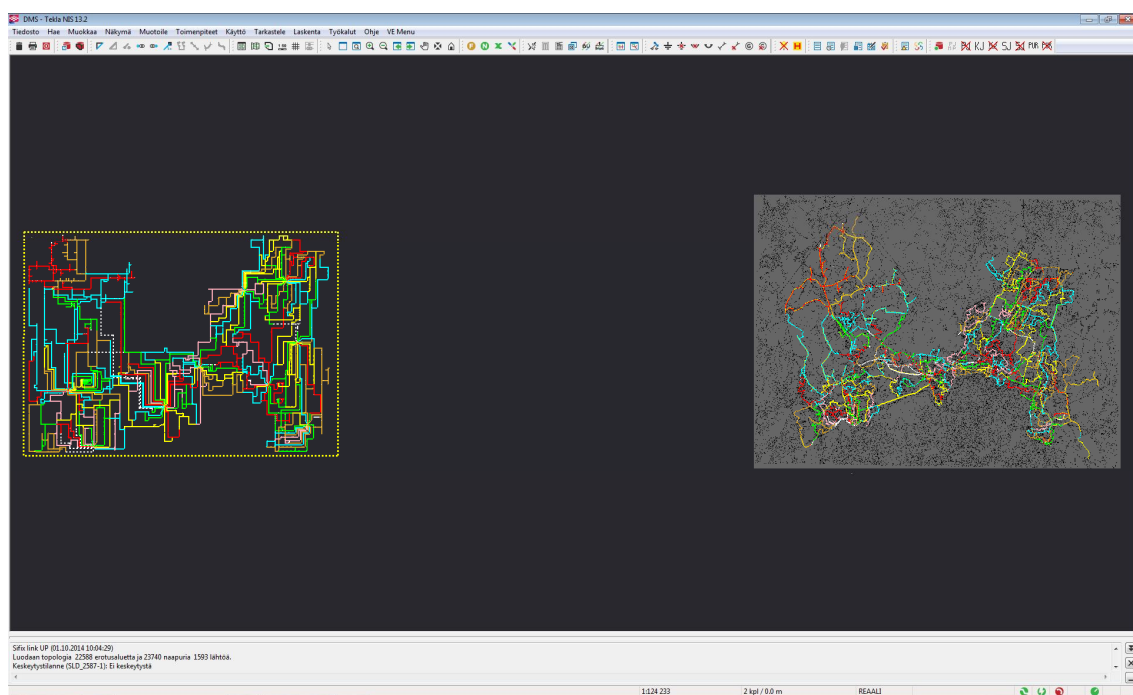


Kuva 9. Vanha Vantaan keskijänniteverkon Sirkanmäki-käyttökaavio

Vanhan kaavioesityksen ongelmana olivat sen osittainen selkeyden puute ja se, että kaavion komponentit oli digitoitu painottaen komponentin sijaintia maastossa. Verkon komponentit olivat täysin samoilla tunnuksilla kuin *masterissa*, mikä teki mahdottomaksi erotella kaaviota omaksi verkonhallintaan soveltuvaksi mallipohjaksi.

Näin ollen myös vanhan käyttökaavion käyttö digitoinnin ja käytönprosessin suhteen oli vaikeaa, kun vanhaa kaaviota ei voinut linkittää toimimaan synkronoituna verkkokartan rinnalla. Tämän vuoksi vanha kaavio ei tukenut sähköverkon käyttötoimintaa täysin halutulla tavalla.

Uuden kaavion tarkoituksena oli korjata vanhan kaavion luomat epäkohdat ja luoda reaaliaikaisen verkkokartan kanssa yhdessä toimiva käyttökaavio. Kaaviolla pystytään helpottamaan ja selventämään verkon käyttötoimintaa (kuva 10).



Kuva 10. Tekla DMS -ohjelman aloitusnäkyvä verkkokartasta (oikealla) ja linkitetystä käyttökaaviosta (vasemmalla)

7.1 Perehdytys Tekla NIS -ohjelmaan

Projektin aluksi perehdytettiin Tekla NIS 13.2 -ohjelman käyttöön ja annettiin tietoa Vantaan KJ-verkosta sekä kaavion käyttötarkoituksesta. Tekla NIS -ohjelman koulutuksen jälkeen harjoiteltiin ohjelmiston käyttöä luomalla omia projekteja ja suunnitelmia. Parin viikon perehdytyksen jälkeen kaavion suunnittelua päästiin toteuttamaan.

Perehdytyksen ohessa tutkittiin Helsinki-Vantaan lentokenttäalueen sähköverkosta luotua kaaviomallia ja perehdyttiin sen toimintaan ja komponentteihin. Kyseisestä kaaviomallista sai käsityksen kaavion käyttötarkoituksesta, ominaisuuksista ja hyödyistä, joita voitiin käyttää hyödyksi aloitettaessa käyttökaavion suunnittelua.

7.2 Käyttökaavion suunnittelu

SLD-kaavio eli *Single Line Diagram* oli jo nimensä mukaisesti hyvä inspiraation lähde kaavion suunnittelua ajatellen. Käyttökaavion ei ole tarpeen olla täysin maantieteellisesti oikein tai samankaltainen kuin *masterin* verkkokartta, joten kaavion suunnittelua varten oli helpot lähtökohdat.

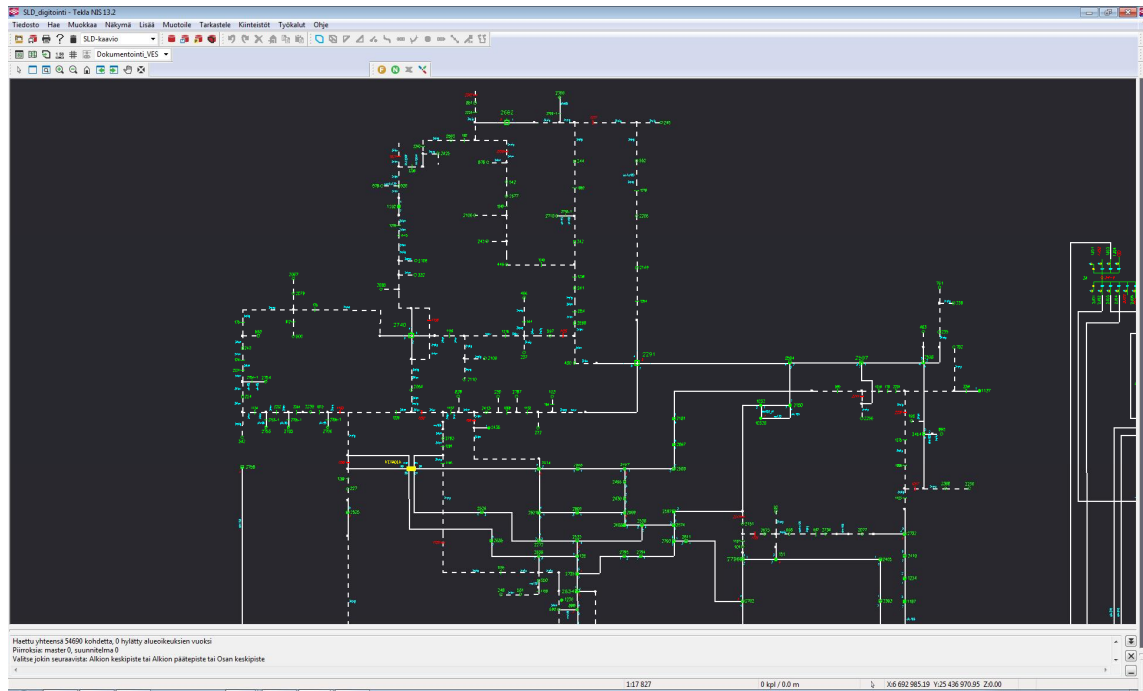
Käyttökaavion tarkoitus on olla helppokäyttöinen kuvaus muuntamoista ja muista verkkokartan komponenteista. Ajatuksena oli siis luoda kaavio, joka sisältäisi mahdollisimman paljon vain 90 asteen mutkia niin, että kaavion muuntamot ja muut komponentit olisivat aseteltuina kaavioon johto-osilla digitoituihin pysty- tai vaakajohtoihin.

7.3 Käyttökaavion laadinnan toteutus

Toteutus aloitettiin luomalla Tekla NIS -ohjelmalla suunnitelmapohja SLD-digitointinimikkeellä. Suunnitelmassa voitiin tehdä halutut istunnon muokkaukset ja pikavalintojen asettelut.

Kaavio oli tarkoitus digitoida NIS:ssä johto-osilla, koska johto-osilla on tarkoitus luoda kaavion komponenttien solmupisteiden välille sähköinen yhteys. Käyttökaavion toimintaa ajatellen johto-osilla piirtäminen on hyödyllisempää kuin johtoalkioilla, jotka merkitsevät vain kaapelin maantieteellistä sijaintia kartalla. Tämän lisäksi käyttökaavion topologiaväritys ei toimisi, mikäli kaavio digitoitaisiin johtoalkioilla. [9.]

SLD-kaavion laadintaa lähdettiin toteuttamaan käyttökaavion digitointiohjeen mukaisesti (ks. liite 1). Verkkokartan mukaan kaavion laadinta aloitettiin Vantaan Keimolasta. Syyksi tähän oli Keimolassa oleva harva ilmajohtoverkko, jota oli helppo lähteä digitoimaan kaavion pohjalle (kuva 11, ks. seur. s.).

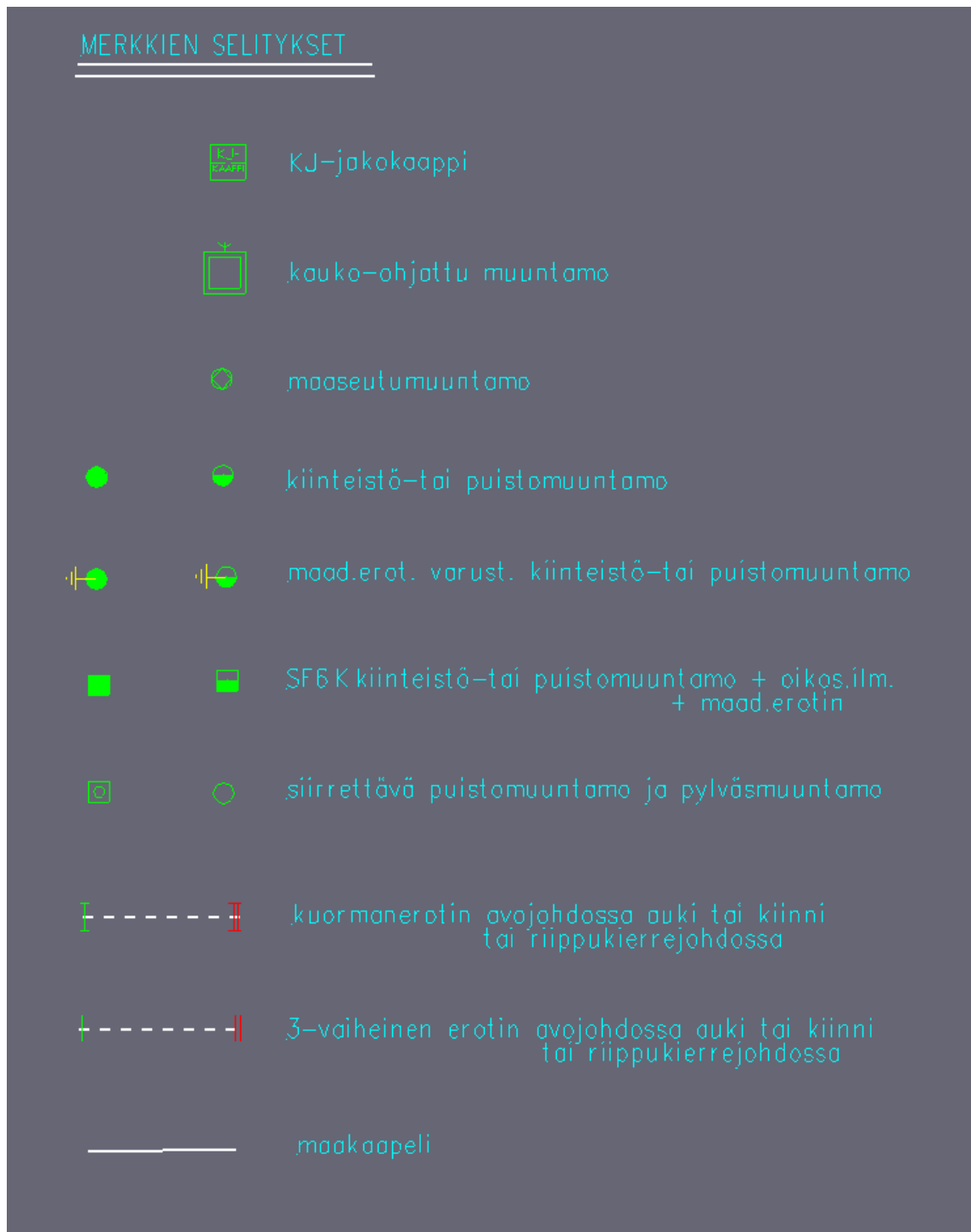


Kuva 11. Keimolan alue digitoituna SLD-kaavioon. Ilmajohdot näkyvät kaaviossa katkoviivoina ja maakaapelit yhtenäisinä viivoina

Kaavion laadinta lähti liikkeelle hitaasti ja tarkoituksena oli kokeilla eri mitoituksia ja linjoja, mistä oli hyvä lähteä jatkamaan kaavion toteutusta. Tekla NIS -ohjelmassa on mahdollisuus muokata kaapelien ja johtojen merkintätapaa suunnitelmissa. Kaaviossa katkoviivalla merkityt johdot ovat ilmajohdot ja yhtenäiset viivat ovat maakaapeleita (kuva 11).

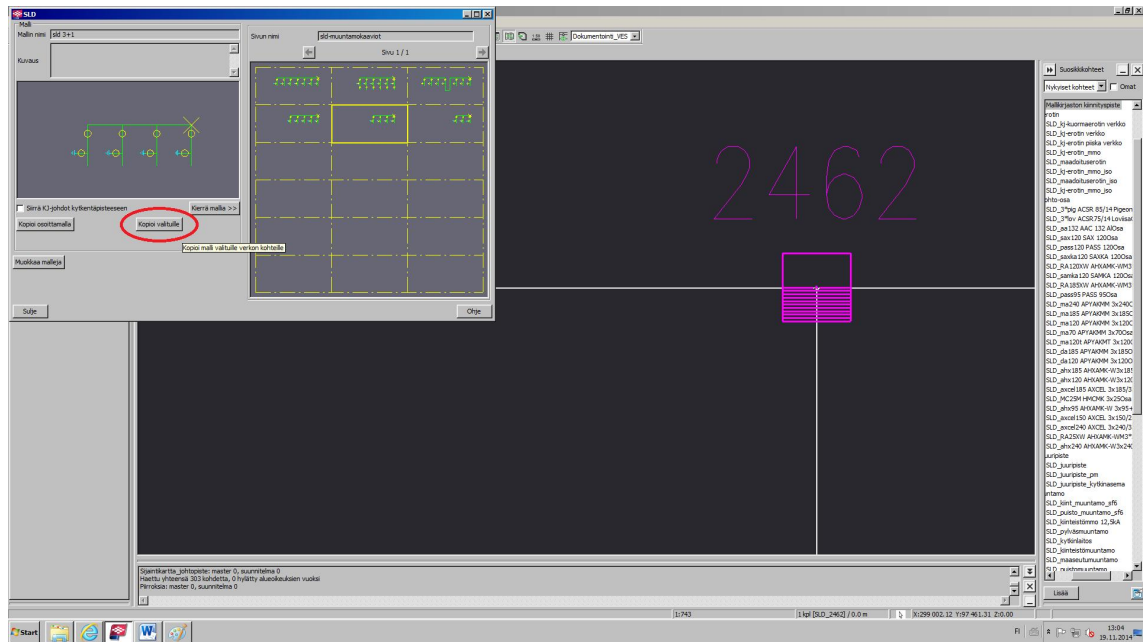
Kaaviota laadittaessa todettiin parhaaksi digitoida aluksi halutut viivamaiset kohteet eli kaapelit ja johdot tiettyyn pisteeseen asti taitepisteiden kanssa. Taitepisteet ovat pisteitä, jotka sijaitsevat kaapelien ja johtojen taitekohdissa ja toimivat tartuntapisteinä mahdollisille haarakohdille tai muuntamoille. Kun verkko oli digitoitu taitepisteineen, voitiin siirtyä muuntamoiden digitointiin ja kaapelilajitietojen kopiointiin.

NIS:ssä luotiin pistemäisiksi kohteiksi kaavion digitointia varten muuntamopiirrosmerkkejä erottelemaan rakenteeltaan erilaiset muuntamot toisistaan (kuva 12, ks. seur. s.). Kyseiset piirrosmerkit olivat käytössä jo vanhassa Sirkanmäki-kaaviossa (ks. kuva 9, s. 19) ja niitä päätettiin soveltaa myös uudessa kaaviossa.



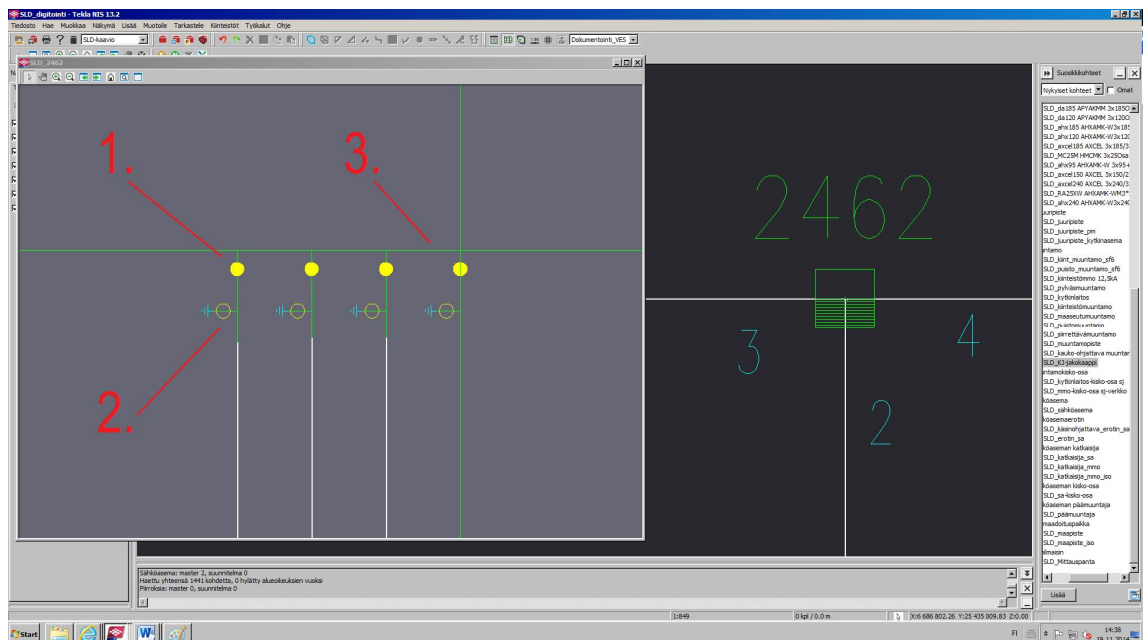
Kuva 12. Käyttökaavion piirrosmerkkien selitykset

Muuntamoiden kaavioon digitoinnin jälkeen muuntamoihin ladattiin SLD-mallikirjastosta muuntamokaavio. Tarkoituksena oli digitoida käyttökaavion muuntamokaavio vastamaan muuntamon todellista rakenteellista sisältöä (kuva 13, ks. seur. s.).



Kuva 13. Muuntamon 2462 ollessa valittuna (värjäänntyneenä violetiksi) voidaan mallikirjastosta (vasemmalla) valita oikeanlainen muuntamokoneisto. Punaisella ympyröity ”kopioi valituille” -painike aloittaa muuntamokaavion kopioinnin valittuun muuntamoon

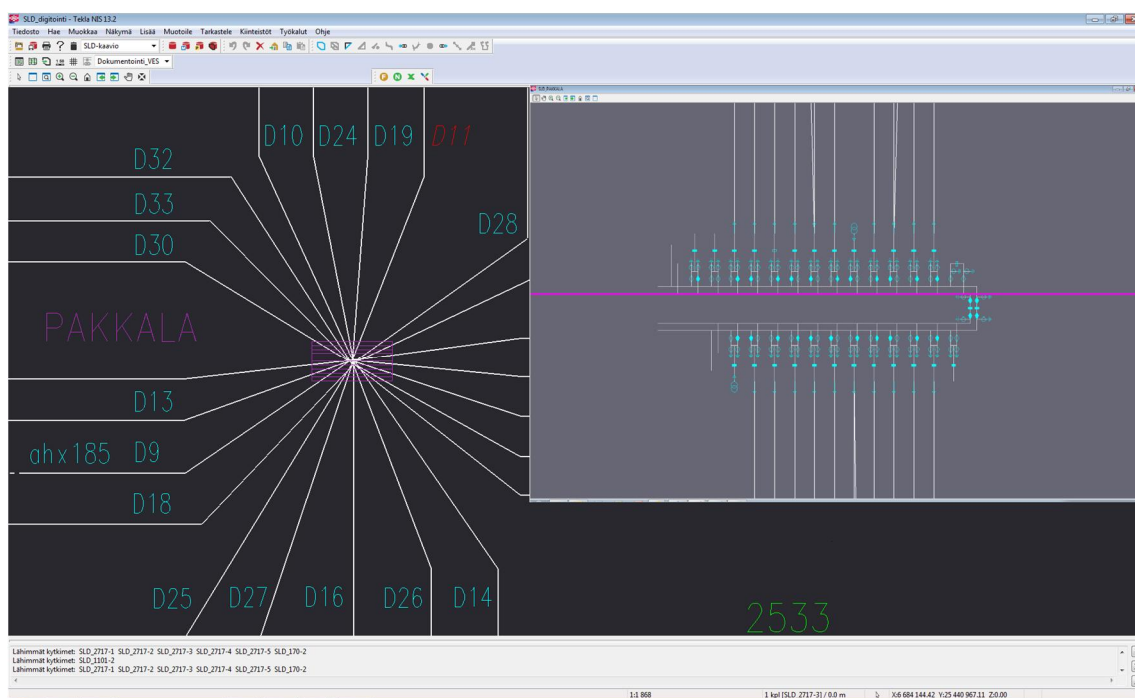
SLD-kaavion muuntamokaavion komponentteihin kuuluvat muuntamon kisko-osa, KJ-erotin ja maadoituskytkin. Muuntajaa ei lisätty muuntamokaavioon, koska se ei olisi antanut mitään käytännön hyötyä kaavion käyttöä ajatellen (kuva 14).



Kuva 14. Käyttökaavion muuntamot sisältävät muuntamokaavioon (vasemmalla) numeroidut komponentit: 1. KJ-erotin, 2. Maadoituskytkin ja 3. Muuntamon kisko-osa

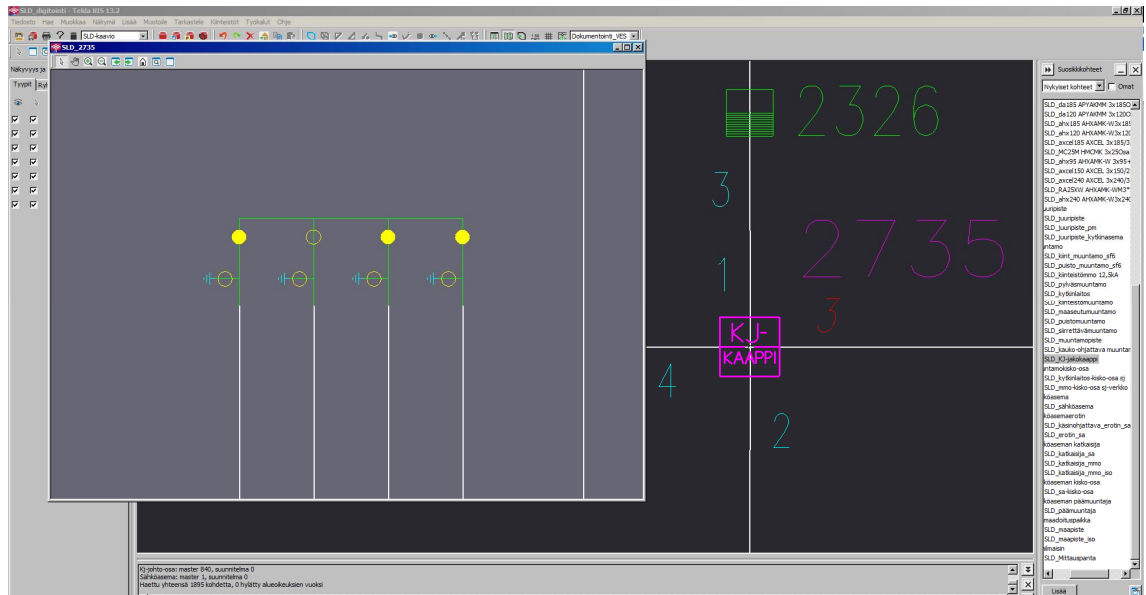
Masterin mukainen muuntamokaavio sisältää kaikki muuntamon komponentit sekä muuntajan. DMS-näkymässä muuntamosta saadaan avattua *masterin* mukainen muuntamokaavio (ks. kuva 23, s. 33).

Sähköasemat digitoitiin käyttökaavioon samalla periaatteella kuin muuntamot. Käyttökaavioon lisättiin sähköasema ja siihen ladattiin SLD-mallikirjastosta kyseisen sähköaseman sähköasemakaavio. Lisätty sähköasemakaavio sisältää kaikki käyttökaavioon toiminnan kannalta olennaiset sähköaseman komponentit (kuva 15).



Kuva 15. Pakkalan sähköasema digitoituna käyttökaavioon ja sen sähköasemakaavio (oikealla)

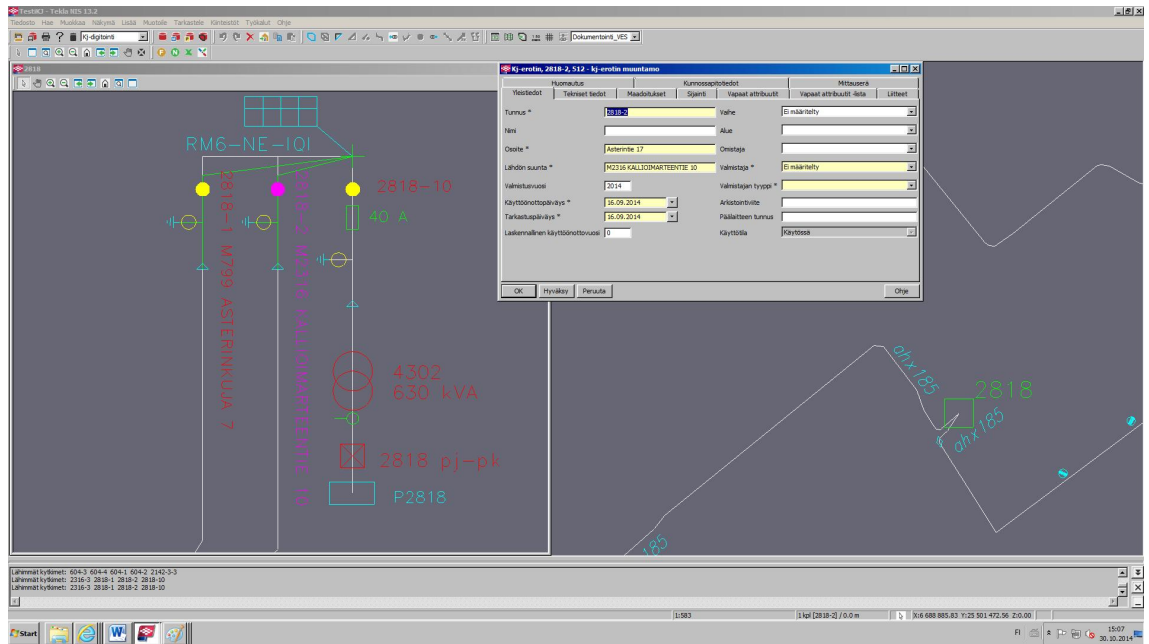
Vantaan keskijänniteverkko sisältää KJ-jakokaappeja, jotka ovat ulkoiselta rakenteeltaan lähes samankaltaisia kuin muuntamot. KJ-jakokaapin erona muuntamoon ovat pienempi rakenne ja se, että jakokaapit eivät sisällä varokekuormaerotinta eli muuntajakenttää, koska jakokaapin tarkoitus on toimia keskijänniteverkon kaapeloituna erotinasemana. KJ-jakokaapit digitoitiin SLD-kaavioon samalla tavalla kuin muuntamot lukuun ottamatta eroa piirrosmerkissä ja siinä, että muuntamokaaviosta puuttuu muuntajalle tarkoitettu kisko-osa (kuva 16, ks. seur. s.).



Kuva 16. KJ-jakokaappi 2735 ja sen kaavioikkuna (vasemmalla)

Muuntamokaavio lisättiin kaikkiin muihin muuntamoihin ja KJ-jakokaappeihin, paitsi pylväsmuuntamoihin, koska pylväsmuuntamot eivät sisällä samanlaista KJ-kojeistoa tai ohjattavia komponentteja kuin puisto- tai kiinteistömuuntamot, jotka voisivat vaikuttaa kaavion topologiavärytykseen. Pylväsmuuntamoiden kojeistoja päätettiin olla lisäämättä kaavioon, koska se ei olisi antanut mitään käytännön hyötyä kaavion käyttöä ajatellen.

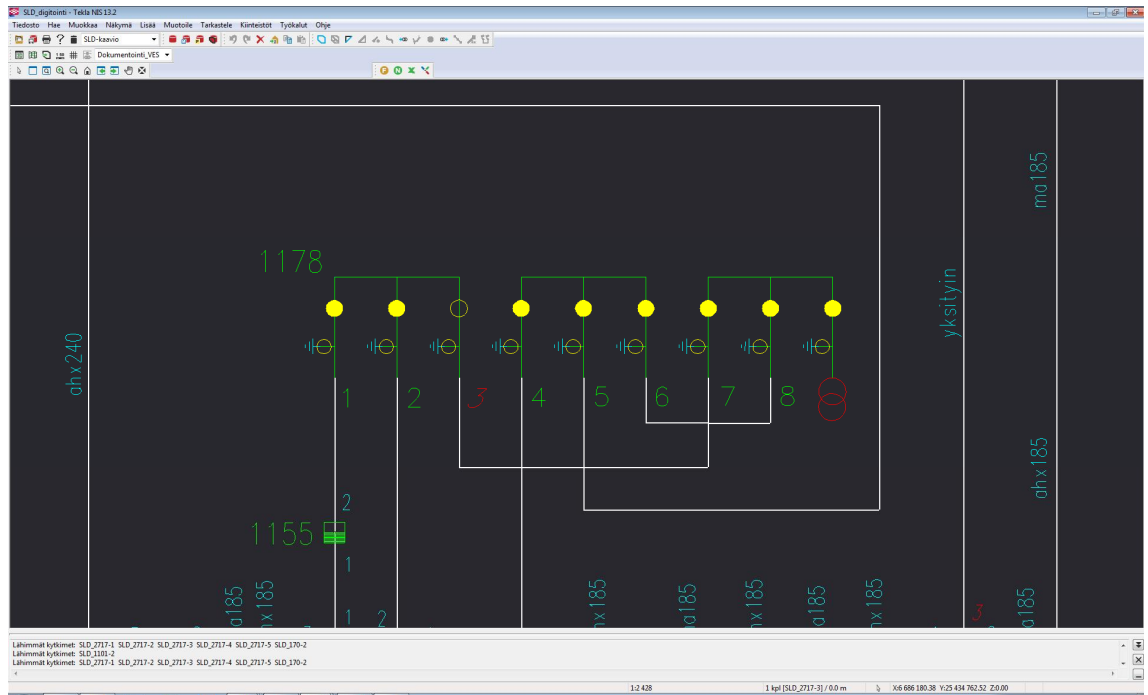
Muuntamoiden, jakokaappien ja sähköasemien digitoinnin jälkeen suoritettiin komponenttien tietojen kopiointi. Kopiointi tapahtui avaamalla NIS:illä toiselle tietokonepäätteelle Vantaan KJ-verkon *master*-näkyvä ja kopioimalla jokaisen muuntamon sekä sähköaseman jokaisen komponentin tila- ja kohdetiedot käyttökaavion digitoituihin kohteisiin (kuva 17, ks. seur. s.).



Kuva 17. Avaamalla muuntamoiden kaavionäkymän *masterissa* (vasemmalla) voidaan muuntamokomponenttien ominaistiedot (oikealla) kopioida käyttökaavioon vastaaviin ominaistietoihin

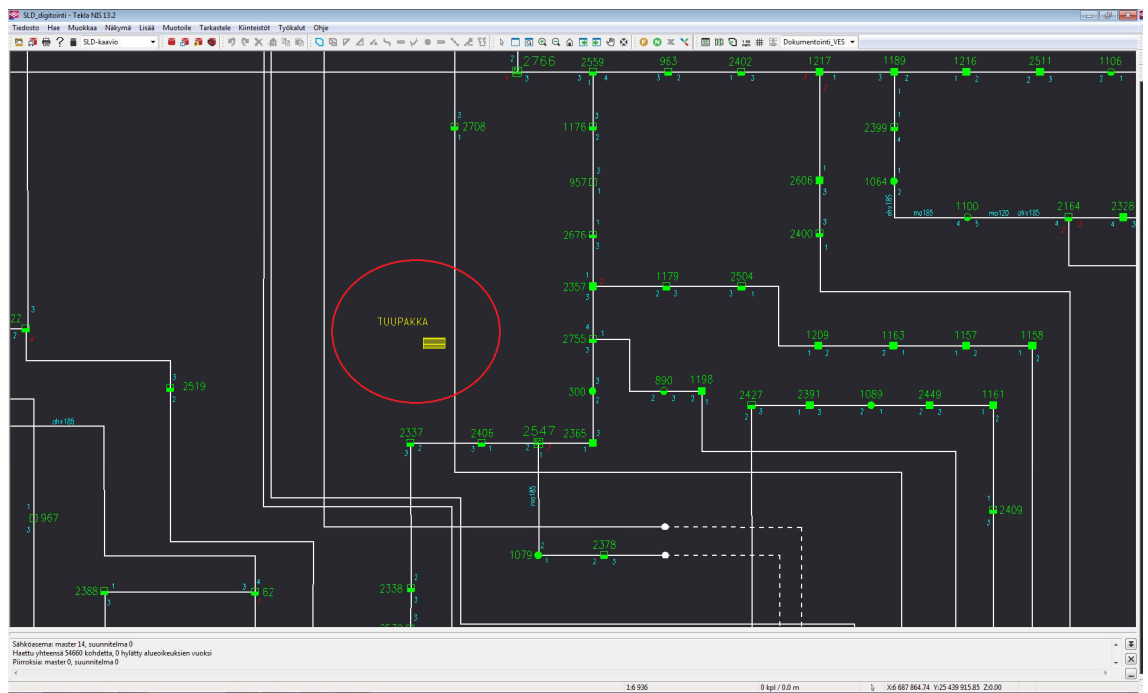
Erona *masterin* ja käyttökaavion komponenttien ominaistiedoissa on kaavion komponenttien tunnuksen alussa oleva kirjainyhdistelmä "SLD_". Kirjainyhdistelmä on suunniteltu erottamaan *masterin* ja käyttökaavion komponentit toisistaan, mikä mahdollistaa komponenttien oikeanlaisen ohjelmallisen toiminnan käyttökaaviota käytettäessä Tekla DMS -käyttöjärjestelmällä.

Vantaan KJ-verkossa on myös muutamia erikoismuuntamoita, jotka ovat rakenteeltaan poikkeavia standardimuuntamoista. Nämä muuntamot on haluttu digitoida kaavioon avonaisina, jotta verkon hallinta olisi helpompaa näiden muuntamoiden osalta (kuva 18, ks. seur. s.).



Kuva 18. Auki piirretty muuntamo 1178

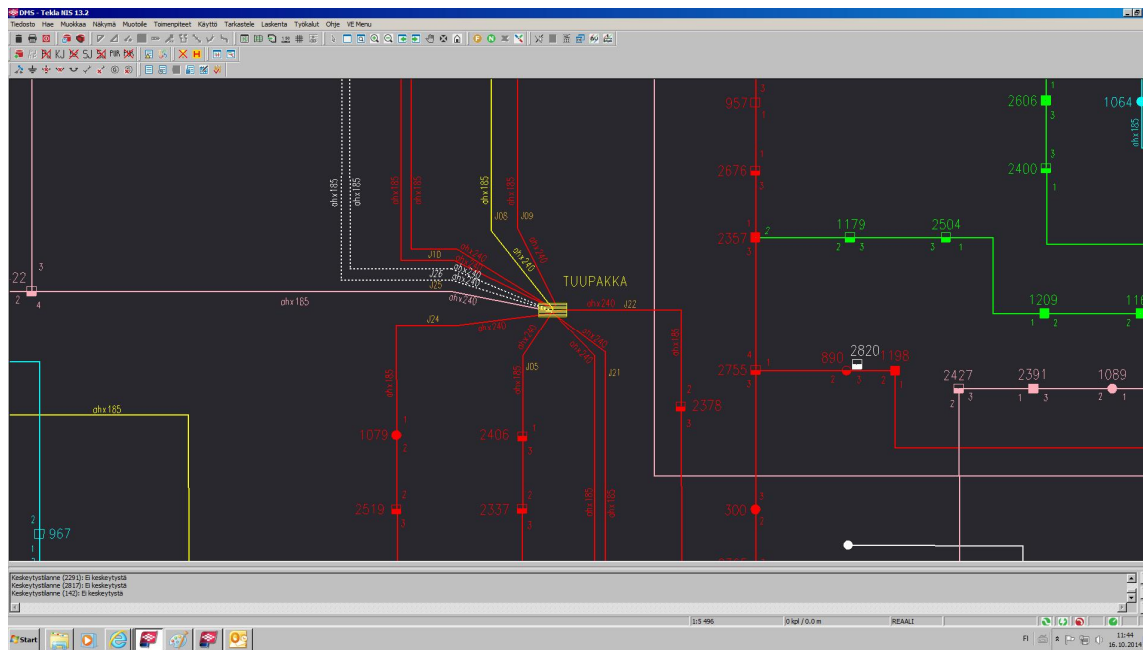
Kaaviota suunnitellessa tuli huomioida rakenteilla olevien sähköasemien ja muunta-
moiden sijainnit. Tällä estetään ongelmien syntyminen myöhempää kaavion digitointia
ajatellen (kuva 19).



Kuva 19. Rakenteilla oleva Tuupakan sähköasema sijoitettuna käyttökaavioon

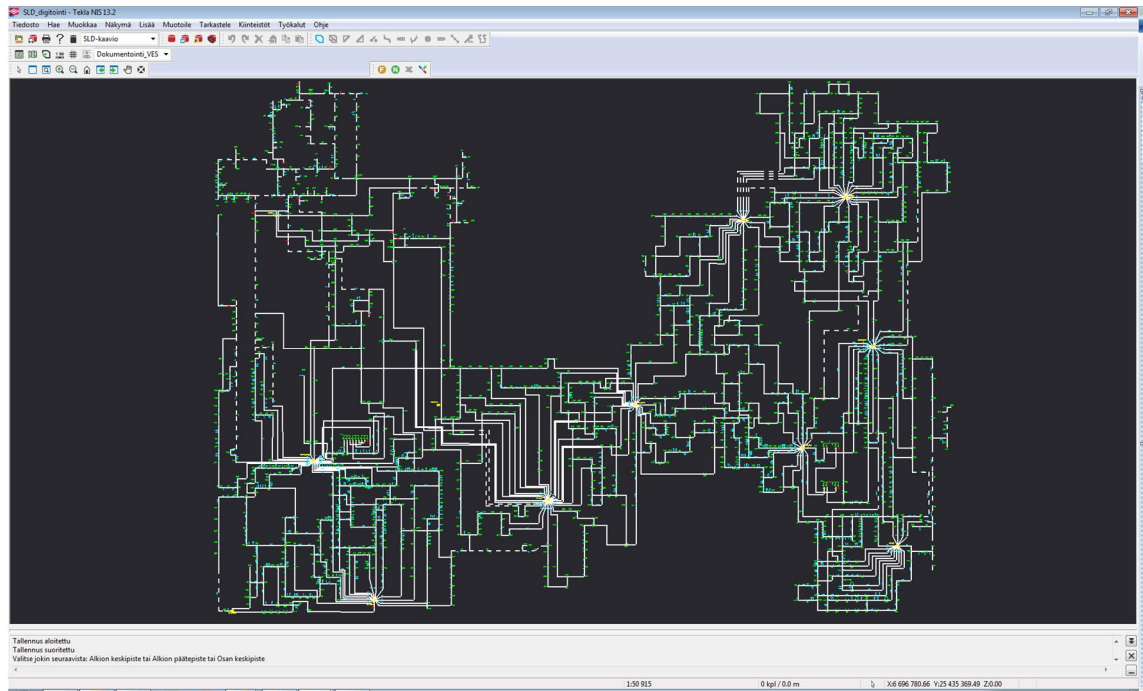
VES:illä oli käytössään laaja sähköverkon verkkokartan suunnitteluun tarkoitettu suunnitelma-tietokanta. Vantaan jakeluverkon suunnittelua varten oli olemassa lukuisia muuntamo- ja sähköasemaprojekteihin liittyviä verkkokartan suunnitelmakuvia, joita voitiin käyttää hyödyksi kaaviota digitoidessa.

Tuupakan sähköaseman käyttöönotto tapahtui käyttökaavion valmistumisen jälkeen. Käyttöönoton jälkeen kaavioon muokattiin Tuupakan sähköaseman johtolähdöt (kuva 20).



Kuva 20. Tuupakan sähköasema digitoituna käyttökaavioon johtolähtöineen

Kaavion laadinta kesti noin kolme kuukautta. VES:n yleissuunnitteluinsinööri ja Tekla NIS -ohjelman pääkäyttäjä Mikko Tella ajoi tarkistamattoman käyttökaavion *masteriin*, jotta sitä voitiin alkaa koekäyttämään ja tarkastelemaan tuotantoympäristössä DMS-näkymässä. Tämä mahdollisti myös alustavien tarkistusten tekemisen ja kaavion hio-misen tuotantoympäristöön sopivaksi ennen varsinaista tarkistamista ja kaavioon testi-käyttöön ottamista. Kaavion rakennetta muokattiin, minkä jälkeen voitiin aloittaa kaavi-on tarkistaminen (kuva 21, ks. seur. s.). [9.]



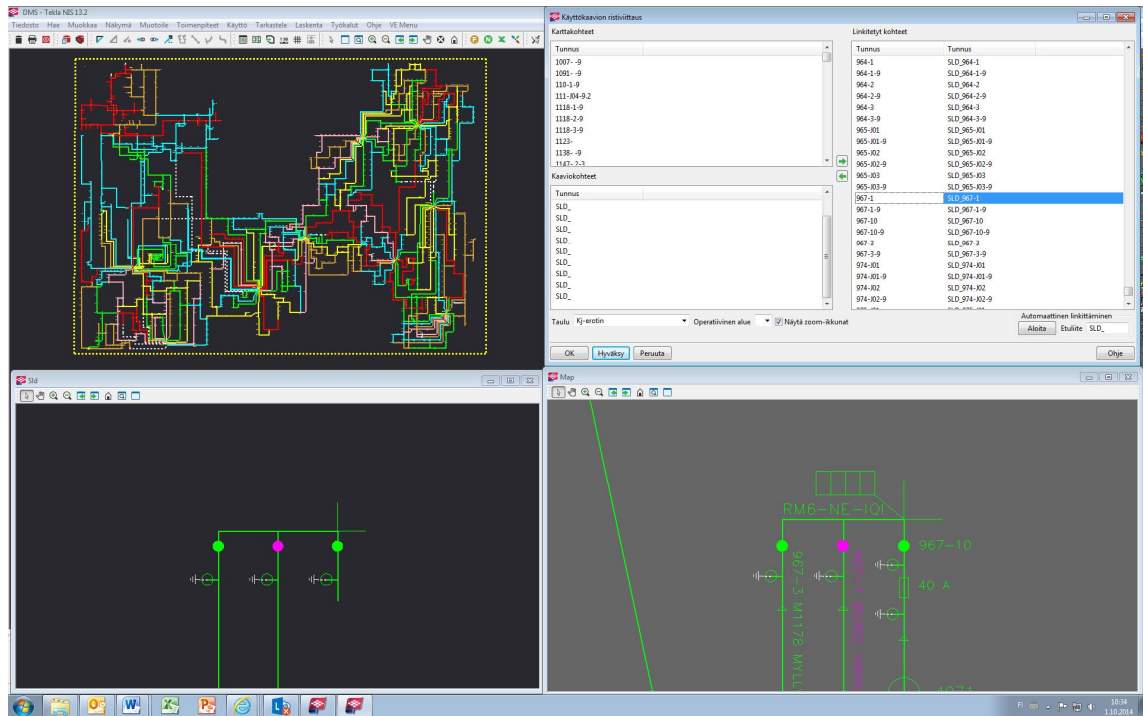
Kuva 21. SLD-käyttökaavio laadinnan jälkeen

7.4 Käyttökaavion tarkistus

Tarkistaminen aloitettiin aluksi silmämääräisellä tarkistamisella, joka kattoi koko kaavion johtotietojen ja muuntamoiden osalta. Käyttökaavio linkitettiin *masteriin* komponentteineen, jonka jälkeen voidaan aloittaa kaavion tarkistaminen käyttökaavion tarkistusohjeen mukaisesti (ks. liite 2).

Tarkistusohje ohjeistaa tarkistamaan kaavion komponenttien, kaapelilajien ja kaavioon sijoitettujen komponenttien oikeellisuuden. Komponenttien tulee olla oikein sijoitettuna ja muuntamoiden olla digitoitu oikeassa järjestyksessä, jotta se ei eroa *masterin* verkkokartasta. Kaavion täsmällinen vastaavuus verkkokartan komponenttien ja tietojen kanssa mahdollistaa kaavion oikein synkronoitumisen verkkokartan kanssa tehtäessä DMS-järjestelmän ristiviittaukset.

Kaavion linkitetyt kohteet tarkistettiin käyttäen DMS:n ristiviittaustoimintoa, jonka avulla pystytään tarkistamaan komponenttien oikea linkittyminen toisiinsa. Tämä mahdollistaa kaavion oikean toiminnan (kuva 22, ks. seur. s.).



Kuva 22. Käyttökaavion linkityksen tarkistaminen käyttäen Tekla DMS -ohjelman käyttökaavion ristiviittaus toimintaa

Kun kyseessä on näin suuren kaavion laadinta, ei virheiltä voida välttyä, etenkin kun verkkokartta elää jatkuvasti. Tarkistusta suoritti yhteensä kolme VES:n työntekijää.

Verkkokartan ja käyttökaavion välisiä virheitä ja poikkeavuuksia ristiviittauksissa korjattiin järjestelmällisesti, kun niitä ilmeni. Tarkistusten ohessa huomattiin muun muassa puuttuvia johdin- ja erotintunnuksia, niiden vääriä sijoituksia ja puuttuvia komponentteja.

Havaittuja virheitä korjattiin NIS:n puolella käyttökaaviosuunnitelmaan, minkä jälkeen kaavio ajettiin uudelleen *masteriin*. Tämä *masteriin* ajo suoritettiin aina virheiden korjaamisen myötä. Suuren kaavion takia havaittuja virheitä ja ongelmakohtia oli paljon. Havaitut puutteet tuli korjata järjestelmällisesti ja ajoissa, ennen kuin niiden korjaaminen olisi ollut vaikeaa.

8 Käyttökaavion ongelmakohdat ja käyttöönoton haasteet

Käyttökaavion *masteriin* linkittämisen jälkeen tuli vastaan ongelmakohtia, jotka vaativat korjausta ja parantelua. Ongelmakohdat pyrittiin ratkaisemaan heti niiden ilmetyä, jotta niistä ei aiheutuisi suuria viivästyksiä kaavion tuotantoon saamiselle. Havaitut ongelmat liittyivät Tekla NIS -ohjelman ohjelmoituihin ominaisuuksiin.

8.1 Käyttökaavion sähköasemien päämuuntajien topologiaväritys

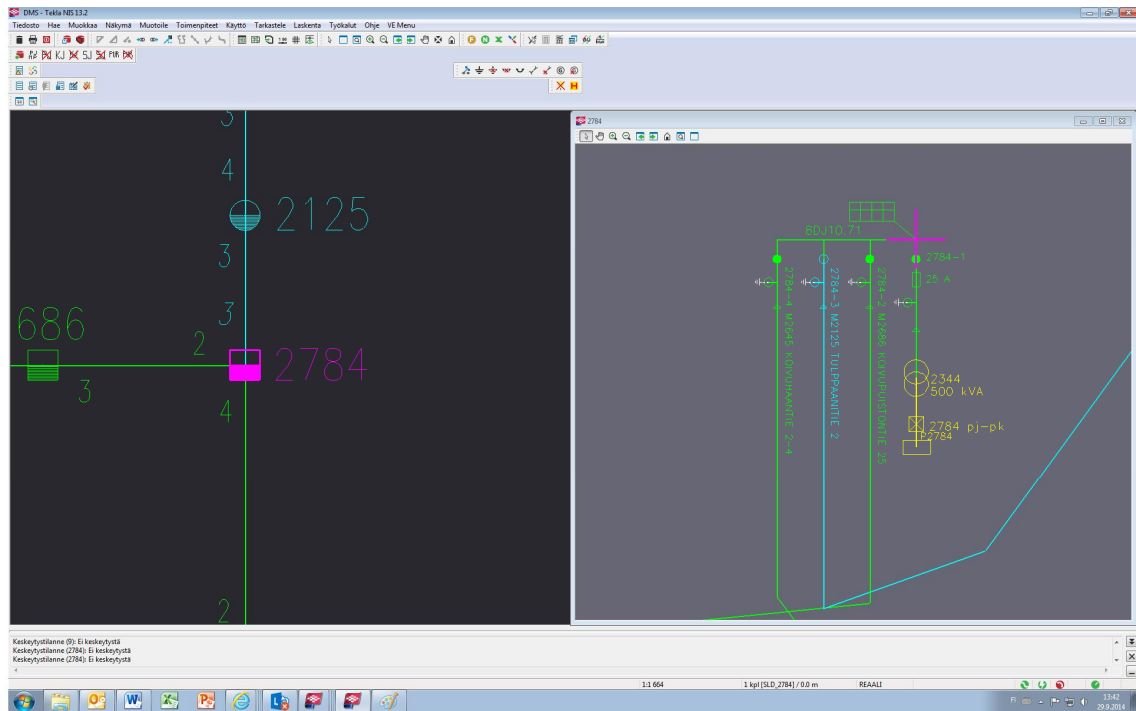
Kun käyttökaaviota laadittiin, oltiin jo tietoisia sähköasemien päämuuntajien topologiaväritystä koskevasta ongelmasta. Lentokenttäalueen verkon topologiaa haluttiin tutkia sähköasemien päämuuntajien mukaan. On kuitenkin käynyt ilmi, että Tekla DMS -ohjelma linkittää päämuuntajille tulevat 110 kV:n suurjänniteverkon ja 20 kV:n keskijänniteverkon yhteen jokaisella sähköasemalla. Tämä aiheuttaa käyttökaavion sähköasemien päämuuntajien mukaan erotellun topologianäkymän värjäytymisen tuplavärityksenä. Tuplaväritys kertoo, mikäli jossakin johdossa on kaksi sähkösyöttöä, jotka tässä tapauksessa ovat suur- ja keskijännitepuolen syötöt. Ongelma on kuitenkin ohjelmallinen, eräänlainen DMS:n ”ominaisuus”, josta on raportoitu Tekla Oy:lle.

8.2 Käyttökaavion muuntamoiden erotintunnusten merkintä

Toinen ongelma koski muuntamoiden erotintunnusten merkintätapaa. Tarkoituksena oli merkitä käyttökaavioon muuntamoiden lähtöjen erotintunnukset johtolähdön rinnalle, jotta verkkonäkymässä pystytään suoraan erottamaan muuntamon lähtöjen erottimet. Tekla NIS -ohjelman ominaisuutena oli kuitenkin ominaisuustietojen täyttövaikeus. Pelkkää erottimen tunnusnumeroa ei saatu sijoitettua ja näkymään sille tarkoitettussa ominaisuusikkunan sijoituspaikassa. Mikäli tunnuksen numero kirjattiin sille tarkoitettuun paikkaan, se näytti kyseisen erottimen tunnuksen kokonaisuudessaan. Esimerkiksi muuntamon 2784 erottimen numero 3 haluttu näkyvä tunnus tuli olla merkittynä numerolla 3, mutta ohjelmisto näytti sen muodossa 2784-3.

Muuntamon komponenttien ominaistietoja täyttäessä erotintunnus tuli sijoittaa kohtaan ”Osoite”, joka tarkoitti muuntamon osoitteellista sijaintia kartalla. Kyseisellä toiminnolla saatiin kuitenkin erotintunnus näkymään vain sen numeerisen tunnuksen osalta.

Mikäli DMS-näkymässä käyttökaaviosta halutaan saada jonkin muuntamon tarkkoja tietoja, voidaan muuntamon kaavionäkymä avata. Ohjelma avaa näin ollen *masterin* mukaisen muuntamokaavion, jossa näkyvät kaikki muuntamon komponentit tunnuksiin (kuva 23). [10.]



Kuva 23. Käyttökaaviossa oli tarkoitus saada muuntamoiden erotintunnukset näkymään vasemmalla olevan kaavionäkymän muuntamon 2784 lähtöjen 2, 3 ja 4 tavoin. Oikealla on avattuna *masterin* mukainen kaavionäkymä kyseisestä muuntamosta

8.3 Käyttökaavion linkitetyt komponentit

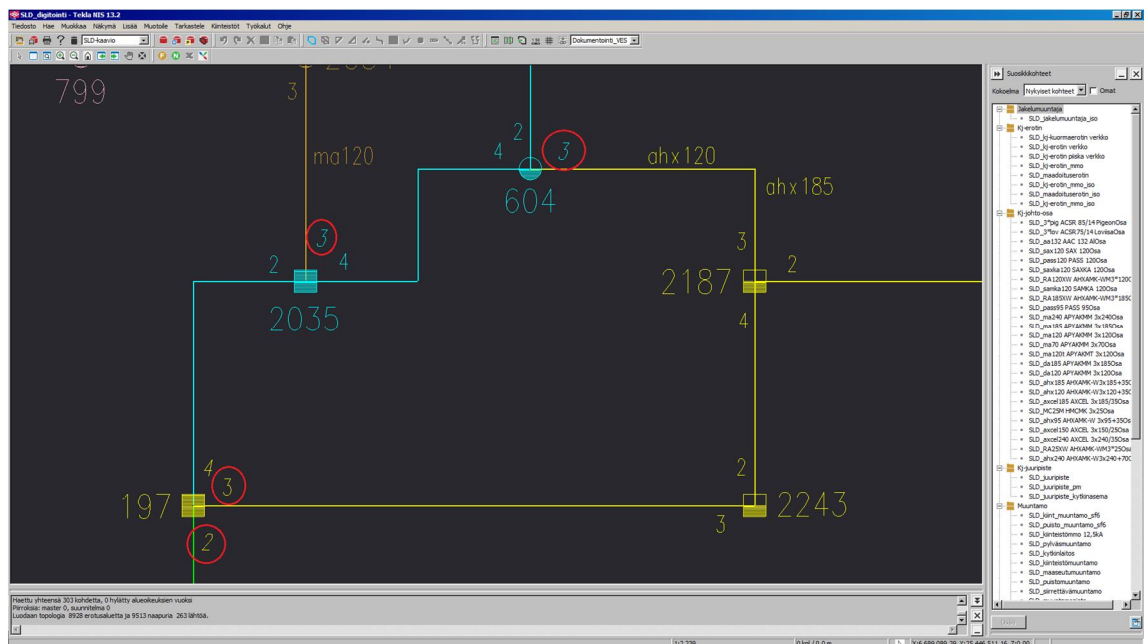
Kolmas ongelma huomattiin tarkasteltaessa käyttökaavion *masteriin* linkitettyjä komponentteja. Ongelmana oli joidenkin KJ-erottimien ja maadoituskytkimien tunnuksien samankaltaisuus nimen osalta *masterissa*.

Tämän vuoksi käyttökaavion yksi komponentti saattoi linkittyä *masterissa* kahteen tai jopa kolmeen eri komponenttiin. Tämä luo ongelman ajatellen verkonhallintaa, missä yhden komponentin tilan muuttaminen ohjaakin sellaista komponenttia minkä tilaa ei haluta muuttaa.

Ongelma saatiin korjattua lisäämällä samannimisten komponenttien tunnuksien ominaistietoihin välimerkkejä. KJ-erottimiin, joiden tunnus oli esimerkiksi "SLD_1242-", tuli lisätä välimerkkejä siten, että korjauksen jälkeen tunnus olisi "SLD_1242--" tai "SLD_1242- -". Maadoituskytkimissä kyseinen tunnusten toisistaan erotus tehtiin muuttamalla esimerkiksi tunnus "SLD_1185-9" tunnukseksi "SLD_1185--9" tai "SLD_1185- -9". Tarkoituksena oli niin sanotusti "huijata" tietokonetta erottamalla eri komponentit ylimääräisillä välimerkeillä, jotta linkitystä tehtäessä komponentit erottuvat toisistaan. Ongelmallisia tunnuksia oli yhteensä 126 kappaletta.

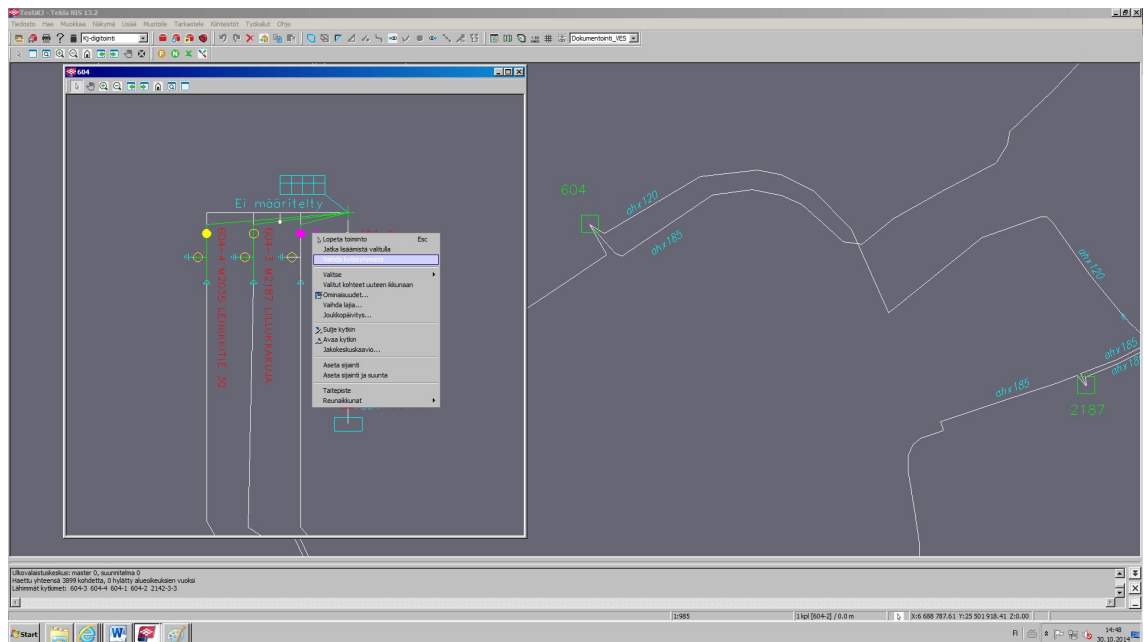
8.4 Käyttökaavion muuntamoiden erotintunnuksen topologiaväritys

Neljäs ongelma syntyi muuntamoiden erotintunnuksien topologiavärityksen kanssa, kun kaavio oli DMS-näkymässä. Kävi ilmi, että jokaisen muuntamon muuntamokaavion KJ-lähdön KJ-erottimen kytkeytyminen oli *masterissa* väärin päin. Tämä aiheutti erotintunnuksien väärin värjäytymisen topologiavärityksessä, koska erotintunnus sai värisä muuntamosta, johon kyseinen johto on kytketty (kuva 24).



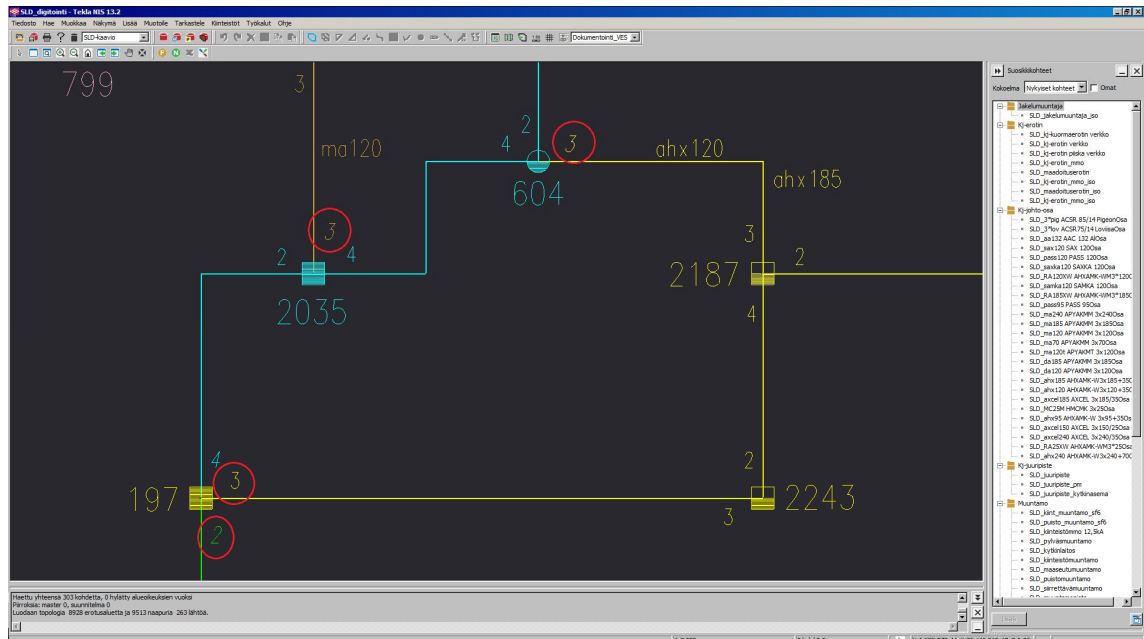
Kuva 24. Erotintunnuksien värjäytyminen väärin topologiassa

Tarkoituksena oli saada erotintunnuksen väri yhteneväksi kyseisen johtolähdön tulo-suunnan mukaan määritellyn topologiavärin kanssa. Ratkaisu löydettiin kääntämällä KJ-erottimien kytkeytymispiste muuntamon kisko-osasta johtolähdön suuntaan. KJ-erottimien ohjelmallinen kytkeytyminen tuli kääntää NIS:ssä valitsemalla KJ-erotin ja käyttää ohjelman ”Vaihda kytkeytymistä” -toimintoa (kuva 25).



Kuva 25. KJ-erottimen kytkeytymisen vaihtaminen

Kytkeytymisen vaihtamisen jälkeen topologiaväritys saatiin toimimaan muuntamon erotintunnuksissa halutulla tavalla. Erotintunnuksien värjäytyminen oikein topologiassa on tärkeää, jotta verkkonkäytöstä vastaavat henkilöt saavat käyttökaaviosta mahdollisimman hyvin selville sähköverkon jakorajat (kuva 26, ks. seur. s.).



Kuva 26. Erotintunnusten värjäytyminen oikein topologiassa

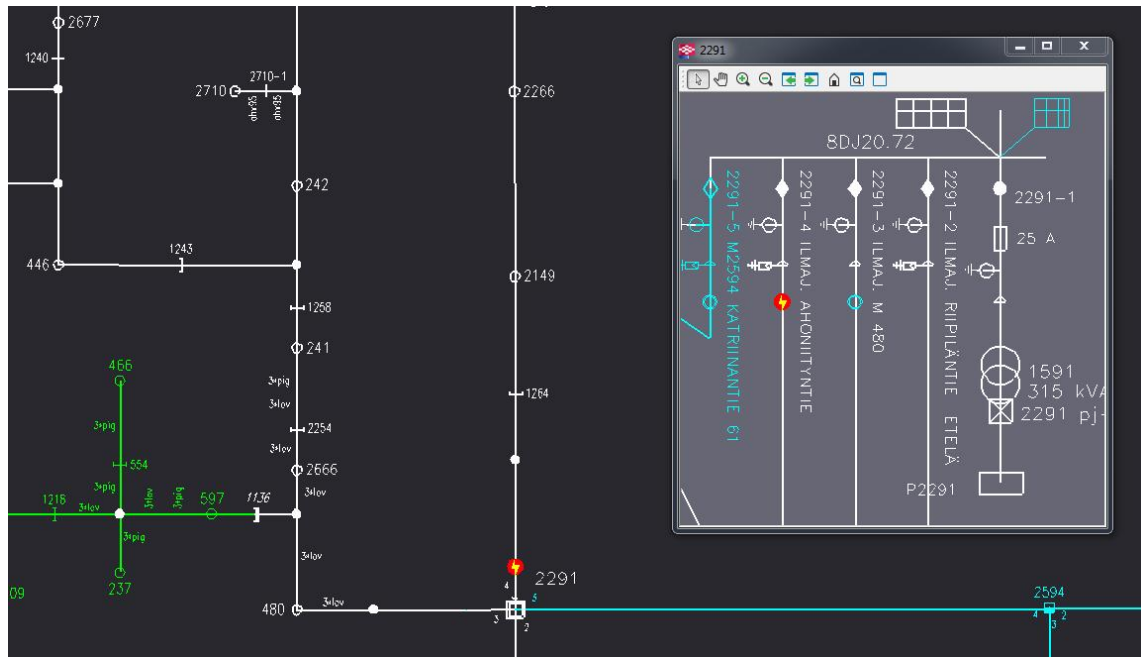
9 Käyttökaavion käyttöönotto

Laadinnan jälkeen käyttökaavio ajettiin tarkistamattomana *masteriin* tuotantoympäristönsä. DMS-näkymä laajentui näin ollen Helsinki-Vantaan lentokenttäalueen kaavionäkymästä koko Vantaan kattavaksi KJ-verkon käyttökaavionäkymäksi.

9.1 Käyttökaavion testikäyttö

Alustavan tarkistamisen ja *masteriin* ajamisen jälkeen käyttökaaviota oli käytetty kytkentäsuunnittelijoiden toimesta testikäytössä kytkentäsuunnitelmia laadittaessa. Testikäytön hyviä puolia on, että havaittuja virheitä sekä käyttöönottamisesta tulleita ongelmakohtia on pystytty korjaamaan käytännössä.

Testikäytön aikana kaavioon lisättiin myös vikaindikaattorit muuntamoiden vikatilanteiden seuraamista varten. Vikaindikaattoreiden tehtävä on näyttää käyttökaavionäkymässä selkeästi havahtunut vikaindikaattori eli tapauksissa, joissa sähköverkon vika on ilmeinen (kuva 27, ks. seur. s.).



Kuva 27. Vikaindikaattori ollessa kytkeytyneenä DMS-näkymässä, vikaindikaattori ilmoittaa punaisella pisteellä vian suunnan. Valkoinen topologiaväri kertoo sen verkon osan, missä sähköä ei kulje

Vikaindikointi kaaviossa on nykyään käytössä vain kauko-ohjatuissa muuntamoissa. Vikaindikointi on suoritettu muissa muuntamoissa manuaalisesti toimivilla vikaindikaattoreilla.

Kaavio todettiin toimivaksi testikäytössä. Käyttökaavio oli testikäytössä korjausten ja tarkistamisen ajan. Lopullisten tarkistusten jälkeen huolehdittiin kaavion kanssa työskentelevien ihmisten perehdyttämisestä kaavion käyttöön, digitointiin, muokkaamiseen ja muihin siihen liittyviin asioihin (ks. liite 1). [10.]

9.2 Käyttökaavion käyttöönotto tuotantoon

Kaavion käyttöönotto tuotannossa tapahtuu antamalla se vuoromestarien käyttöön VES:n käyttökeskuksessa. Tämän jälkeen vanha kaavio otetaan pois käytöstä ja uusi SLD-kaavio siirretään pysyvästi DMS -käyttöjärjestelmän päänäkymäksi Vantaan KJ-verkon hallintaa varten.

Ohjelmallisen käyttöönoton lisäksi kaavio tulostetaan käyttökeskuksen seinälle isona paperikopiona. Tähän kopioon voidaan erottimien tilatiedot merkitä erivärisillä nuppineuloilla. Kopion tarkoitus on turvata verkkotilanteen hallinta käyttökeskuksessa suuren vikatilanteen sattuessa, jos kaikki tietotekniikka pettäisi. [10.]

9.3 Käyttökaavion dokumentointi tulevaisuudessa

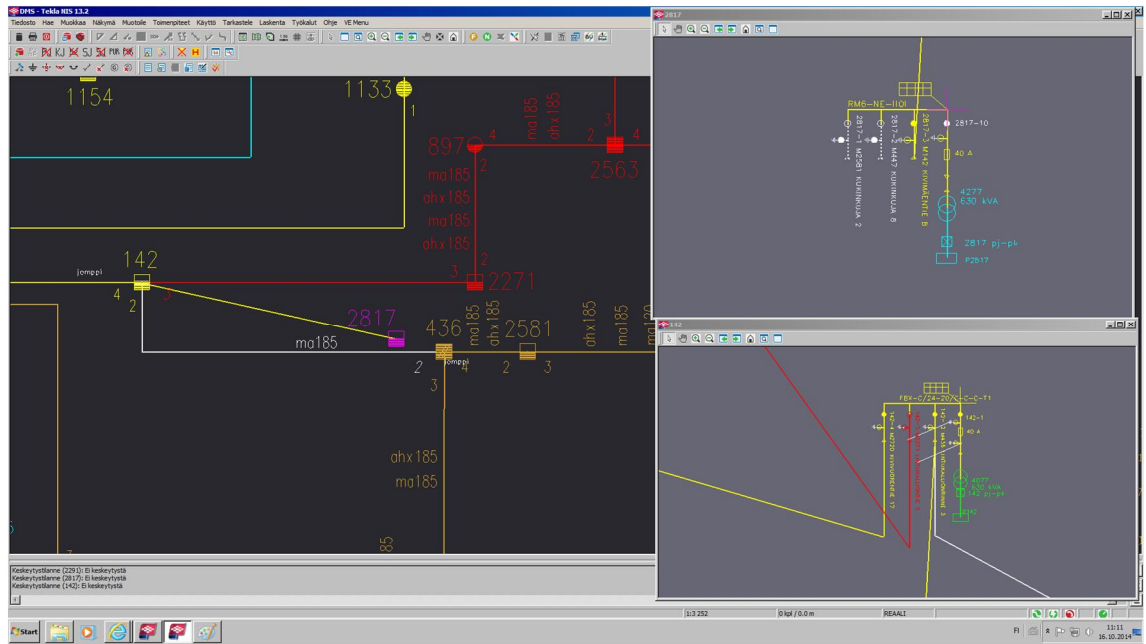
Käyttökaavion dokumentointi tulevaisuudessa on hieman haasteellisempaa kuin ennen kaavion käyttöä. Käyttökaavion ollessa reaali-tilassa *masteriin* linkitettyinä se luo tilanteen, että esimerkiksi uutta muuntamoa ei voi saman tien digitoida komponentteineen NIS:iin. Reaali-tilassa käyttökaavio on osana käyttöprosessia ja vääränlainen digitointi saa aikaan vikahälytyksiä käyttökeskuksessa.

VES:llä luotiin yhteiset ohjeet ja pelisäännöt uusien muuntamoiden ja muiden verkkokomponenttien digitoinnista uusiin muuntamoihin, kun käyttökaavio oli tuotannossa. (ks. liite 1). Uutta muuntamoa rakennettaessa urakoitsijalta saadaan väliloppukuvat uudesta muuntamosta.

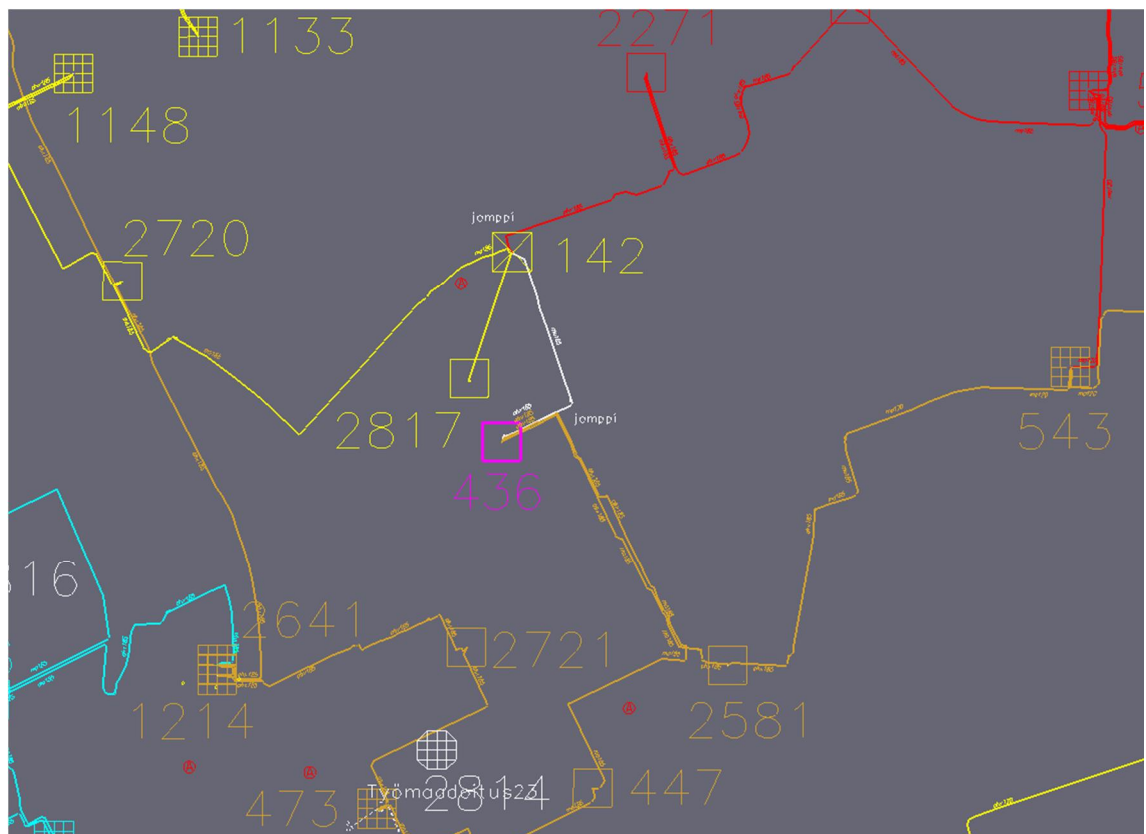
Tämän jälkeen VES:in verkon dokumentointi vie uuden muuntamon kaavion, erottimet ja lähtöjen suunnat NIS:n *masteriin* sekä käyttökaavioon. Tämä kaavio jätetään roikkumaan verkkokarttaan ja käyttökaavioon ilman johtoja lähes samalle paikalle, mihin se tulee varsinaisen käyttöönoton jälkeen.

Tässä vaiheessa tulee tehdä DMS:n ristiviittaukset käyttökaavion ja verkkokartan puolelle, joten kytkennän suunnitteluvaiheessa olevien väliaikaisten komponenttien pitäisi toimia myös käyttökaavion puolella. Jos verkkokarttaan on suunniteltu väliaikainen muuntamon komponentti, niin se toimii myös käyttökaavion puolella ristiviittauksien ollessa kunnossa.

Käytönsuunnittelijat päättävät, haluavatko he pitää väliaikaisia komponentteja kiinni jompeilla, vai digitoidaanko muuntamo suoraan oikeisiin johtoihin verkkokartassa ja käyttökaaviossa (kuva 28 ja 29, ks. seur. s.). Tämän jälkeen käytönsuunnittelijat ilmoittavat päätöksestään verkon dokumentointiin.



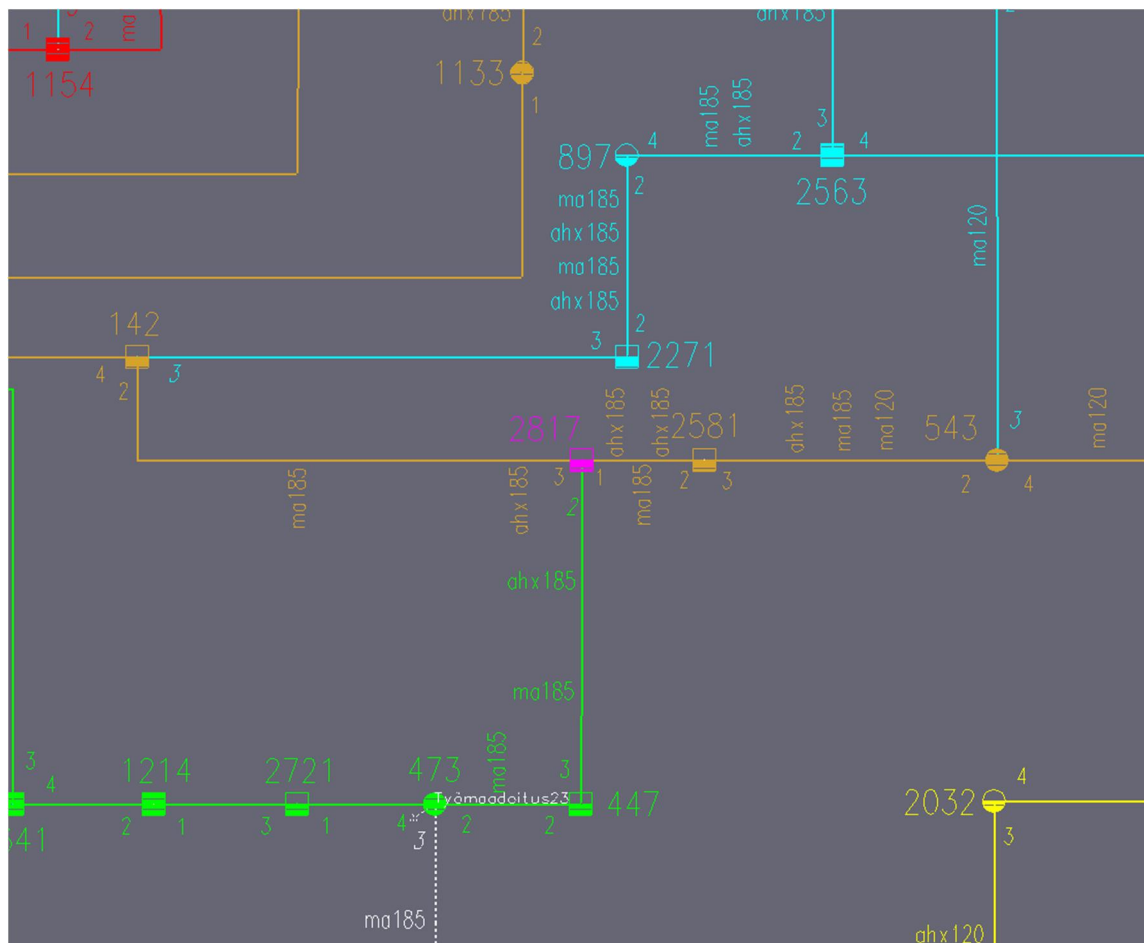
Kuva 28. Rakenteilla oleva uusi muuntamo 2817 digitoituna kaavioon jomppien kanssa



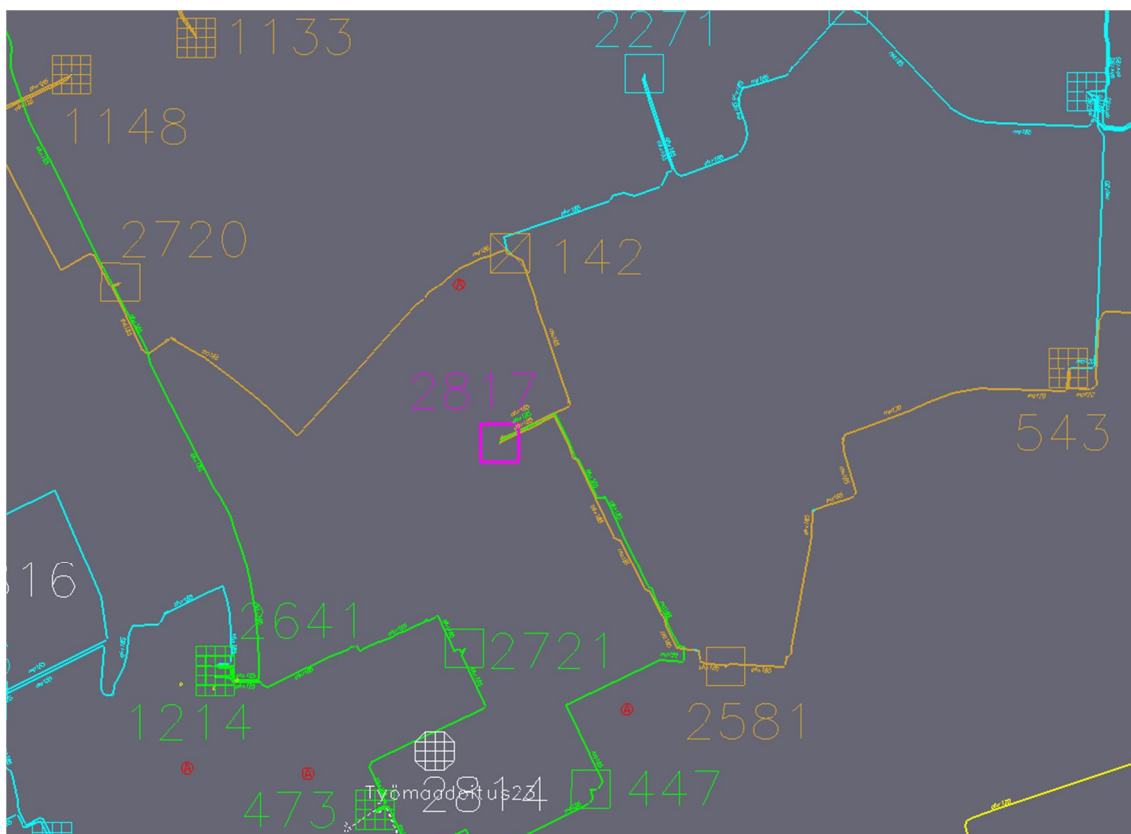
Kuva 29. Rakenteilla oleva uusi muuntamo 2817 digitoituna *masteriin* jomppien kanssa

Käytönsuunnittelijat suunnittelevat muuntamon käyttöönoton väliaikaisilla komponenteilla verkkokarttaan ja käyttökaavioon askeleittain. Samaan aikaan muuntamoa rakennetaan käyttöönotettavaksi maastossa.

Maastossa tehtävät asennukset ja kaapelien vetämiset voidaan suorittaa loppuun muuntamon verkkoon kytkentää lukuun ottamatta. Kun koko muuntamohanke on käyttöönotettu maastossa ja verkkokartalla, digitoidaan käyttökaavio samanaikaisesti lopulliseen muotoonsa kaapeleineen ja turhat jompit voidaan poistaa verkkokartasta ja käyttökaaviosta (kuva 30 ja 31, ks. seur. s.).



Kuva 30. Uusi muuntamo 2817 käyttökaaviossa lopullisesti digitoituna



Kuva 31. Uusi muuntamo 2817 *masterissa* lopullisesti digitoituna

Vanhassa Sirkanmäki-käyttökaaviossa (ks. kuva 9, s. 19) muuntamoiden digitointiprosessi oli suoritettu niin, että verkkokartan puolelle digitointi on suoritettu samalla tavalla kuin uudessa käyttökaaviossa, mutta Sirkanmäki-käyttökaavion puolelle uusi muuntamo digitointiin vasta, kun muuntamo oli otettu käyttöön maastossa ja digitoitu lopulliseen muotoonsa verkkokartassa. Tämän vuoksi vanha käyttökaavio on elänyt verkkokartan suhteen aina askeleen jäljessä käyttöprosessissa. [10.]

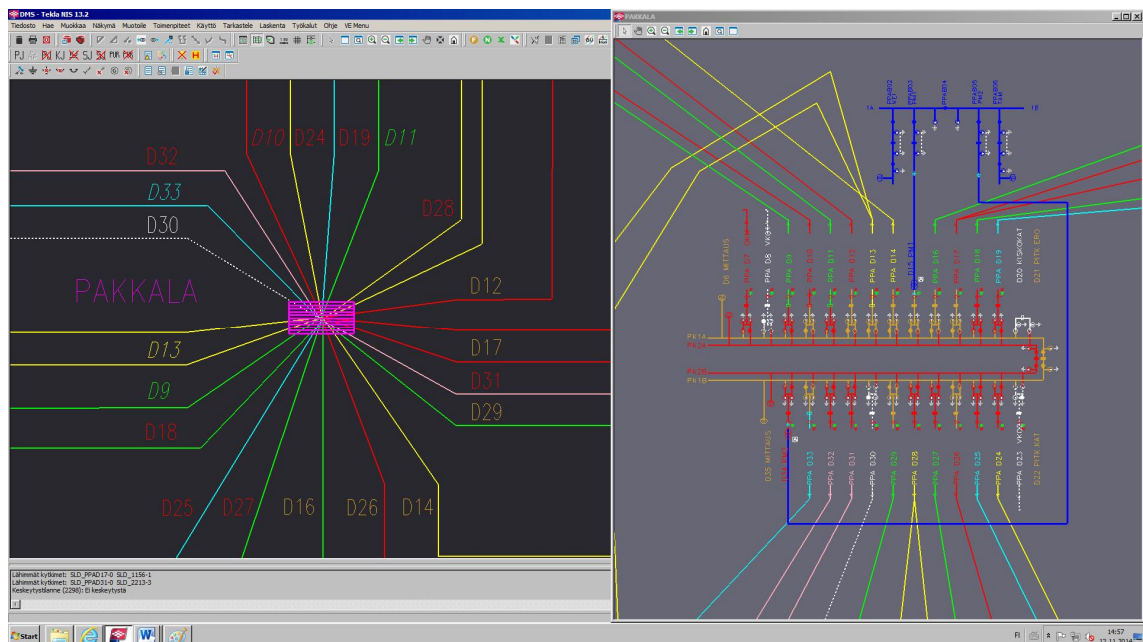
9.4 Käyttökaavion luomat edut

Käyttökaavion perustana oli saada sen laadinnalla mahdollisimman paljon käytännön hyötyä VES:n verkon käyttö- ja suunnittelutoimintaan. Keskijänniteverkkojen suunnitteluun käyttökaavio luo monia etuja.

Sähköverkon muuttuessa ja uutta rakentaessa tulee huolehtia verkon riittävästä varayheyksistä ja verkkomuodon säilymisestä. Kaavioesitys on tähän hyvä työkalu, koska kaaviossa hahmotetaan yleisesti verkon alueelliset tarpeet.

Verkonkäytön kannalta, käyttökaavio helpottaa radikaalisti kytkentäsuunnitelmien tekemistä pienemmällä virhemarginaalilla kaavion helppolukuisuuden ansiosta. Kytkentäsuunnitelmien tekemisen helpottuminen taas edistää virheiden vähenemistä verkon käyttö- ja suunnittelutoiminnassa. Vikatilanteissa verkon tilan hahmottaminen on parempaa, minkä lisäksi varasyötön löytäminen on helpompaa selkeän ja suoraviivaisen käyttökaavion ansiosta.

Uusi käyttökaavio auttaa käyttöpuolen suunnittelua yleissuunnittelun mittakaavassa paremmin ja sujuvammin kuin vanha Sirkanmäki-kaavio (ks. kuva 9, s. 19). Käyttöpuolen toimintaa käyttökaavio helpottaa esimerkiksi selkeyttämällä sähköasemien johtolähtöjen erotintunnuksien lukemista (kuva 32).

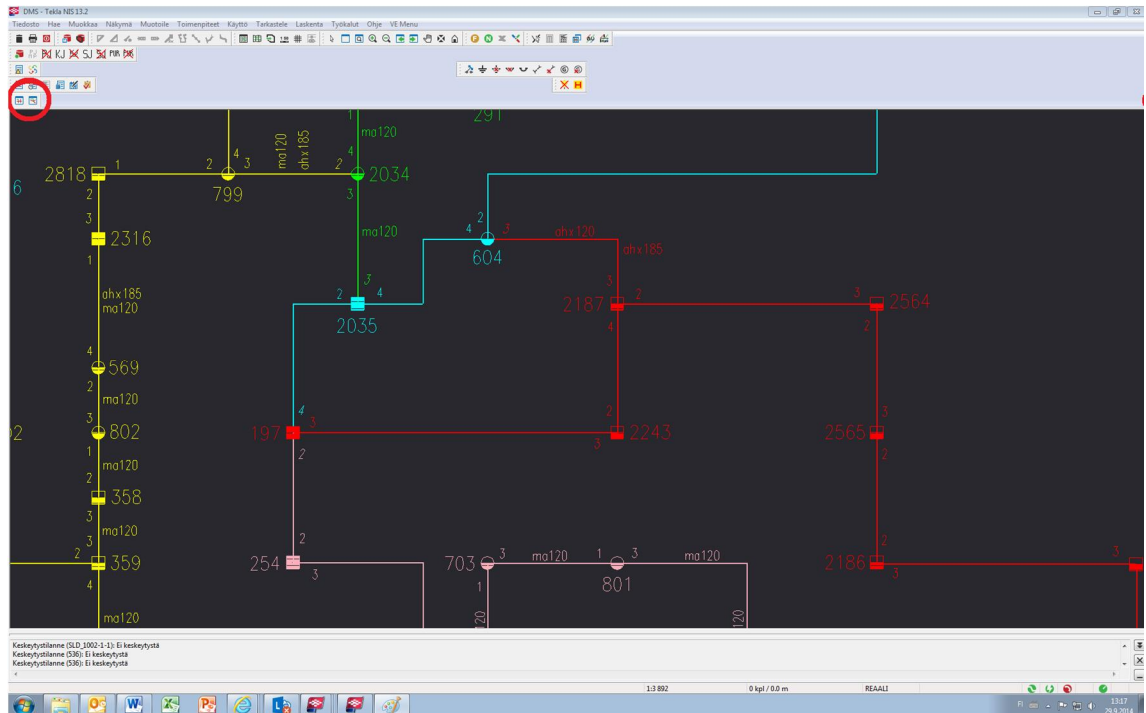


Kuva 32. Pakkalan sähköaseman johtolähdöt ja erotintunnukset. Ruskeiden tunnuksien alla olevat johtolähdöt on kytketty päämuuntajaan 1 ja punaisten tunnuksien alla olevat johtolähdöt on kytketty päämuuntajaan 2. Siniset, vihreät ja valkoiset johtolähtöjen tunnukset kertovat siitä, että johtolähdön katkaisija ja erotin ovat auki eli lähtö on kytketty irti sähköaseman päämuuntajan kisko-osasta

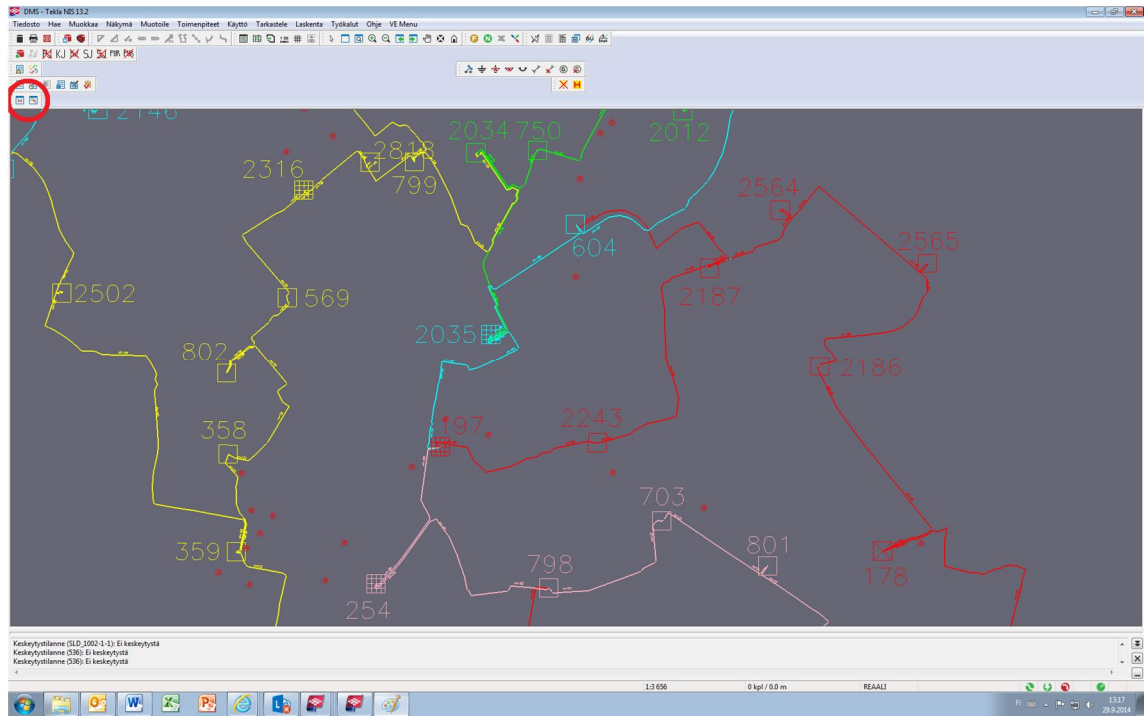
Käyttökaavioon on pystytty saamaan toimiva topologiaväriutus sähköasemien johtolähtöjen erotintunnuksille DMS-näkymään. Sähköasemien kiskoon liitettyjen lähtöjen erotintunnuksien väriyksellä saadaan selkeä kuva siitä, kumpaan päämuuntajan kiskoon lähtö kuuluu, jos se tai useampi lähtö on jouduttu kytkemään irti verkosta. Tämä helpottaa lähtöjen uudelleen kytkemistä oikeisiin kiskoihin päämuuntajittain.

Käyttökaavion digitointi linkitettyinä verkkokarttaan DMS:ssä omilla komponenteilla mahdollisti DMS:n käytössä yhden hyödyllisen ominaisuuden, jonka avulla DMS:n käyttökaavionäkymästä voidaan siirtyä verkkokarttanäkymään DMS:n ”Siirry verkkokarttaan” -toiminnolla. Siirtymistoiminnon toimintaperiaatteena on, että DMS tunnistaa käyttökaavion ja verkkokartan yhteen linkitettyt erottimet käyttökaavion näkymästä ja siirtyy samaan verkkokarttanäkymään tunnistettuaan kyseisen käyttökaavionäkymän erottimet (kuva 33 ja 34, ks. seur. s.).

Siirtymistoiminto edistää käyttökaavion ja verkkokartan nopeaa yhteiskäyttöä sekä kyt-kentäsuunnitelmien tekemistä. Tämä helpottaa käytönsuunnittelijoiden ja vuoromestarien työtä sekä sähkönjakeluverkon käyttötoimintaa käyttökeskuksessa.

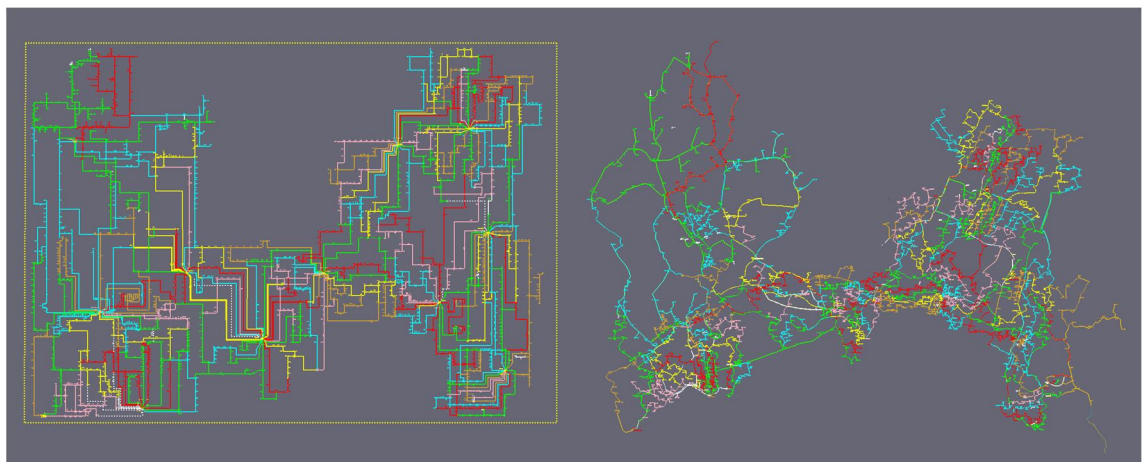


Kuva 33. Kuvan vasemmassa laidassa näkyvät punaisella ympyröidyt valintapainikkeet, joilla voidaan siirtyä käyttökaaviosta verkkokarttaan ja toisin päin



Kuva 34. Käyttökaavion näkymä verkkokarttaan siirtymisen jälkeen

Käyttökaavion käytön muihin etuihin kuuluu käyttökaavion topologiaväritys, joka on muodostunut suoraan reaaliaikaisen verkkokartan topologiaväriytyksestä. Käyttökaavion digitointi linkitettyinä verkkokarttaan mahdollistaa erotusalueiden, maadoitettujen johtojen ja muiden johtolähtöjen värjäntymisen topologiassa täsmälleen samalla tavalla kuin verkkokartassa (kuva 35).



Kuva 35. Käyttökaavion (vasemmalla) ja verkkokartan (oikealla) värjäntyminen topologiassa

Käyttökaavion ansiosta Vantaan KJ-verkon rengasjohtoverkko, yhdysjohtoverkko ja reservitehoverkko ovat selkeämmin hahmoteltavissa ja käytettävissä. Tämä auttaa vikatilanteissa nopeaa varasähkösyöttöjen löytämistä verkon sähköttömille alueille.

Käyttökaavioon tehdyt muutokset eivät vaikuta reaaliaikaiseen verkkotilanteeseen. Tämä minimoi virheiden tekemistä, selkeyttää verkkotilanteen ohjausta ja tuo käyttökaavion toimintaperiaatteen oikeuksiinsa reaaliaikaisen verkkokartan käytön apuvälineenä. [10.]

10 Yhteenveto

Insinööriyössä laadittiin keskijänniteverkon käyttökaavio ja se otettiin käyttöön Vantaan Energia Sähköverkot Oy:ssä. Käyttökaavion laadinnan tavoitteena oli luoda korvaava ratkaisu vanhan staattisen kaavioesityksen tilalle verkkotietojärjestelmässä ja siirtää uusi käyttökaavio reaaliaikaiseksi esitystavaksi käytönvalvontajärjestelmään.

Työssä pyrittiin luomaan tapoja käyttökaavion vaivattomaan käyttöön ja muokkaamiseen tulevaisuudessa kaavion ollessa osa reaaliaikaista käyttötoimintaa. Lisäksi tutkittiin myös käyttökaavion laadinnassa ilmenneitä ongelmia ja haasteita sekä pyrittiin luomaan ratkaisuja niihin.

Käyttökaavion laadinta sujui odotetulla tavalla ilman suuria vastoinkäymisiä. Käyttökaavion laadinta projektiluontoisena työtehtävänä oli laaja, mutta yksinkertainen ja suhteellisen helposti suoritettava työ. Projektin edetessä havaittuja virheitä pystyttiin korjaamaan hallitusti, eikä kaavion laadinta venyttänyt valmistumisaikataulua radikaalisti.

Työn edetessä ilmaantuneisiin haasteisiin ja käyttökaavion käyttöön liittyviin ongelma-kohtiin onnistuttiin löytämään huolettomat ratkaisut, jotka eivät vaarantaneet kaavion oikeanlaista toimintaa. Todellinen haaste, mihin ei vielä tiedetty vastausta käyttökaavion laadintaa aloittaessa, olivat sen myöhemmät muokkaamis- ja digitointitavat kaavion ollessa osana reaaliaikaista käyttötoimintaa.

Käyttökaavion ollessa testikäytössä pystyttiin kaavion digitointia kuitenkin harjoittamaan ja luomaan toimiva ratkaisu, jolla digitointia voidaan suorittaa vaivattomasti ja tarkasti kaavion ollessa käytössä.

Ohjelmallisilta ominaisuuksiltaan Tekla NIS -ohjelma edistää käyttökaavion suunnittelua ja kehittämistä mallikkaasti. Tekla DMS:n käyttökaavio-option ansiosta käyttökaavio pääsee oikeuksiinsa keskijänniteverkon käyttötoiminnan apuvälineenä.

Käyttökaavion käytöllä pyrittiin selkeyttämään verkkokartan lukemista, auttamaan kytkentäsuunnitelmien tekoa ja helpottamaan verkon tilan seuranta. Valmis käyttökaavio todettiin onnistuneeksi jokaisella osa-alueella ja siitä on paljon käytännön hyötyä Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n verkon käyttö- ja suunnittelutoimintaan.

Lähteet

- 1 Vantaan Energia Oy. Tietoa konsernista. Verkkodokumentti. <<http://www.vantaanenergia.fi/FI/TIETOAKONSERNISTA/Sivut/default.aspx>>. Luettu 2.10.2014.
- 2 Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Sähköverkko. Verkkodokumentti. <<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/Sivut/default.aspx>>. Luettu 2.10.2014.
- 3 Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Keskijänniteverkon suunnittelutyöryhmän loppuraportti. 21.12.1990.
- 4 Erkki Lakervi ja Jarmo Partanen. 2012. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy, 2012.
- 5 Tekla Oy. Tietoa Teklasta. Verkkodokumentti. <<http://www.tekla.com/fi/tietoa-teklasta>>. Luettu 30.9.2014.
- 6 Tekla NIS -järjestelmäkuvaus. 18.5.2012. Versio 12.1.
- 7 Tekla NIS -käyttäjänkäsi kirja. 1.11.2013. Versio 13.2.
- 8 Tekla DMS -käyttäjänkäsi kirja. 1.11.2013. Versio 13.2.
- 9 Tella, Mikko. Yleissuunnitteluinsinööri. Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Haastattelu 16.10.2014.
- 10 Kaartio, Timo. Käytönsuunnittelun päällikkö. Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Haastattelu 16.10.2014.

KJ-KAAVION DIGITOINTIOHJE NIS JA DMS JÄRJESTELMIIN

1 Yleistä

SLD-kaaviosovellus korvaa nykyisin käytössä olevat kaaviosuunnitelmat (SIRKANMÄKI, KAAVIO ja KAAVIOSUUN).

Kaavion master-verkkoa ylläpidetään masterkannassa. Suunnittelun ja käytön kaaviosuunnitelmia varten tehdään käyttäjäkohtaiset suunnitelmat joita ei ajeta masteriin.

SLD-kaaviota ylläpidetään sekä NIS:ssä (digitointi) ja DMS:ssä (komponenttien linkitys). Tämä on huomioitava uutta verkkoa dokumentoidessa.

2 Nimeämiskäytännöt

Ohessa on ehdotus nimeämiskäytännöstä.

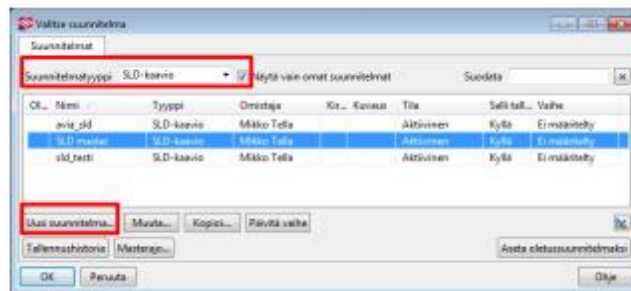
NIS:
kaavio (=SLD-kaavionäkymä)
Verkkokartta (=Kj-digitointinäkymä)

DMS:
Käyttökaavio
Verkkokartta

3 NIS

3.1 Suunnitelmatyyppin valinta

SLD-kaavio (jatkossa kaavio) digitoidaan erillisellä suunnitelmatyyppillä.



Koska kaavio on eri paikassa kuin normaali sähköverkko, niin suunnitelma-alueen valintaan tulee kiinnittää huomiota. (Nimi voi muuttua kun aluetta muutetaan koskemaan koko Vantaan aluetta)

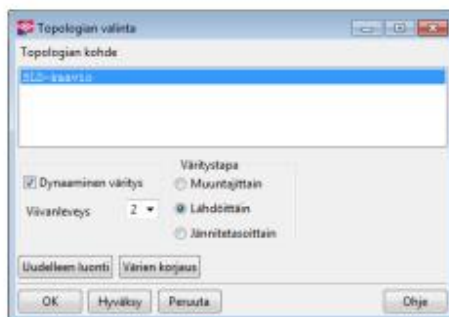


Mikäli suunnitelma ajetaan Masteriin, niin toiminto tulee aktivoida normaalisti uutta suunnitelmaa tehdessä.

3.2 Kaavion lataus

Kaavio ladataan vastaavalla tavalla kuin muutkin suunnitelmat. Joh-to-osat tulee asettaa näkyviin reunaikkunasta, mikäli ne ovat vakiona piilotettu.

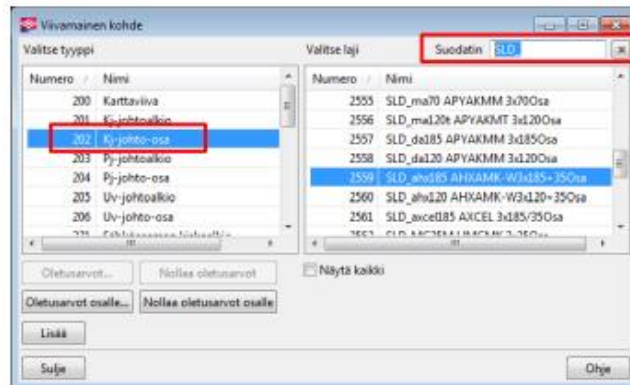
Topologiaväritykseen on tehty oma ryhmä.



3.3 Käytettävät lajit

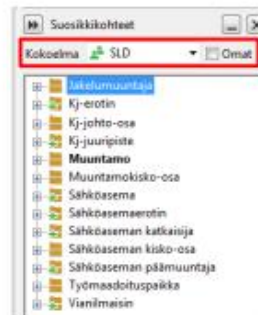
Kaaviossa käytetään ainoastaan SLD-kaaviota varten tehtyjä komponentteja. **KAIKISSA** käytettävissä komponenteissa tulee olla **SLD_**-etuliite.

Komponentit voidaan hakea Lisää –valikosta. Hakutuloksia on myös mahdollista suodattaa.



Kaavion komponentit löytyvät myös reunaikkunasta "Suosikkikohteet". Sinne on lisätty uusi kokoelma SLD.

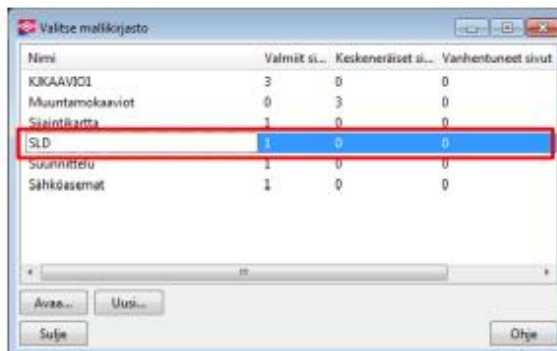
Mikäli uusia komponentteja lisätään kokoelmasta, niin ne sisältävät jo ennalta täytettyjä tietoja.



3.4 Mallikirjasto

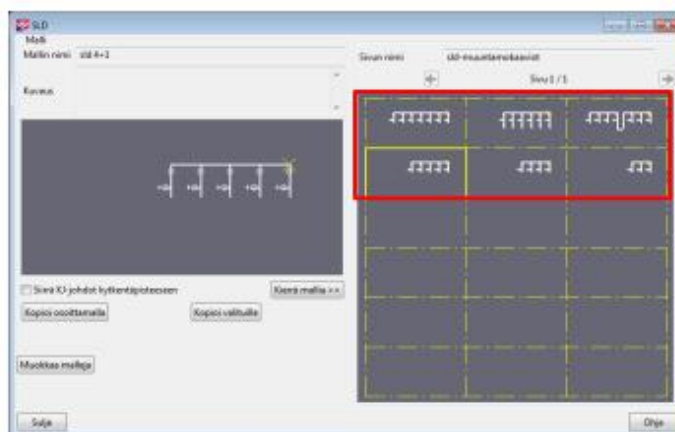
Mallikirjastoon on tehty oma ryhmä SLD, joka sisältää muuntamo-kaavioita.

Kaikki muuntamokaaviot tulisi kopioida kirjastosta. Kopioinnin jälkeen kaavioista poistetaan tarvittaessa ylimääräiset kennot. Kaaviot sopivat myös kj-jakokaappeihin.



Nimi	Valmiit sl...	Keskeneräiset sl...	Vanhentuneet sivut
KIRKAAVIOI	3	0	0
Muuntamokaaviot	0	3	0
Sijaintiartta	1	0	0
SLD	1	0	0
Suunnittelu	1	0	0
Sähköasemat	1	0	0

Kaavioissa ei ole jakelumuuntajaa koska sitä ei sovelluksessa tarvita.




3.5 Tunnusten päivitys

Kaaviokomponenttien tunnukset päivitetään eri tavalla kuin verkkokartan puolella. Tähän tulee kiinnittää huomiota koska komponenttien DMS-linkitys tapahtuu komponentin tunnus-kentän perusteella.

Tunnukset tulee siis kopioida verkkokartan puolelta seuraavin muutoksien:

Muuntamolla

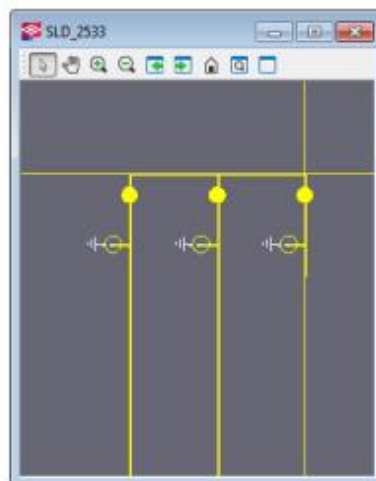
Tunnus-kenttä = SLD_"nis-tunnus"
Nimi-kenttä = "nis-tunnus"
Alue-kenttä = "valinta SLD"



Muuntamokaavio

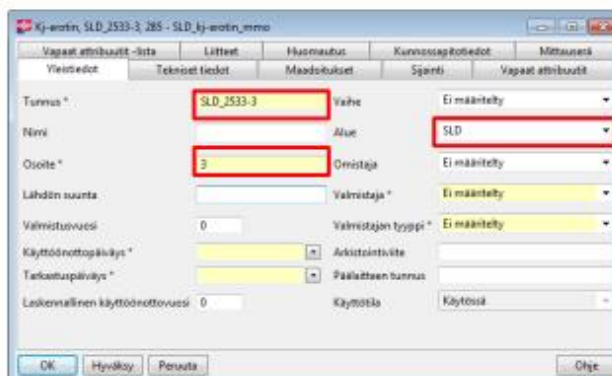
Tunnukset päivitetään sekä kuorma- että maadoituserottimille. Johdolahtojen erottimien tunnus merkitään kaavion ulkopuolelle lähtevän johdon viereen.

Jakelumuuntajaa tai kj-sulaketta ei tarvitse kaavioon lisätä. Muuntajalähtö kuitenkin digitoidaan ja dokumentoidaan normaalisti maadoituserottimeen asti.



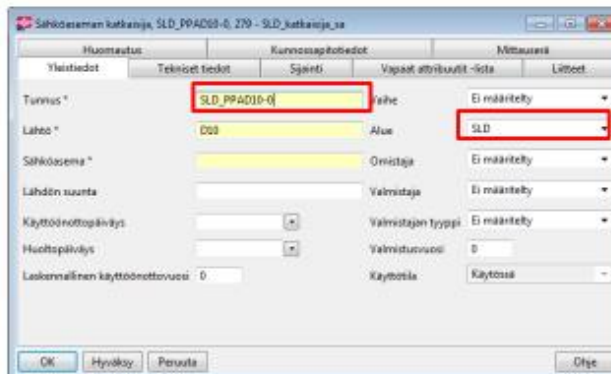
Erottimet

Tunnus-kenttä = SLD_"nis-tunnus"
Osoite-kenttä = "kennon tunnus"
Alue-kenttä = "valinta SLD"



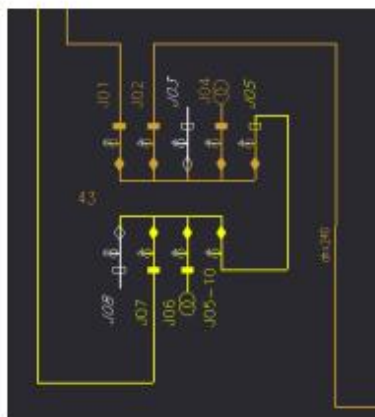
Katkaisijat

Tunnus-kenttä = SLD_"nis-tunnus"
Lähtö-kenttä = "kennon tunnus"
Alue-kenttä = "valinta SLD"



Erikoismuuntamot

Kaavio voidaan tarvittaessa piirtää auki. Tätä varten on tehty suuremmat komponentit. Komponenttien tunnukset vastaavalla tavalla kuin yllä on esitetty.

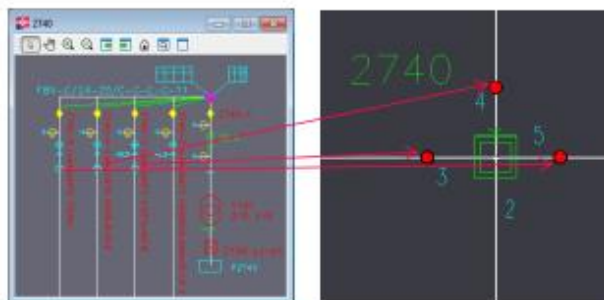


Vianilmaisimet

Muuntamoautomaation vianilmaisimet pitää muistaa digitoida myös kaavion puolelle omalla komponentilla. Vianilmaisimen tunnuskenttään laitetaan sen lähdön erotintunnus verkkokartan puolella ja vastaavasti kaaviossa etuliitteen kanssa.

Tunnus-kenttä = SLD_"nis-tunnus"

Vianilmaisimen sijainti kaaviossa on muuntamon ulkopuolella. Lisää johto-osaa taitepiste ja lisää symboli taitepisteeseen.



3.6 Master-ajo

Suunnitelmaan tehdyt muutokset ajetaan masteriin normaalisti. Toivottava järjestys olisi dokumentoida muutokset verkkokarttaan ensiksi, jonka jälkeen tehdä muutokset kaaviosuunnitelmaan.

Master-ajon jälkeen pitää muistaa tehdä muutokset DMS:ssä!

3.7 Topologian ylläpito

Käyttökaavion topologiaa ylläpidetään NIS:ssä normaalisti. Muutokset pitää kuitenkin ajaa masteriin, jotta ne näkyvät kaikilla.

→ Jakorajamuutokset eivät tässä vaiheessa enää näy DMS:ssä jos käyttökaavion ristiinviittaukset on kyseiselle komponentille tehty.

4 DMS

Käynnistä uusi DMS-istunto master-ajon jälkeen, jotta tehdyt muutokset tulevat näkyviin.

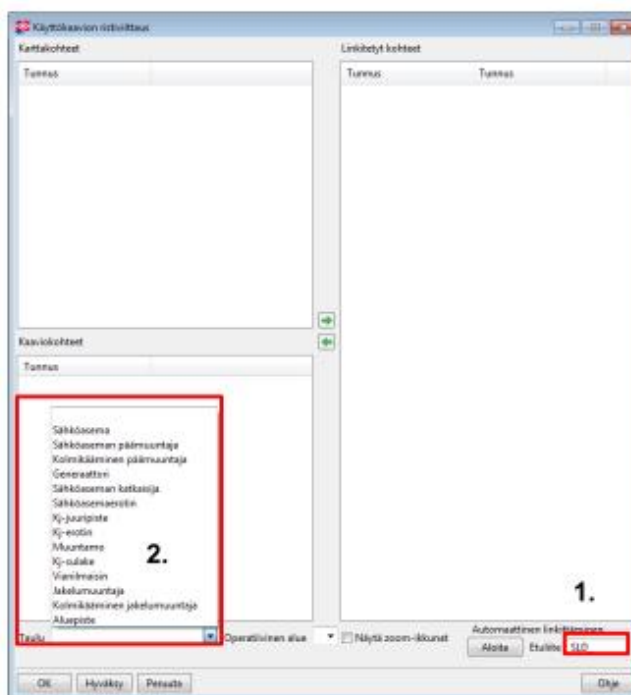
Käyttökaavion ristiinviittaukset löytyvät Muotoile-valikon alta. Käyttäjällä tulee olla laajat DMS-käyttöoikeudet, jotta muutosten teko on mahdollista.



Tee toimenpiteet seuraavassa järjestyksessä:

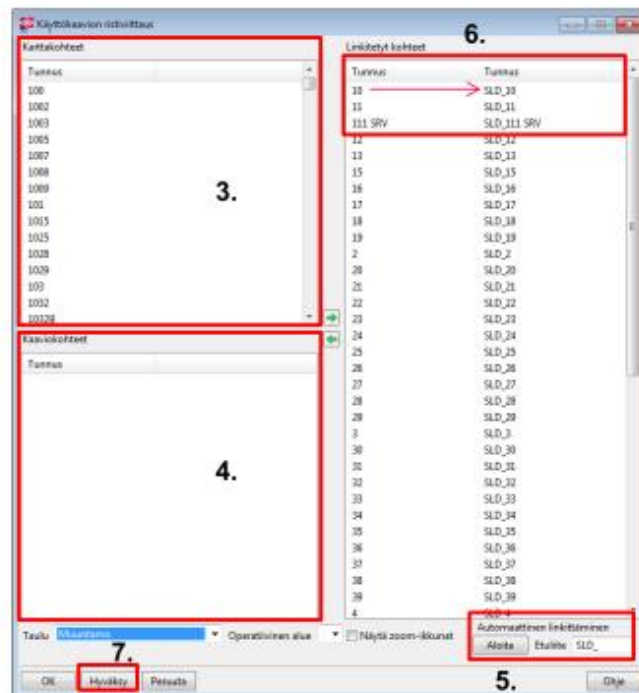
1. Kirjoita Etuliite-kenttään *SLD_*
2. Valitse Taulu-kentän valikosta haluttu komponentti, jonka haluat linkittää esimerkiksi muuntamo

HUOM! Kaikki komponentit pitää linkittää taulukohtaisesti.



Taulu valinnan jälkeen näkymä muuttuu. Jos varoitusikkuna aukeaa, niin sen voi sulkea.

3. Ikkunassa näkyy verkkokartan puolella olevat kohteet joita ei ole vielä linkattu.
4. Ikkunassa näkyy käyttökaavion puolella olevat kohteet joita ei ole vielä linkattu.
5. Linkityksen voi aloittaa painikkeesta *Aloita*.
6. Linkitettyjen kohteiden tunnuksen tulisi vastata toisiaan.
7. Tallenna tehdyt linkitykset painamalla *Hyväksy*-painiketta.



Mikäli linkityksen jälkeen ikkunoihin 3 tai 4 jää komponentteja, niin tällöin kohteiden linkitys on näiden osalta epäonnistunut.

Tutki miksi näin on käynyt. Todennäköisin syy on se, että verkkokartan ja käyttökaavion komponentin tunnukset eivät vastaa toisiaan. Mikäli syy ei selviä, niin ota yhteyttä pääkäyttäjiin.

Toista linkitys kaikille taulu-listalla oleville komponenteille mitä on li-sätty (muuntamot, erottimet, katkaisijat, sähköasemat).

4.1 Havaitut ongelmatilanteet

Havaittuja ongelmatilanteita ovat ainakin seuraavat:

1. Masterin ja SLD-kaavion erotintunnukset ovat ristissä
→ Linkitys menee läpi, kaavion kautta ohjattaessa ohjaa väärää erotinta
2. Masterissa on väärä erotintunnus
→ Linkitys menee läpi jos erotintunnus on olemassa, kaavion kautta ohjattaessa ohjaa väärää erotinta

KORJAUSTOIMENPITEET:

- Erottimen tunnukset tulee korjata ja ajaa masteriin sekä verkko- että käyttökaaviossa. DMS:ssä viallinen linkitys **EI** korjaannu automaattisesti vaan väärä linkitys pitää etsiä listalta ja purkaa. Tämän jälkeen on suoritettava automaattinen linkitys uudestaan.
3. Verkon topologiaväritys ei toimi DMS:ssä. Pieniä johto-osia on valkoisena
→ Mahdollisia syitä ovat irralliset johdot, väärä laji, ylimääräiset erottimet tai väärä linkitys

KORJAUSTOIMENPITEET:

- Tarkista linkitys, jos ei havaittu ongelmaa, niin vertaa ja tarkasta viallisen kohdan NIS verkko- ja käyttökaaviosuunnitelmat.
4. Linkitettyjen komponenttien poisto vain toisesta suunnitelmasta
Käyttökaavion ristiinviittaus ei poistu jos komponentti poistetaan vain toisesta suunnitelmasta, joko kaaviosuunnitelmasta tai k-verkon suunnitelmasta.

Tunnus	Tunnus
8-104-0	< 7 >
976-104-0	SLD_976-104-0

- Muista käydä poistamassa ristiinviittaus ennen komponentin poistoa tai varastoon siirtoa.

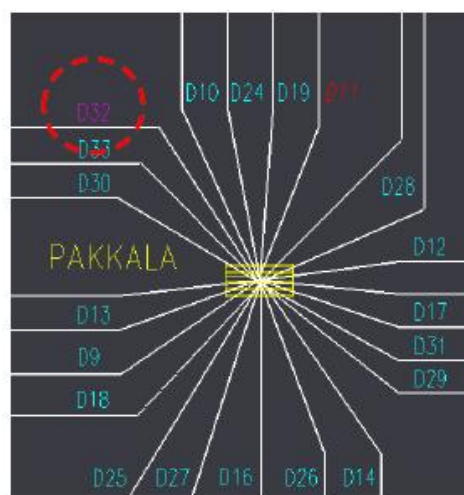
KÄYTTÖKAAVION TARKISTUSOHJE

Tarkistetaan käyttökaavion dokumentoinnin oikeellisuus ennen käyttöönottoa. Tarkistus sekä DMS:ssä että NIS:ssä.

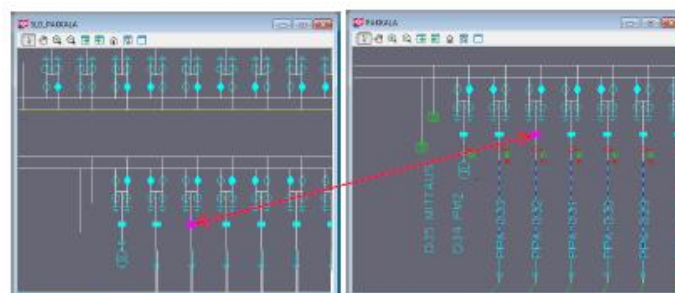
1 Tarkistettavat asiat

Sähköasemat

Tarkistetaan sähköasemien linkitys, katkaisijoiden ja erottimien tunnusten oikeellisuus ja linkitys sekä sähköaseman ulkopuolelle merkittyjen kennotunnusten oikeellisuus.



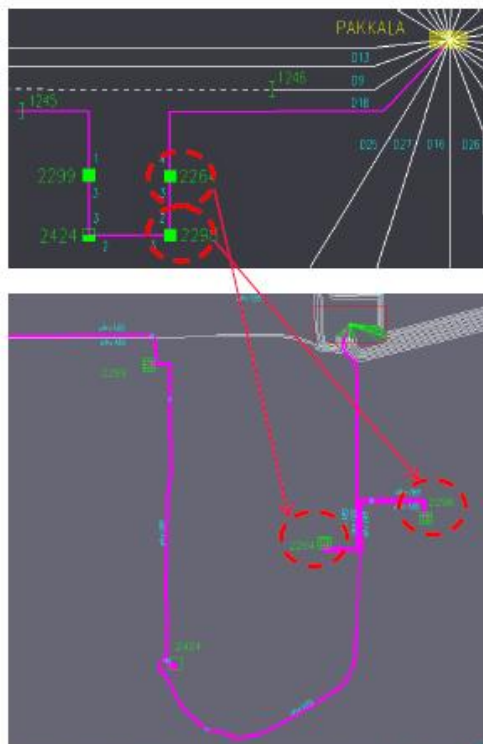
Kuva 1. Tarkista että lähdöt on merkattu oikein



Kuva 2. Tarkista että linkitykset ovat oikein

KJ-lähdöt

Tarkistetaan johtolajien oikeellisuus (vertaa master/kaavio), muuntamoiden järjestys ja pylväserottimien dokumentointi.



Kuva 3. Tarkista että muuntamot ovat oikeassa järjestyksessä ja johtolajit ovat oikein

Muuntamot

Tarkasta erottimien ja katkaisijoiden linkitys sekä kaaviossa olevien tunnusten järjestys.



