



JAKELUVERKON TOIMITUSVAR- MUUDEN PARANTAMINEN ERO- TINLISÄYKSILLÄ

Markus Tähtinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

TÄHTINEN, MARKUS:

Jakeluverkon toimitusvarmuuden parantaminen erotinlisäyksillä

Opinnäytetyö 88 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Huhtikuu 2014

Tässä työssä tutkittiin 20 kV:n jakeluverkon toimitusvarmuuden parantamista erotinlisäyksillä Vakka-Suomen Voima Oy:n verkon alueella. Työn tavoitteena oli muodostaa KAH-arvoilla priorisoitu investointiohjelma erotinlisäyksistä. Työn taustalla ovat viime vuosina lisääntyneet myrskyt ja sähkömarkkinalain vaatimat tavoitteet sähkön toimitusvarmuudelle. Yritykselle tehtiin selvitys erotinlisäyksillä saavutettavasta toimitusvarmuuden parantamisesta ja keskeytyksien lyhentymisestä. Lisäksi tehtiin KAH-arvoilla priorisoitu Excel-ohjelma, jolla pystyttiin tarkastelemaan keskeytyksen aiheuttamia haittoja sekä lähdöittäin että erotinväleittäin. Jokaiselle jakelumuuntajalle laskettiin KAH-arvo kello 13–14 aikana tapahtuneelle odottamattomalle keskeytykselle, joka tapahtui lokakuun ja joulukuun välisenä aikana arkipäivänä. KAH-arvot laskettiin Tekla NIS DMS -ohjelmalla. Lisäksi tutkittiin asemakaava-alueiden rajoja. Näiden perusteella määriteltiin verkolle erotinlisäyspaikkoja ja raivauskohteita sekä laskettiin raivauksilla ja erotinlisäyksillä saavutettava KAH-arvon pienentyminen.

Erotinlisäyksillä saatava toimitusvarmuuden parantuminen oli vaihtelevaa, mutta se voi olla suuri vian sattuessa erottimelle suotuisaan paikkaan. Verkosta löytyi myös joitakin helposti raivattavia kohteita, joilla saavutetaan merkittäviä parannuksia toimitusvarmuuteen.

Työssä päädyttiin esittämään erotinlisäyksiä yhteensä 27, joista valittiin kymmenen tärkeintä toteutettavaksi. Lisäksi raivauksista valittiin seitsemän toteutettavaa kohdetta. Erotinlisäyksistä suurin osa kohdistui Lappiin ja vastaavasti raivauksista Laitilaan. Työ oli laaja, ja siitä olisi saanut vielä laajemman, jos olisi tutkittu tarkemmin keskeytyskriittisiä asiakkaita tai muita toimitusvarmuuden parannuskeinoja. Työssä ei saanut mainita asiakkaiden nimiä.

Asiasanat: sähköverkot, sähkönjakelu, sähköyhtiöt.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electric power engineering

TÄHTINEN, MARKUS:

Improving the Supply Continuity by Add-on Disconnectors in Distribution Network

Bachelor's thesis 88 pages, appendices 4 pages
April 2014

The supply continuity by add-on disconnectors in VSV's 20 kV distribution network was studied. The basis of this study was formed by the increase in number of storms in recent years as well as the targets demanded by electricity market act to ensure supply continuity. The company was given an account on the improvement of delivery reliability and shortening of interruption by add-on disconnectors. The company was given KAH (=outage cost) priority Excel program, which could be used to analyze interruptions caused by damage connected to outputs and disconnector-distance. A KAH-value was calculated to each distribution transformer between 13–14 o'clock in the period of unexpected interruption which occurred on weekdays from October to December. These values were calculated with Tekla NIS program. Street plan area limits were also searched in this project. Based on these a new disconnector and clearance place was defined in the grid.

The improvement of supply continuity varied but it can be big if the fault is in the correct place. In the grid there were also places which were easy to clear.

In this study a total number of 27 add-on disconnectors were presented. Ten most important were selected to execution. In addition, seven items were selected to the clearing. The most of add-on disconnectors were focused in Lapland and of clearings in Laitila.

Key words: grids, electricity supply, the electric company

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 7 |
| 2 | VAKKA-SUOMEN VOIMA OY | 8 |
| 3 | TOIMITUSVARMUUDEN PARANTAMINEN | 10 |
| 3.1 | Yleistä | 10 |
| 3.2 | Erottimien lisäys | 12 |
| 3.3 | Muita vaihtoehtoja | 13 |
| 3.3.1 | Maakaapelointi..... | 13 |
| 3.3.2 | Raivaaminen..... | 13 |
| 3.3.3 | Ilmajohdot | 14 |
| 3.3.4 | Kunnossapito..... | 15 |
| 3.3.5 | Jännitetyöt | 16 |
| 3.3.6 | Verkkokatkaisijat | 16 |
| 4 | SÄHKÖNJAKELUVERKON KESKEYTYKSET..... | 18 |
| 4.1 | Keskeytysten luokittelu..... | 18 |
| 4.2 | KAH..... | 19 |
| 4.3 | Muita keskeytysindeksejä | 23 |
| 5 | VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄ JA KÄYTÖNTUKIJÄRJESTELMÄ..... | 26 |
| 5.1 | Tekla NIS | 26 |
| 5.2 | Tekla NIS DMS | 26 |
| 6 | VAKKA-SUOMEN VOIMA OY:N VERKKO | 29 |
| 6.1 | Yleistiedot..... | 29 |
| 6.2 | Sähköasemat | 30 |
| 6.2.1 | Laitila | 30 |
| 6.2.2 | Ketunkallio..... | 32 |
| 6.2.3 | Sanno..... | 34 |
| 6.2.4 | Kalanti..... | 35 |
| 6.2.5 | Ihode..... | 37 |
| 6.2.6 | Monna | 38 |
| 6.2.7 | Lappi | 40 |
| 7 | VERKON KAH-ARVOT..... | 42 |
| 7.1 | Muuntamokohtaisen KAH-arvon määrittäminen | 42 |
| 7.2 | Eroinvälikohtaisen KAH-arvon määrittäminen | 49 |
| 7.3 | Lähtökohtaisen KAH-arvon määrittäminen..... | 51 |
| 8 | Suurimmat KAH-arvot | 52 |
| 8.1 | Yleistä | 52 |
| 8.2 | Laitilan sähköasema..... | 55 |

| | | |
|-----|--|----|
| 8.3 | Ketunkallion sähköasema | 62 |
| 8.4 | Sannon sähköasema | 63 |
| 8.5 | Kalannin sähköasema..... | 67 |
| 8.6 | Ihoden sähköasema | 69 |
| 8.7 | Monnan sähköasema..... | 73 |
| 8.8 | Lapin sähköasema..... | 75 |
| 8.9 | Yhteenveto | 80 |
| 9 | POHDINTA..... | 82 |
| | LÄHTEET | 83 |
| | LIITTEET | 85 |
| | Liite 1. Lähtökohtainen KAH-taulukko | 85 |
| | Liite 2. Suurimmat KAH-arvot..... | 87 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|-----|---------------------------------|
| MMO | muuntamo |
| KAH | keskeytyksestä aiheutuva haitta |
| MVA | megavoltiampeeri |
| VSV | Vakka-Suomen Voima |
| kWh | kilowattitunti |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia 20 kV:n sähköjakeluverkon toimitusvarmuuden parantamista erotinlisäyksillä Vakka-Suomen Voima Oy:n verkossa. Työ on yrityksessä osa laajempaa toimitusvarmuuden parantamiseen liittyvää tutkimusta. VSV:n verkon ilmajohtojen suuri osuus sekä puuvarman verkon pieni osuus edellyttävät puolestaan pohtimaan toimintavarmuuden parantamiseksi tehtäviä toimenpiteitä.

Kappaleessa 2 on esitelty lyhyesti VSV Oy. Kappaleet 3–5 ovat teoriaosuutta. Kappaleessa 3 käsitellään toimitusvarmuuden parantamisen keinoja, kappaleessa 4 keskeytyksiin liittyviä yleisiä asioita ja kappaleessa 5 käytettyjä ohjelmistoja.

Kappaleessa 6 käsitellään Vakka-Suomen Voima Oy:n verkkoa sekä yleisesti että sähköasemakohtaisesti. Kappaleessa 7 käsitellään verkon erilaisten KAH-arvojen määrittäminen ja kappaleessa 8 mahdollisten erottimien lisäys verkkoon ja niillä saatava hyöty. Kappaleessa 9 on pohdittu työn onnistumista.

kanssa laajaa yhteistyötä. VSV on pääosakkaana Propel Voima Oy:ssä ja Kyröskosken Voima Oy:ssä. Yritys omistaa puolet Satavakka Oy:stä, jossa sen yhteistyökumppanina on Rauman Energia Oy. Yritys tekee myös yhteistyötä yhdeksän muun sähköyhtiön kanssa Satapirkkan Sähkö Oy:ssä. (Vakka-Suomen Voima Oy 2013.)

Yrityksen liikevaihto vuonna 2012 oli 10,7 miljoonaa euroa ja on ollut viime vuosina pienessä nousussa. (Vakka-Suomen Voima Oy 2013.)

3 TOIMITUSVARMUUDEN PARANTAMINEN

3.1 Yleistä

Sähköverkkojen toimitusvarmuudella tarkoitetaan sitä kuinka häiriöttömästi sähköverkot toimivat eli kuinka häiriöttömästi sähkönsiirto verkkojen kautta on mahdollista toteuttaa. Sähköverkon tehtävänä on toimia mahdollisimman hyvin ja ilman vaurioita tai muita odottamattomia seuraamuksia myös erilaisten vikojen ja häiriöiden aikana. Verkosta toimitettavan sähkön laatu on oltava myös riittävän hyvää. Sähkön toimitusvarmuutta on käsitelty viime vuosina enemmän, koska sähköstä on tullut välttämätön hyödyke yhteiskunnalle niin, että pitkät toimituskeskeytykset mielletään haitallisiksi aiheuttaen joskus melko suuria haittoja. (Elovaara & Haarla 2011, 73.)

Sähkönjakeluverkon tehtävänä on yhdistää toisiinsa tuotanto ja kulutus. Tärkeimmät tavoitteet verkon suunnittelussa ovat:

- Siirron ja jakelun on oltava taloudellista eli verkkoon investoidaan vain tarpeellinen määrä ja häviöiden on oltava mahdollisimman pieniä.
- Siirron ja jakelun on oltava luotettavaa, jolloin yleisimmät verkon viat eivät saa aiheuttaa toimituksen keskeytymistä.
- Verkossa olevien komponenttien on kestävä pitkään ja niiden pitää olla luotettavia sekä niiden pitää kestää verkossa syntyvät sähköiset ja mekaaniset rasitukset, jolloin päästään hyvään taloudellisuuteen.
- Siirrosta ja jakelusta ei saa aiheutua vaaraa ihmisille eikä omaisuudelle tai kohtuutonta häirintää ympäristöön.

(Elovaara & Haarla 2011, 73.)

Verkon käyttövarmuus on osittain ristiriidassa verkon taloudellisuuden kanssa, koska vain välttämättömillä investoinneilla ei saavuteta verkon parasta käyttövarmuutta (Elovaara & Haarla 2011, 73).

Uudessa sähkömarkkinalaissa 588/2013, joka tuli voimaan 1 päivänä syyskuuta 2013, annetaan vaatimukset sähkönjakeluverkon keskeytysten sallituille pituuksille myrskyn tai lumikuorman seurauksena. Asemakaava-alueella keskeytys ei saa kestää yli 6:ta tuntia. Asemakaava-alueen ulkopuolella keskeytys ei saa ylittää yli 36:ta tuntia. 36 tunnin

keskeytys saa ylittyä, jos käyttöpaikka sijaitsee saarella ja sinne ei ole siltaa tai vastaavaa muuta kiinteää yhteyttä tai säännöllisesti liikennöivää maantielauttaa. Lisäksi 36 tuntia voidaan ylittää, jos käyttöpaikan kulutus on ollut kolmen edellisen vuoden aikana korkeintaan 2500 kWh ja 36 tunnin tavoitteen täyttäminen aiheuttaisi poikkeuksellisen suuret investoinnit käyttöpaikan etäisen sijainnin vuoksi. Nämä vaatimukset on täytettävä viimeistään vuoden 2028 loppuun mennessä. Välivaatimuksena on, että tavoite on täytetty vuoden 2019 loppuun mennessä 50 prosentilla vapaa-ajan käyttöpaikoista pois lukien. (Sähkömarkkinalaki 2013, § 51, § 119.)

Näiden vaatimusten lisäksi jakeluverkon haltijan on tehtävä kahden vuoden välein päivitettävä kehittämissuunnitelma jakeluverkolle. Suunnitelma sisältää toimenpiteet edellä mainittujen vaatimusten täyttämiseen ja ylläpitämiseen. Kehittämissuunnitelma tulee toimittaa Energiamarkkinavirastolle vuoden 2014 kesäkuun loppuun mennessä. Tämän työn teettämisen pohjalla ovat sähkömarkkinalain vaatima verkon kehittämissuunnitelma sekä verkon toimitusvarmuuden parantamisen vaatimukset. Työn tarkoituksena on auttaa näiden suunnitelmien tekoa yrityksessä. (Sähkömarkkinalaki 2013, § 52, § 120.)

Sähkömarkkinalain mukaan sähkökäyttäjällä on oikeus myös vakiokorvaukseen, mikäli sähköt ovat yhtäjaksoisesti poikki. Vakiokorvaus lasketaan asiakkaan vuotuisesta siirtopalvelumaksusta. Korvaus on:

- 10 %, kun keskeytysaika on ollut vähintään 12 tuntia, mutta vähemmän kuin 24 tuntia
- 25 %, kun keskeytysaika on ollut vähintään 24 tuntia, mutta vähemmän kuin 72 tuntia
- 50 %, kun keskeytysaika on ollut vähintään 72 tuntia, mutta vähemmän kuin 120 tuntia
- 100 %, kun keskeytysaika on ollut vähintään 120 tuntia, mutta vähemmän kuin 192 tuntia
- 150 %, kun keskeytysaika on ollut vähintään 192 tuntia, mutta vähemmän kuin 288 tuntia
- 200 %, kun keskeytysaika on ollut vähintään 288 tuntia.

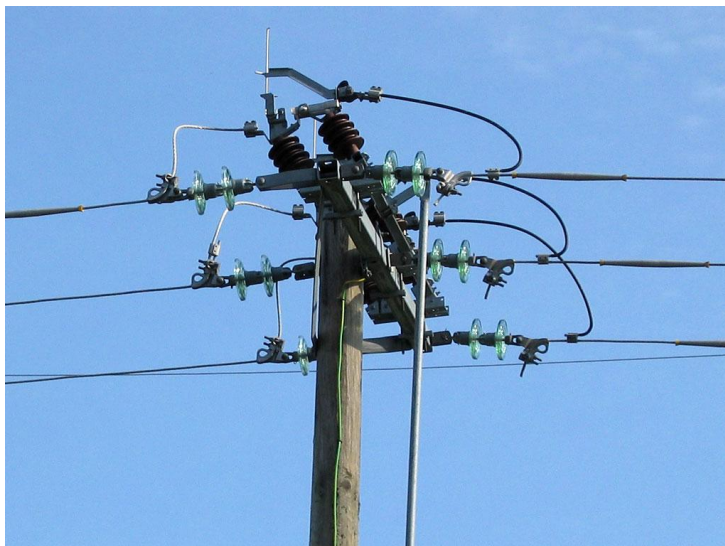
(Sähkömarkkinalaki 2013, § 100.)

Korvauksen määrä on kuitenkin enimmillään 200 % vuotuisesta siirtopalvelumaksusta tai 2000 euroa. (Sähkömarkkinalaki 2013, § 100.)

Verkon suunnittelu voidaan jakaa pitkän ja lyhyen aikavälin suunnitteluun. Lyhyestä aikavälistä puhutaan, kun rakennusohjelmia tehdään noin viiden vuoden aikajaksolle. Suunnitelmat sähköasemien ja johtojen rakenteesta ja varusteista tehdään yksityiskoh- taisesti verkon rakennusohjelman perusteella. Pitkän aikavälin tarkastelu kattaa pää- suuntaviivat sekä yleissuunnitelman ja sen tarkastelu-aika on 5–15 vuotta. Usein voi olla myös hyödyllistä tarkastella ylipitkän aikavälin vaihtoehtoja, joiden tarkastelu-aika on 15–30 vuotta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään erilaisia toimenpiteitä toimitusvar- muuden parantamiseen. Toimenpiteet ovat pääosin esitetty lyhyelle ja pitkälle aikaväli- le. (Elovaara & Haarla 2011, 73.)

3.2 Erottimien lisäys

Erottimien lisäys jakeluverkkoon tulee kysymykseen ilmajohtoverkoilla paikoissa, mit- kä eivät ole puuvarmoja ja missä keskeytyksestä aiheutuvat haitat ovat muuhun verk- koon nähden suuria. Esimerkiksi teollisuudelle koituu usein keskeytyksistä suuria hait- toja. Erottimia lisäämällä saadaan vikapaikka rajattua paremmin, jolloin sähköt saadaan palautettua nopeammin suuren keskeytyshaitan omaavalle verkon osalle. Erottimien lisäystä mietittäessä on otettava huomioon verkon vikaherkkyys sekä toteutuneet kes- keytykset. Näiden perusteella määritellään erottimien lisäystarve verkon taloudellisuutta ajatellen. Sähköjen palautusta vikatilanteessa saadaan parannettua entisestään myös käyttämällä kauko-ohjattavia erottimia, jolloin erottimien luokse ei tarvitse mennä niitä ohjattaessa. Kuvassa 2 on esitetty käsin ohjattava keskijänniteverkon pylväserotin.



KUVA 2. Pylväserotin

3.3 Muita vaihtoehtoja

Tässä työssä keskeisenä osana oli erotinisäyksillä saavutettava toimitusvarmuuden parantaminen. Seuraavissa kappaleissa on käsitelty myös muita tapoja toimitusvarmuuden parantamiseen.

3.3.1 Maakaapelointi

Maakaapeloinnin avulla verkon vikaherkkyys laskee alle puoleen, kun verrataan ilmajohtoihin. Tällöin se on hyvä tapa puuvarman verkon saavuttamiseksi. Vikojen korjaaminen ja etsiminen on kuitenkin hitaampaa kuin ilmajohtoilla. Kaapeliverkkoa ei myöskään pysty muuttamaan niin helpolla kuin ilmajohtoverkkoa. Maakaapelointi kasvattaa myös verkon maasulkuvirtoja sekä kapasitiivisuutta. Jos maakaapeliverkkoa kasvatetaan tulevaisuudessa paljon, täytyy verkkoon lisätä kompensointikuristimia verkon kasvavan kapasitiivisuuden takia. (Lakervi ym., 147.)

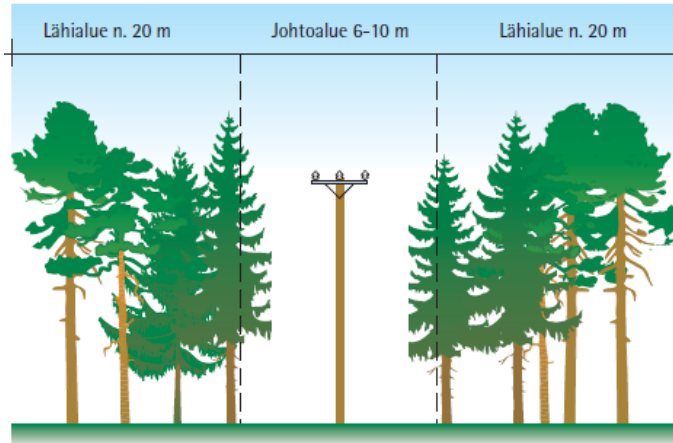
Kaapelointi on muihin toimitusvarmuuden parantamisen keinoihin verrattuna hyvä keino varsinkin myrskytilanteissa. Kaapeliverkon lisääntymistä hidastaa tällä hetkellä sen kallis hinta. Esimerkiksi 20 kV:n jakeluverkon maakaapelointi kaivutöillä maksaa noin 2,5 kertaisesti päällystämättömään avojohtoon verrattuna. Kaapeliverkon lisääntyminen edellyttäisi kaapeleiden ja kaapelointitekniikoiden kehittämistä edullisempaan suuntaan. (Lakervi ym., 148–149.)

Vakka-suomen Voima Oy:n keskijänniteverkosta on kaapeloitu tällä hetkellä noin 12 %, joka on kohtuullisen pieni määrä. Pienjänniteverkosta on kaapeloitu noin 33 %.

3.3.2 Raivaaminen

Jakeluverkon toimitusvarmuutta voidaan parantaa raivaamalla ilmajohtoverkkojen metsäosuuksilla. Sähkökatkojen yleisin syy jakeluverkossa onkin kaatunut tai taipunut puu tai sen oksa. Jakeluverkoilta raivataan yleensä vain niiden alapuolella oleva kasvusto sekä niiden lähellä olevat oksat. Myös ohuiden lumikuormasta linjan päälle kaatuvien puiden raivaaminen on tärkeää. 20 kV:n jakeluverkon johtoaukean leveys avojohtoilla

on tavallisesti 10 m ja päällystetyillä johdoilla 6 m (kuva 3). Metsäosuuksien vikaherkkyyteen vaikuttaa puuston laatu sekä sen suojaisuus.(Tapio 2013.)



KUVA 3. 20 kV:n jakeluverkon johtoaukea (Tapio 2013)

Puiden raivaukseen käytetään yleensä moottori- ja oksasahaa, mutta raivaus voidaan suorittaa myös käyttämällä helikopteria. Yksi tapa jakeluverkon toimitusvarmuuden parantamiseksi olisi puiden kaataminen linjan vierestä niin leveältä, että puut eivät kaatuessaan ylettyisi linjalle. Tätä tapaa ei kuitenkaan yleisesti käytetä, koska kustannukset tällä tavalla nousevat hyvin suuriksi. Myös maanomistajat ovat hyvin useasti tätä tapaa vastaan.

Myös tehokkaalla vierimetsien hoidolla voidaan parantaa jakeluverkon toimitusvarmuutta merkittävästi. Verrattuna esimerkiksi maakaapelointiin tai ilmajohtojen siirtämiseen vierimetsien hoitaminen on nopeaa ja tehokasta sekä sen kustannukset ovat kohtuulliset. Vierimetsien hoito tarkoittaa käytännössä taimikon poistamista ja puiden harvennusta noin 20 metrin matkalta. Metsän harvennukset mm. nopeuttavat puiden jyrkistyä, mikä lieventää myrskyn vaikutuksia ja lisää puusta saatavan sadon määrää. (Tapio 2013.)

3.3.3 Ilmajohtot

Valtaosa haja-asutusalueiden 20 kV:n sähköjohdoista sijaitsee metsässä. Tämä johtuu vanhasta sähkölinjojen rakennustyylistä, jolloin tavoitteena oli rakentaa johtokadut mahdollisimman suoraviivaisesti metsien läpi. Näin tehtiin, koska materiaalikustannuk-

set haluttiin mahdollisimman pieniksi. Tähän aikaan verkon toimitusvarmuus ei ollut tärkein kriteeri johtolinjoja rakennettaessa. (Lakervi & Partanen 2009, 143.)

Verkon toimitusvarmuus on noussut nykypäivänä yhdeksi keskeiseksi tekijäksi sähkölinjoja suunniteltaessa. Tästä syystä sekä uudet että saneerattavat ilmalinjat pyritään sijoittamaan pois metsäosuuksilta joko pelloille tai tien viereen. Kun linja siirretään tien viereen, vikapaikannus ja korjaus on nopeampaa mahdollisen vikatilanteen sattuessa.

Yhtenä vaihtoehtona toimitusvarmuuden parantamiseen ilmajohdoilla käytetään jonkin verran myös päällystettyä avojohtoa eli PAS-johtoa. PAS-johdossa johtimet voivat olla lähempänä toisiaan, jolloin johtokadun leveys pienenee. Johtimien eristämällä voidaan estää esimerkiksi oikosulun syntyminen johtimien osuessa toisiinsa, mutta se vaikeuttaa johdon korjaamista. Myöskään linjaa päin lentävät oksat eivät aiheuta oikosulkua, jolloin sen käyttövarmuus on avojohtoa parempi. Puun osumista linjaan on puolestaan vaikeampi havaita, koska se aiheuttaa maasulun vasta eristeen kuluessa puhki. PAS-johto on tavalliseen avojohtoon nähden myös hieman kalliimpaa. (Lakervi ym., 145.)

3.3.4 Kunnossapito

Verkon kunnossapidolla ja tarkastuksilla saadaan tärkeää tietoa verkon komponenteista ja niiden kunnosta, joka on hyvin tärkeää toimitusvarmuutta ajatellen. Kunnossapidossa saaduilla tiedoilla voidaan esimerkiksi laskea komponenttien kuntoindeksejä tai verkon keskeytyskriittisyyttä, joiden avulla puolestaan voidaan priorisoida verkon kunnossapitoa. Pylväsmuuntamon (kuva 4) kunnossapitotarkastuksissa voidaan esimerkiksi tarkastaa maadoitusjohto, numerokilpi tai pylvään kunto.



KUVA 4. Pylväsmuuntamo

3.3.5 Jännitetyöt

Jännitetyöt soveltuvat verkossa tehtävien suunniteltujen töiden aiheuttamien keskeytysten vähentämiseen. Jännitetöiden hyvänä puolena on, että työt voidaan tehdä joustavasti ilman keskeytysilmoituksia. Huonoja puolia jännitetöissä on, että niihin kuluu enemmän aikaa kuin työhön, joka tehdään jännitteettömänä. Tällöin työn tekeminen on myös hie- man kalliimpaa. (Kettunen, 40.)

3.3.6 Verkkokatkaisijat

Muita keinoja toimitusvarmuuden parantamiseen ovat esimerkiksi verkkokatkaisijat (kuva 5). Verkkokatkaisijoiden avulla voidaan jakaa verkko eri suojausalueisiin. Verkkokatkaisija sijoitetaan keskelle verkkoa, jolloin vian seurauksena sähköä ei jouduta katkaisemaan koko lähdöltä, kuten erottimilla. Verkkokatkaisijat pystyvät keskustelemaan toistensa kanssa, jolloin vikapaikka on helpompi rajata. Käytettäessä verkkokatkaisijoita on huomioitava katkaisijoiden selektiivisyys. Tämä tarkoittaa, että vikatilanteessa lähempänä vikapaikkaa olevan katkaisijan on lauettava ennen lähdön katkaisijaa. (Kettunen, 38.)



KUVA 5. Verkkokatkaisija

4 SÄHKÖNJAKELUVERKON KESKEYTYKSET

4.1 Keskeytysten luokittelu

Standardi SFS-EN 50160 määrittelee keskeytykseksi tilanteen, jossa jännite liittymiskohdassa on alle 5 % vertailujännitteestä. Keskeytykset jaetaan suunniteltuihin keskeytyksiin ja vikakeskeytyksiin. Suunnitellut keskeytykset ovat keskeytyksiä, joista on ilmoitettu asiakkaalle etukäteen, esimerkiksi verkon kytkentätöistä johtuvia keskeytyksiä. Vikakeskeytykset aiheutuvat joko pysyvistä tai ohimenevistä vioista. Vikakeskeytykset voidaan jakaa seuraaviin luokkiin:

- Pitkät keskeytykset: pysyviksi vioiksi katsotaan yli 3 minuuttia kestävät keskeytykset.
- Lyhyet keskeytykset: pika- tai aikajälleenkytkennällä poistuvat viat eli alle 3 minuuttia kestävät viat.
- Jännitekuopat: jännitekuopissa syöttöjännite on 5–90 % nimellisestä jännitteestä (SFS-EN 50160:14.)

Pitkät keskeytykset aiheutuvat yleensä sääolosuhteista. Myrskyt, ukkonen ja runsaat lumisateet ovat yleensä sääolosuhteista johtuvien keskeytysten aiheuttajia. Myrskyt voivat kaataa puita keski- tai pienjännitelinjoiille, koska niitä ei ole tehty puuvarmoiksi. Ukkosen iskiessä ilmajohtoon aiheutuu maa- tai oikosulku. Pitkä keskeytys aiheutuu, jos ukkonen rikkoo lähellä olevaa muuntajaa. (Ojanperä, 31.)

Lyhyitä keskeytyksiä aiheuttavat pääasiassa ukkonen, eläimet ja puiden oksat. Näistä aiheutuu yleensä hetkellisiä maa- tai oikosulkuja keskijänniteverkoissa, jotka näkyvät verkossa pääasiassa pika- tai aikajälleenkytkentöinä. (Ojanperä, 31.)

Asiakkaiden keskeytykset aiheutuvat pääasiassa keskijänniteverkon vioista. Ne käsittävät kaikista vioista noin 90 %. Loppuosa eli vähän alle 10 % keskeytyksistä aiheutuu pienjänniteverkon vioista. Vaikka pienjännitevikojen osuus kaikista vioista on pieni, on niiden määrä kuitenkin huomattava, koska ne aiheuttavat verkkoyhtiölle paljon suoria kustannuksia. VSV:n keskijänniteverkon vioista noin 80 % on ohi meneviä. Tämä johtuu onnistuneista pika- ja aikajälleenkytkennöistä. Pikajälleenkytkennöillä selvitetään

noin 70 % ja aikajälleenkytkennöillä noin 10 % keskijänniteverkon vioista. (Ojanperä, 31.)

4.2 KAH

KAH eli keskeytyksen aiheuttama haitta on arvo, jolla määritellään rahallinen arvo keskeytyksen aiheuttamalle haitalle. Rahallisen arvon avulla voidaan seurata sähköntoimituksen varmuutta ja käyttää haitta-arvoa tietyssä verkonosassa tarvittaviin investointeihin ja erilaisten investointien keskinäiseen vertailuun. KAH-arvoilla pyritään huomioimaan asiakkaille aiheutuvia haittoja. Arvojen avulla voidaan määrittää keskeytyksestä aiheutuva haitta eri asiakasryhmille. Yksiköitä, joilla keskeytyksestä aiheutuvia haittoja on järkevää kuvata, ovat €/keskeytys, €/kW ja €/kWh. (Elovaara & Haarla 2011, 428.)

Rahallisen arvon määrittäminen sähkönjakelun keskeytykselle on vaikeaa erityyppisten asiakkaiden sähkönkäytön erilaisuudesta johtuen. Sähkönjakelun keskeytyksistä asiakkaille aiheutuviin haittoihin ja kustannuksiin vaikuttavat mm. keskeytyksen luonne, keskeytyksen ajankohta, asiakkaan sähkönkäytön luonne, keskeytyksen kesto, onko siitä ilmoitettu etukäteen ja onko keskeytyksestä saatavilla tietoa heti keskeytyksen alkamisen jälkeen. (Silvast, Heine, Lehtonen, Kivikko, Mäkinen & Järventausta 2005, 6.)

Keskeytyksen ajankohta vaikuttaa myös aiheutuviin haittoihin. Asiakkaan tarpeet ja toimet sekä niiden sähköntarve vaihtelevat vuoden-, viikon- ja vuorokaudenajasta riippuen. Myös erilaiset juhlapyhät, kuten joulukuun joulukuun välisen ajan arkipäivän kello 13.00–14.00 välillä tapahtuvaa keskeytystä. (Silvast ym. 2005, 7.)

Sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuvat haitat voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin haittoihin, taloudellisiin ja sosiaalisiin haittoihin sekä lyhyen ja pitkän aikavälin haittoihin. Suoria haittoja voivat olla mm. asiakkaalla vikaantuneet laitteet tai työpanoksen menetykset. Suoria taloudellisia haittoja voivat olla esimerkiksi työprosessin keskeytyminen tai pilaantuneet materiaalit. Epäsuoria kustannuksia voi syntyä esimerkiksi resurssien muuttamisesta tai palvelujen käyttämisestä toimintojen palauttamiseen. (Silvast ym. 2005, 7.)

Asiakkaille aiheutuvia haittoja tutkittaessa asiakkaat jaetaan yleensä erilaisiin asiakasryhmiin, kuten teollisuus, maatalous, palvelu ja kotitalous. Asiakkaalle keskeytyksestä aiheutuva haitta riippuu asiakasryhmästä. Jos kyseessä on teollisuus, maatalous tai palvelu, asiakkaalle aiheutuva haitta on suurempi ja saattaa aiheuttaa myös kustannuksia asiakkaalle. Kotitalouksille aiheutuvat kustannukset ovat yleensä pienempiä (Kananen 2007, 14).

Keskeytysten aiheuttamia asiakashaittoja voidaan tutkia monella eri tavalla. Nämä jaetaan yleensä kolmeen yleisempään luokkaan, joita ovat epäsuorat analyttiset menetelmät, tapaustutkimukset sekä asiakaskyselyt. Epäsuorissa analyttisissä menetelmissä arvioidaan keskeytyskustannuksia muista tunnusluvuista, kuten siirtohinnoista ja menetetyistä vapaa-ajasta päättelemällä. Tapaustutkimuksissa arvioidaan keskeytyksestä aiheutuvia haittoja todellisen tapahtuman, kuten suurhäiriö, perusteella. Asiakaskyselyissä asiakkaita pyydetään arvioimaan keskeytyksestä aiheutuneita kustannuksia erilaisissa keskeytyksissä. (Silvast ym. 2005, 7.)

Keskeytyksestä aiheutuvan haitan määrittäminen tehdään KAH-parametreilla, joiden määrittäminen tapahtuu edellä mainittujen menetelmien avulla. KAH-parametrit ovat euromääräisiä arvoja, jotka määritetään yleensä eri asiakasryhmille. Menetetyn kW:n hinta määritetään tavallisesti vika- ja työkeskeytykselle sekä pika- ja aikajälleenkytkennälle. Lisäksi menetetyn energian (kWh) hinta määritellään vika- ja työkeskeytykselle. Honkapuron, Tahvanaisen, Viljaisen, Lassilan, Partasen, Kivikon, Mäkisen ja Järventaustan vuonna 2006 tekemässä tutkimuksessa määritettiin KAH-parametrit viidelle asiakasryhmälle. Arvot määritettiin hyödyntäen Silvast ym. vuonna 2005 tekemää tutkimusta sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuvasta haitasta. Vuoden 2006 tutkimuksessa määritettiin lisäksi eri asiakasryhmien KAH-arvoista yhteiset valtakunnalliset KAH-parametrit kullekin asiakasryhmälle niiden energiaosuutta painottamalla. Vuoden 2006 tutkimuksen tällä hetkellä voimassa olevat KAH-parametrit on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Valtakunnalliset energiapainotetut KAH-parametrit (Honkapuro ym. 2006, 45)

| Asiakasryhmä | Energiaosuus % | Odottamaton | | Suunniteltu | | PJK €/kW | AJK €/kW |
|-----------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | €/kW | €/kWh | €/kW | €/kWh | | |
| Kotitalous | 43 | 0,36 | 4,29 | 0,19 | 2,21 | 0,11 | 0,48 |
| Maatalous | 7 | 0,45 | 9,38 | 0,23 | 4,8 | 0,2 | 0,62 |
| Teollisuus | 17 | 3,52 | 24,45 | 1,38 | 11,47 | 2,19 | 2,87 |
| Julkinen | 12 | 1,89 | 15,08 | 1,33 | 7,35 | 1,49 | 2,34 |
| Palvelu | 21 | 2,65 | 29,89 | 0,22 | 22,82 | 1,31 | 2,44 |
| Yhteensä | 100 | 1,57 | 14,74 | 0,54 | 8,91 | 0,89 | 1,53 |

Taulukossa lihavoituna olevat KAH-arvot on laskettu asiakasryhmien energiaosuuksia painottamalla. Lasketaan esimerkkinä kaavaa 1 käyttäen odottamattoman keskeytyksen kW:n hinta (k_o) energiapainotuksilla.

$$k_o = \frac{E_k}{100\%} \cdot k_k + \frac{E_m}{100\%} \cdot k_m + \frac{E_t}{100\%} \cdot k_t + \frac{E_j}{100\%} \cdot k_j + \frac{E_p}{100\%} \cdot k_p \quad (1)$$

jossa

E_i on asiakasryhmän i energiaosuus (%)

k_i on asiakasryhmälle i odottamattomassa keskeytyksessä aiheutuvan haitan määrä euroina kW:a kohden.

k on kotitalous

m on maatalous

t on teollisuus

j on julkinen

p on palvelut

Sijoitetaan arvot kaavaan 1.

$$k_o = \frac{43\%}{100\%} \cdot 0,36 \frac{\text{€}}{\text{kW}} + \frac{7\%}{100\%} \cdot 0,45 \frac{\text{€}}{\text{kW}} + \frac{17\%}{100\%} \cdot 3,52 \frac{\text{€}}{\text{kW}} + \frac{12\%}{100\%} \cdot 1,89 \frac{\text{€}}{\text{kW}} + \frac{21\%}{100\%} \cdot 2,65 \frac{\text{€}}{\text{kW}} = 1,57 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

Tuloksesta nähdään, että asiakasryhmien energiaosuuksia painottamalla saatiin keskimääräiseksi yhden kW:n hinnaksi vikakeskeytyksessä 1,57 euroa, kun oletettiin asiakasryhmien jakautuvan kyseisten prosenttiosuuksien mukaisesti. Energiapainotetuista KAH-arvoista muodostettiin yksi yhteinen arvo, koska ei tiedetty, mille asiakasryhmälle

keskeytykset kohdistuvat. Nämä vuoden 2005 rahan arvolla lasketut asiakasryhmäkohtaiset energiaosuuksilla painotetut arvot ovat tällä hetkellä käytössä Energiamarkkinavirastolla. Loput lihavoituna olevat KAH-parametrit lasketaan myös kaavan 1 periaatteella muuttamalla kaavan KAH-parametrit laskettavaa saraketta vastaaviksi.

Taulukon 1 KAH-parametrien laskennassa on otettu huomioon vain energiapainotus. Vuonna 2007 tehdyssä Honkapuron, Tahvanaisen, Viljaisen, Partasen, Mäkisen, Verhon ja Järventaustan raportissa on esitetty KAH-parametrit, joissa on otettu energiapainotuksen lisäksi huomioon keskeytysmäärien ja -ajankohtien vaihtelut. Raportissa määritetyt valtakunnalliset KAH-arvot on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Valtakunnalliset KAH-parametrit (Honkapuro ym. 2007, 35)

| Odottamaton | | Suunniteltu | | PJK | AJK |
|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|
| €/kW | €/kWh | €/kW | €/kWh | €/kW | €/kW |
| 1,1 | 11 | 0,5 | 6,8 | 0,55 | 1,1 |

Keskeytyksestä aiheutuva haitta muodostuu tavallisesti asiakkaiden tehojen, KAH-parametrien, verkon suojausvyöhykkeiden ja johdinten vikataajuuksien perusteella. Haitta muodostuu pitkien keskeytysten ajasta ja lukumääristä sekä PJK:n ja AJK:n lukumääristä. Kaavaa 2 käyttäen voidaan laskea vuotuinen keskeytyshaitta esimerkiksi muuntopiirille tai lähdölle. (Partanen, Lassila, Kaipia, Matikainen, Järventausta, Verho, Mäkinen, Kivikko, Pylvänäinen & Nurmi 2006, 29.)

$$KAH = \sum_{ar=1}^{ar_{lkm}} \left[\frac{W(ar)}{8760} (k_v(ar) \cdot t_v + k_t(ar) \cdot t_t + k_{vm}(ar) \cdot lkm_v + k_{tm}(ar) \cdot lkm_t + k_{pjk}(ar) \cdot lkm_{pjk} + k_{ajk}(ar) \cdot lkm_{ajk}) \right] \quad (2)$$

jossa

KAH on keskeytyksestä aiheutuva haitta vuodessa (€/a)

$W(ar)$ on asiakasryhmän ar vuosienenergia (kWh)

ar_{lkm} on asiakasryhmien lukumäärä

$k_v(ar)$ on asiakasryhmän ar KAH-parametri pysyville vioille (€/kWh)

t_v on pysyvien vikojen kokonaiskesto-aika (h/a)

$k_t(ar)$ on asiakasryhmän ar KAH-parametri työkeskeytyksille (€/kWh)

t_t on työkeskeytysten kokonaiskesto-aika (h/a)

$k_{vm}(ar)$ on asiakasryhmän ar KAH-parametri pysyville vioille (€/kW, vika)

lkm_v on pysyvien vikojen kokonaismäärä (kpl/a)

$k_{tm}(ar)$ on asiakasryhmän ar KAH-parametri työkeskeytyksille (€/kW, vika)

lkm_t on työkeskeytysten kokonaismäärä (kpl/a)

$k_{pjk}(ar)$ on asiakasryhmän ar KAH-parametri pikajälleenkytkennöille (€/kW, vika)

lkm_{pjk} on pikajälleenkytkentöjen kokonaismäärä (kpl/a)

$k_{ajk}(ar)$ on asiakasryhmän ar KAH-parametri aikajälleenkytkennöille (€/kW, vika)

lkm_{ajk} on aikajälleenkytkentöjen kokonaismäärä (kpl/a)

Lasketaan esimerkkinä vuotuinen KAH-arvo tilanteessa, jossa teollisuusasiakkaan vuosienenergia on 500000 kWh. Vuoden aikana on yksi tunnin mittainen vikakeskeytys. Työkeskeytyksiä, aikajälleenkytkentöjä tai pikajälleenkytkentöjä ei ole. Sijoitetaan arvot kaavaan 2.

$$KAH = \sum_{ar=1}^1 \left[\frac{500000 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} \left(24,45 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 1 \text{ h} + 11,47 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 0 \text{ h} + 3,52 \frac{\text{€}}{\text{kW}} \cdot 1 + 1,38 \frac{\text{€}}{\text{kW}} \cdot 0 + 2,19 \frac{\text{€}}{\text{kW}} \cdot 0 + 2,87 \frac{\text{€}}{\text{kW}} \cdot 0 \right) \right] = 1596,5 \text{ €}$$

Kaavasta saatava arvo on keskimääräinen haitta yhden tunnin keskeytykselle. Kello 13–14 välillä tapahtuvan keskeytyksen haitta on yleensä keskimääräistä arvoa suurempi.

4.3 Muita keskeytysindeksejä

$SAIFI$ on indeksi, jota käytetään ilmaisemaan pitkien keskeytysten lukumäärää. Se määritetään yleensä loppuasiakasta kohden vuoden ajalta. Keskeytystaajuus f_{SAIFI} kertoo, kuinka monta kertaa asiakkaalla keskimäärin katkeaa sähköntoimitus. Se voidaan määrittää laskemalla kaikkien asiakkaiden keskeytysmäärät yhteen valitulla ajanjaksolla ja jakamalla se kaikkien asiakkaiden lukumäärällä (kaava 3). (Elovaara ym. 2011, 422–423.)

$$f_{SAIFI} = \frac{1}{N_C} \sum_{i=1}^K N_i \quad (3)$$

jossa

N_C on kaikkien asiakkaiden lukumäärä

N_i on keskeytyksen i asiakkaiden lukumäärä

K on keskeytysten lukumäärä

SAIDI on indeksi, joka kuvaa keskeytyksen keskimääräistä pituutta asiakasta kohden. Indeksistä käytetään myös nimitystä *CML*. Indeksini (U_{CML}) lasketaan jakamalla kaikkien asiakkaiden kaikkien keskeytysten kestoajkojen summa valittuna aikajaksona kaikkien asiakkaiden lukumäärällä (kaava 4). (Elovaara ym. 2011, 423.)

$$U_{CML} = \frac{1}{N_C} \sum_{i=1}^K N_i \cdot t_i \quad (4)$$

jossa

N_C on kaikkien asiakkaiden lukumäärä

K on keskeytysten lukumäärä

N_i on keskeytyksen i asiakkaiden lukumäärä

t_i on keskeytyksen i kesto

CAIDI on indeksi, joka kuvaa tapahtuneiden keskeytysten keskimääräistä kestoä. Tämä indeksi (D) voidaan laskea jakamalla kaikkien tiettyä aikana tapahtuneiden keskeytysten pituus kyseisten keskeytysten lukumäärällä (kaava 5). (Elovaara ym. 2011, 423.)

$$D = \frac{U_{CML}}{f_{SAIFI}} = \frac{\sum_{i=1}^K N_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^K N_i} \quad (5)$$

SAIFI, *SAIDI* ja *CAIDI* ovat yleisimmät indeksit verkkoyhtiöiden sähkönjakelun laatua mitattaessa. (Elovaara ym. 2011, 423).

A_{SAI} indeksillä kuvataan pitkän aikavälin keskimääräistä käytettävyyttä ja se voidaan laskea kaavalla 6. (Elovaara ym. 2011, 424).

$$A_{SAI} = 1 - \frac{U_{CML}}{8760} \quad (6)$$

jossa

U_{CML} on keskeytyksen keskimääräinen pituus asiakasta kohti vuodessa tunteina

Indeksi *MAIFI* ottaa huomioon myös lyhyet keskeytykset, koska jollekin asiakkaille voi olla haittaa myös lyhyistä keskeytyksistä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi teollisuusprosessit. *MAIFI* lasketaan kaavaa 3 käyttäen, mutta siinä otetaan huomioon myös lyhyet keskeytykset. (Elovaara ym. 2011, 424.)

TJS eli toimittamatta jäänyt sähköenergia on voimajärjestelmille määritelty indeksi, joka lasketaan kertomalla vian alkamishetken teho ja keskeytyksen kesto aika keskenään. Laskutavat vaihtelevat eri pohjoismailla. (Elovaara ym. 2011, 424.)

5 VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄ JA KÄYTÖNTUKIJÄRJESTELMÄ

5.1 Tekla NIS

Vakka-Suomen Voima Oy:llä on käytössään Tekla NIS verkkotietojärjestelmä. Verkkotietojärjestelmä on tarkoitettu verkon hallintaan ja verkko-omaisuuden dokumentointiin. Verkkotietojärjestelmän oleellisimpana toimintona on verkon suunnittelu. Verkkotietojärjestelmä sisältää verkon suunnittelua varten laajoja tietokantoja. Tietokannat sisältävät teknistä tietoa verkosta ja sen suunnittelusta siirtoverkoista aina pienjänniteliittymille asti. Esimerkkejä tietokannoista ovat esimerkiksi kunnossapitotiedot- sekä kaapelityyppitietokanta. Suunnittelun lisäksi muita yleisiä toimintoja verkkotietojärjestelmässä ovat ylläpito-, verkostolaskenta-, kunnossapito- ja rakentamistoiminnot. (Leppämäki, 10.)

Tekla NIS verkkotietojärjestelmän käyttöliittymä on graafinen muodostuen erilaisista taustakartoista, verkkokuvista sekä kaavionäkymistä. Käyttöliittymän näkymä vaihtelee käyttäjän mukaan. (Ojanperä, 14.)

VSV Oy:llä on myös ohjelmassa joitain omia sovelluksia, kuten vioista ilmoittava tekstiviestipalvelu, vikojen paikannuspalvelu sekä relueluntasovellus. Tekla NIS verkkotietojärjestelmää hyödynnettiin tässä työssä verkon ja sen komponenttien tarkasteluun.

5.2 Tekla NIS DMS

Vakka-Suomen Voima Oy:llä on käytöntukijärjestelmänä Tekla NIS DMS -ohjelma. Käytöntukijärjestelmällä hallitaan kytkentätilannetta ja voidaan simuloida tulevia kytkentöjä verkon nykyisestä tilasta. Tämän ansiosta on mahdollista toteuttaa kytkentöjä, joilla vältetään sähkökatkokset. Käytöntukijärjestelmällä voidaan hallita jakelun häiriötilanteita sekä ylläpitää ja valvoa verkon sen hetkistä kytkentätilaa sekä simuloituna että reaaliaikaisesti. Käytöntukijärjestelmällä voidaan lisäksi tarkastella ja muokata verkon keskeytyksiä ja tapahtumia. Käytöntukijärjestelmä sisältää myös paljon erilaisia sovelluksia, kuten verkon topologian seuranta. Lisäksi voidaan suorittaa erilaista verkon

laskentaa, kuten sähköteknistä laskentaa sekä kuormitusten tarkastelua ja ennustamista. (Tekla, Tekla DMS.)

Käytäntukijärjestelmä tarvitsee rinnalleen käytönvalvontajärjestelmän (SCADA), jotta sillä pystytään ohjaamaan prosessia ja saamaan samalla tietoa prosessista. Käytönvalvontajärjestelmällä voidaan ohjata kauko-ohjattavia laitteita. Käytäntuki- ja käytönvalvontajärjestelmän suurimpana erona on, että käytönvalvontajärjestelmä siirtää ja käsittelee tietoa kentältä valvomoon ja käytäntukijärjestelmä puolestaan pystyy analysoimaan ja päättelemään verkon tilannetta. (Ojanperä, 14.)

Käytäntukijärjestelmän hyödyllisyys ja käytettävyys perustuu ohjelman integroitavuuteen ja useiden perinteisesti erillään toimivien ulkoisten tietojärjestelmien käyttöön. Käytäntukijärjestelmä on liitetty lähiverkkoon (LAN), mikä mahdollistaa pääsyn muihin tietojärjestelmiin, kuten asiakastietojärjestelmään. Kuvassa 6 on esitetty käytäntukijärjestelmän kytkeytyminen muihin järjestelmiin. Käytäntukijärjestelmän perustana on siis verkkoyhtiön eri tietojärjestelmien yhdistäminen. (Raussi, 65.)



KUVA 6. Käytäntukijärjestelmän liittyminen muihin järjestelmiin (Raussi, 66.)

Tämän työn toteuttamisessa käytettiin oleellisena osana Tekla NIS DMS käytäntukijärjestelmää. KAH-arvon laskennassa käytettiin hyväksi ohjelmasta saatavia FFEA-keskeytysraportteja, jotka tukee Energiamarkkinaviraston (EMV) jakeluverkkotoimin-

nan laatua kuvaavien tunnuslukujen laskentaa sekä Energiateollisuus ry:n Keskeytystilastointi 2005 -ohjeen mukaista raportointia. Muiden keskeytystä kuvaavien tunnuslukujen laskennassa käytettiin lisäksi ohjelmiston keskeytysanalyysi-toimintoa. Lisäksi työssä hyödynnettiin ohjelman keskeytyshistoria-toimintoa sekä tapahtumapäiväkirjaa. Keskeytyshistoriaa käytettiin keskeytysten tekemisessä ja niiden muokkaamisessa. Tapahtumapäiväkirjaa käytettiin keskeytyksiin liittyvien tapahtumien muokkaamiseen.

6 VAKKA-SUOMEN VOIMA OY:N VERKKO

6.1 Yleistiedot

Vakka-Suomen Voima Oy:llä on omistamassaan verkossaan 1261 jakelumuuntamoita, 7 sähköasemaa sekä noin 1253 km keskijänniteverkkoa. Lisäksi verkossa on 6 VSV:n omistamaa kytkinasemaa ja 48 kauko-ohjattavaa erotinasemaa. Jakelumuuntamoista noin 20 % on asemakaava-alueella. Verkosta on maassa ja vedessä yhteensä noin 142 km ja ilmassa 1110 km. Näistä luvuista laskemalla maakaapeloidun verkon osuudeksi tulee noin 11 %. Maakaapeloidun verkon osuus on siis verkossa kohtuullisen pieni. Tämä johtuu siitä, että suurin osa verkosta on taajaman ulkopuolella olevaa maaseutuverkkoa. Verkon ilmajohtoista metsäosuuksilla on Laitilassa noin 40 %, Uudessakaupungissa noin 51 % sekä Rauman kunnan alueella noin 50 %. Taulukossa 3 on esitetty maakaapeliverkon ja ilmajohtoverkon pituudet sähköasemittain sekä maakaapeloinnin prosentuaalinen osuus verkosta.

TAULUKKO 3. VSV:n keskijänniteverkon pituus

| Sähköasema | Maakaapeloitu (m) | Ilmajohtoa (m) | Kokonaispituus (m) | Maakaapelointi (%) |
|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Sanno | 23815 | 49138 | 72953 | 32,6 |
| Ketunkallio | 61375 | 127730 | 189105 | 32,5 |
| Kalanti | 10243 | 138329 | 148572 | 6,9 |
| Laitila | 33923 | 212007 | 245930 | 13,8 |
| Lappi | 4812 | 296309 | 301121 | 1,6 |
| Ihode | 2315 | 112450 | 114765 | 2,0 |
| Monna | 5349 | 173900 | 179249 | 3,0 |
| Yhteensä | 141832 | 1109863 | 1253024 | 11,3 |

Verkon jakelumuuntajista vain noin 7 % on puuvarmassa verkossa. Puuvarma verkko koostuu lähes kokonaan maakaapeloidusta verkosta, koska vain näillä tavoilla voidaan saavuttaa puuvarmuus. Puuvarmojen jakelumuuntajien prosentuaalinen osuus koko jakelumuuntajien määrästä ei ole kuitenkaan sama kuin maakaapeloidun verkon osuus koko verkosta. Tämä johtuu siitä, että jo pienikin ilmajohto-osuus jakelumuuntajien välissä tekee kyseisen verkon loppuosasta epävarman. Taulukossa 4 on esitetty sähköasemakohtaisesti verkon asiakkaiden, erotinasemien ja jakelumuuntamoiden määrä sekä puuvarmojen jakelumuuntamoiden osuus.

TAULUKKO 4. VSV:n verkon asiakkaiden, erotinasemien ja jakelumuuntamoiden määrä

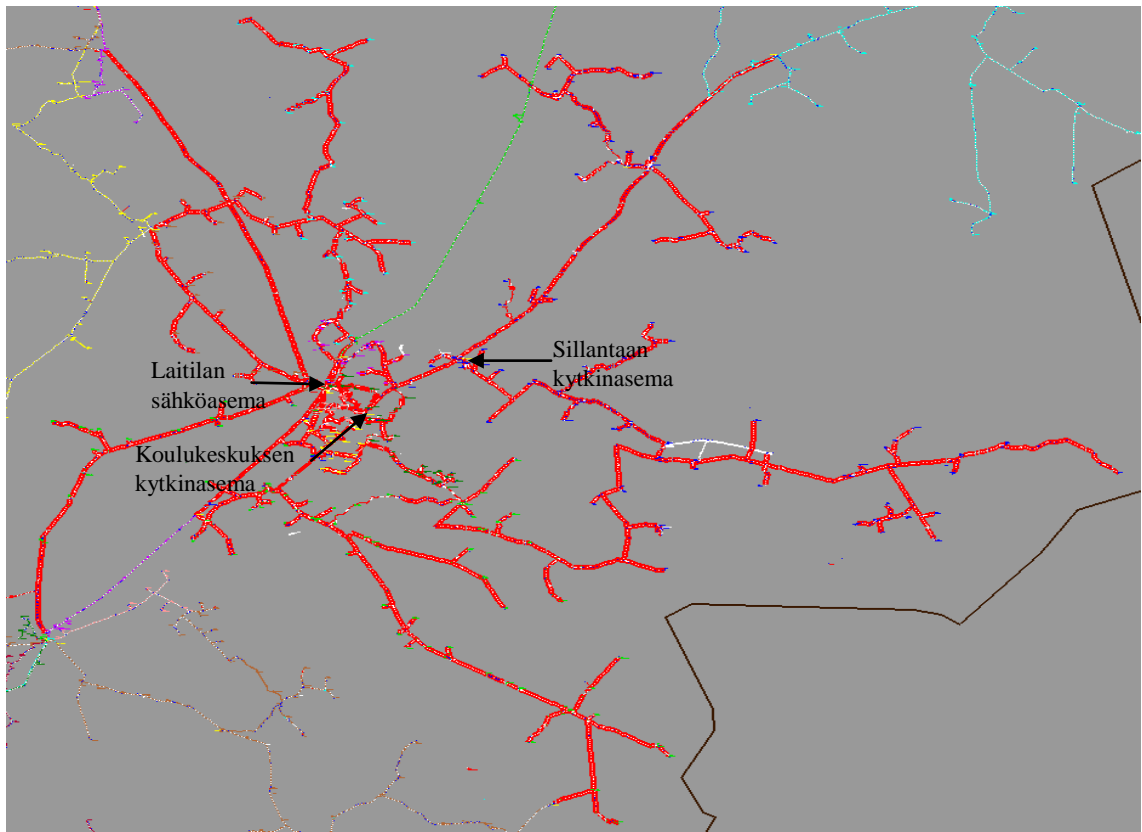
| Sähköasema | Asiakasmäärä | Erotinasemat (kpl) | Jakelu- muuntamot (kpl) | Puuvarmat jakelumuun- tamot (kpl) | Ei puuvarmat jakelumuunta- mot (kpl) | Puuvarmat jakelumuun- tamot (%) |
|-----------------|--------------|--------------------|----------------------------|---|--|---------------------------------------|
| Sanno | 1140 | 4 | 64 | 3 | 61 | 4,7 |
| Ketunkallio | 6698 | 9 | 192 | 54 | 138 | 28,1 |
| Kalanti | 2139 | 6 | 164 | 3 | 161 | 1,8 |
| Laitila | 5875 | 7 | 250 | 20 | 230 | 8,0 |
| lappi | 3327 | 11 | 254 | 1 | 253 | 0,4 |
| ihode | 1931 | 4 | 120 | 3 | 117 | 2,5 |
| monna | 3403 | 7 | 213 | 0 | 213 | 0 |
| Yhteensä | 24513 | 48 | 1257 | 84 | 1173 | 6,7 |

Jakelumuuntamoista noin 80 % on pylväs- tai tiilikoppimuuntamoita. Lopuista muuntamoista 13 % on kiinteistömuuntamoita ja 87 % puistomuuntamoita. Seuraavissa kapaleissa esitellään Vakka-Suomen Voima Oy:n verkkoa sähköasemittain. Verkon ja sähköasemien pääkaavioiden kuvat on otettu Tekla NIS -ohjelmasta.

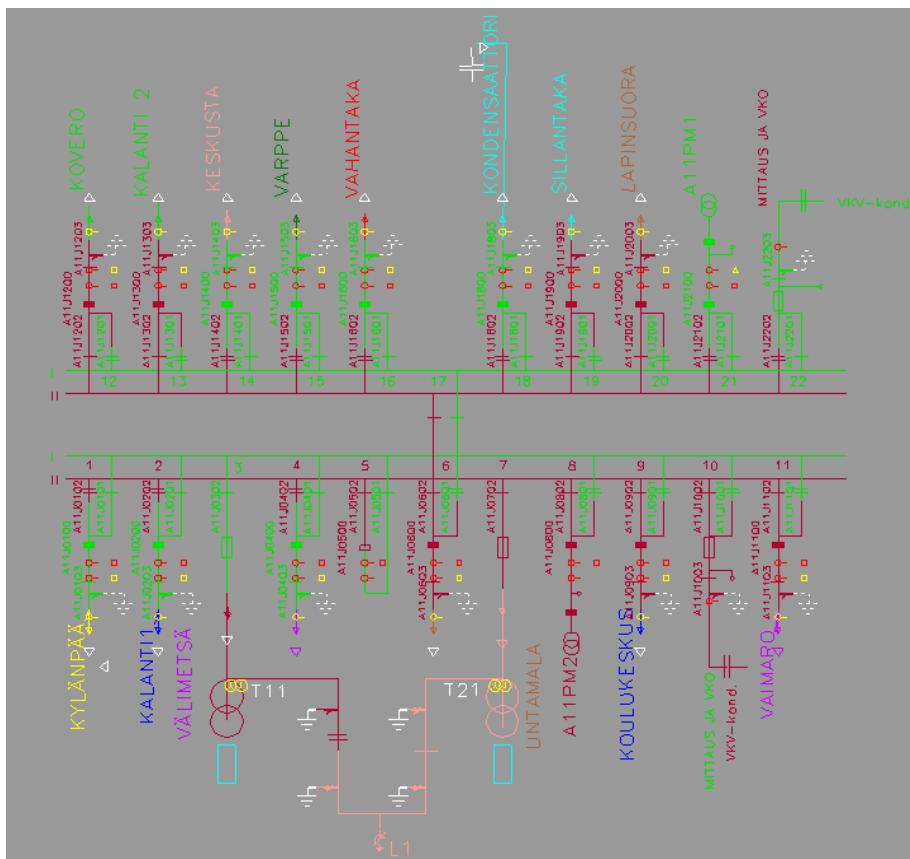
6.2 Sähköasemat

6.2.1 Laitila

Laitilan sähköasema sijaitsee Laitilan asemakaava-alueella VSV:n teknisen keskuksen vieressä. Kuvassa 7 on korostettu Laitilan sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 8 Laitilan sähköaseman pääkaavio.



KUVA 7. Laitilan sähköaseman syöttämä verkko

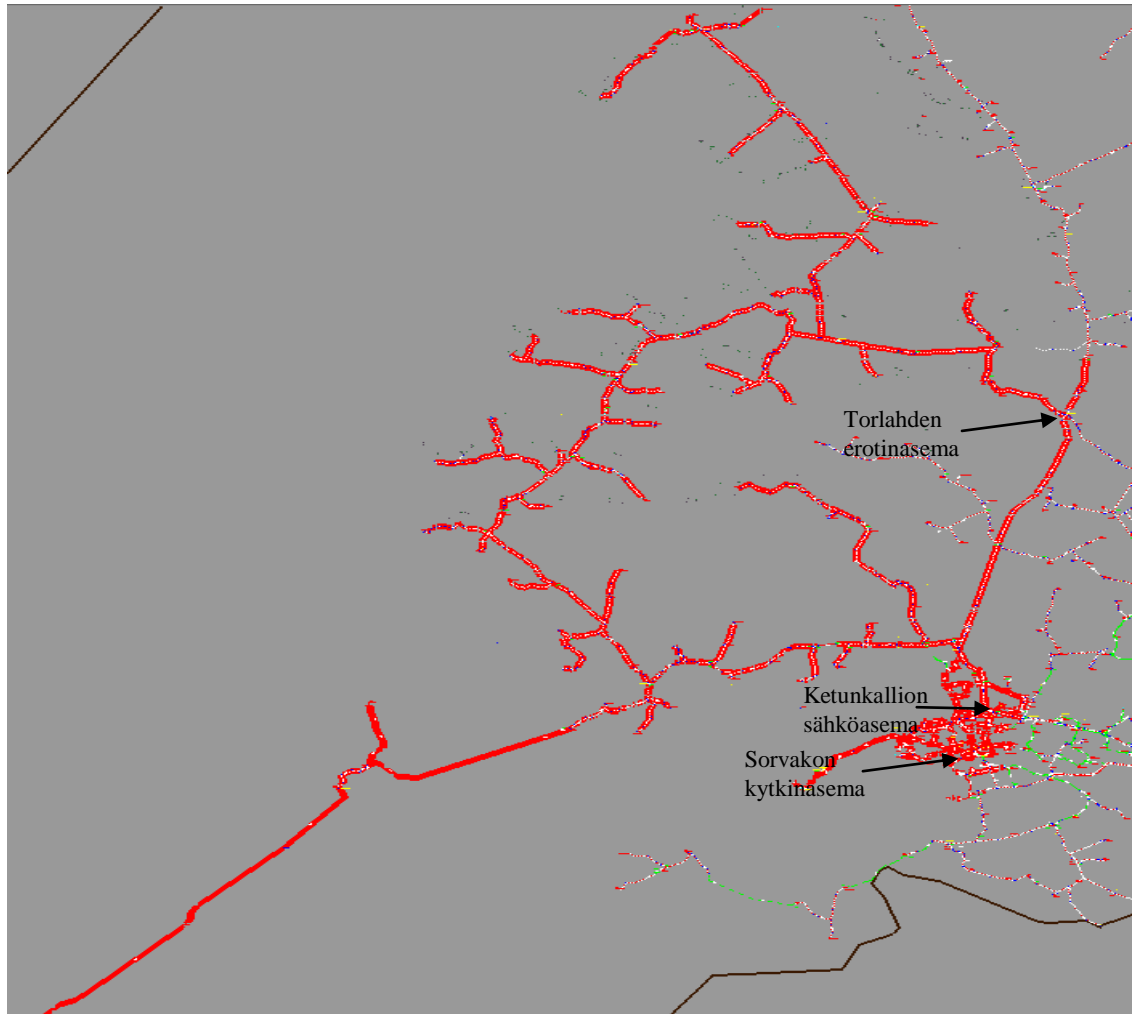


KUVA 8. Laitilan sähköaseman pääkaavio

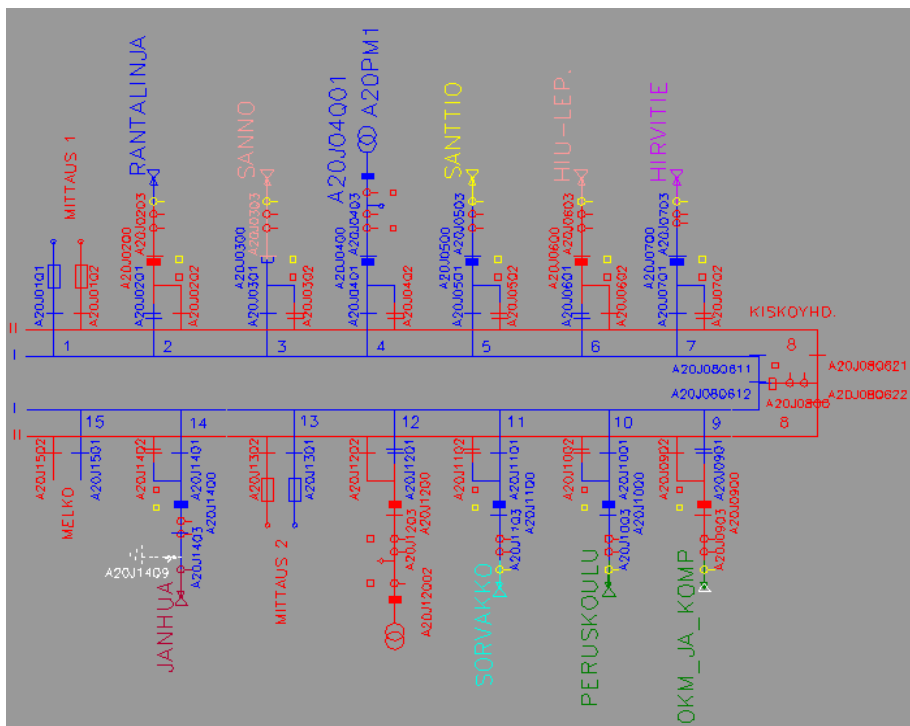
Laitilan sähköasemalla on 13 keskijännite johtolähtöä sekä kaksi päämuuntajaa, joiden koot ovat 20 MVA. Verkon pituus on noin 246 km. Verkosta on maakaapeloitu noin 14 % ja puuvarmojen jakelumuuntamoiden osuus on noin 8 %. Verkon syöttämä alue on pääasiassa haja-asutusaluetta Laitilan taajamaa lukuun ottamatta. Koulukeskuksen lähdöltä löytyy myös kaksi kytkinasemaa, jotka ovat Koulukeskus ja Sillantaka. Koulukeskuksen kytkinasema saa syöttönsä koulukeskuksen lähdestä ja Sillantaan kytkinasema puolestaan saa syöttönsä Koulukeskuksen kytkinasemalta Matikan lähdestä. Molemmilla kytkinasemilla lähtöjen suojina on katkaisijoita. Keskijänniteverkossa on myös yksi pitkä häntä alueen länsipuolella. Tähän olisi hyvä saada varasyöttöyhteys Fortumin sähköverkosta tai aseman jostain muusta lähdestä esimerkiksi muuntamon 731 kautta.

6.2.2 Ketunkallio

Ketunkallion sähköasema sijaitsee Uudenkaupungin asemakaava-alueella Ketunkallion alueella. Kuvassa 9 on korostettu Ketunkallion sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 10 Ketunkallion sähköaseman pääkaavio.



KUVA 9. Ketunkallion sähköaseman syöttämä verkko

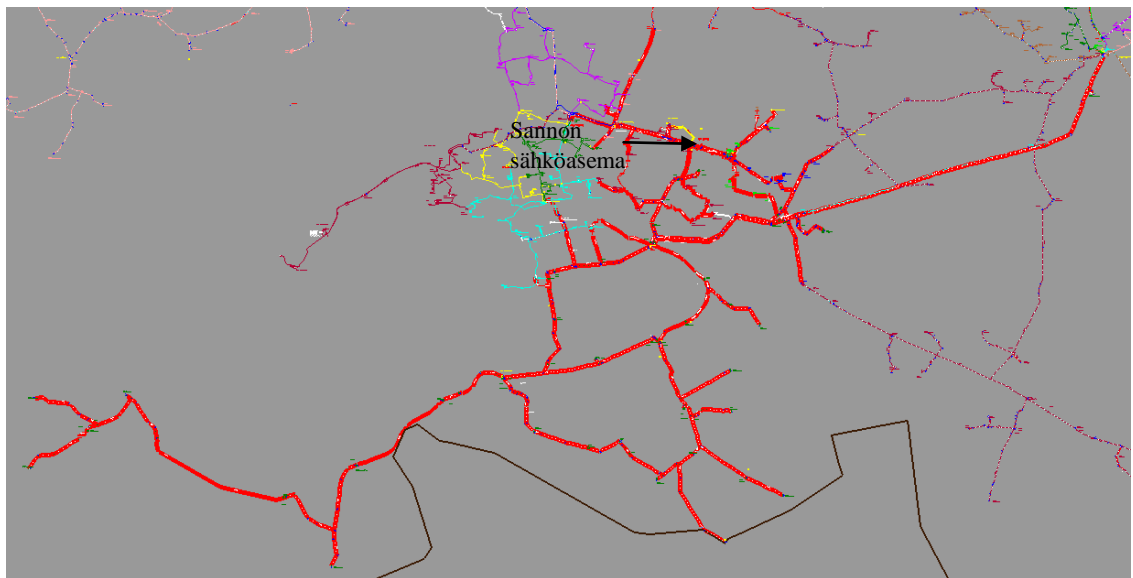


KUVA 10. Ketunkallion sähköaseman pääkaavio

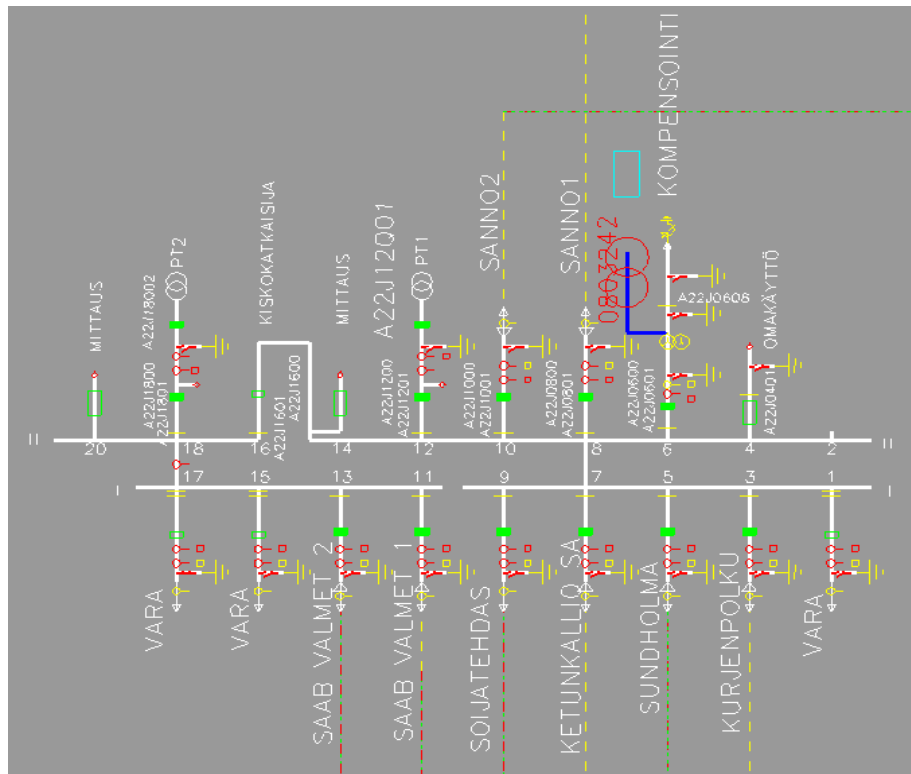
Ketunkallion sähköasemalla on 8 keskijännite johtolähtöä sekä kaksi päämuuntajaa, joiden koot ovat 25 ja 31,5 MVA. Verkon pituus on noin 189 km. Verkosta on maakaapeloitu noin 32 %. Puuvarmojen jakelumuuntamoiden osuus on noin 28 %. Verkon syöttämä alue koostuu Uudenkaupungin haja-asutusalueesta ja taajama-alueesta. Sorvaston kytkinasemaa saa syöttönsä Sorvaston lähdöstä. Sorvaston kytkinasemalla lähtöjen suojina toimii ennen pääkiskoa oleva katkaisija. Ketunkallion sähköaseman verkossa on myös Torlahden erotinasema, joka saa syöttönsä Rantalinjan lähdöstä. Torlahden erotinasemalla lähtöjen suojina toimii kaksi katkaisijaa.

6.2.3 Sanno

Sannon sähköasema sijaitsee Uudenkaupungin asemakaava-alueella autotehtaan vieressä. Kuvassa 11 on korostettu Sannon sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 12 Sannon sähköaseman pääkaavio.



KUVA 11. Sannon sähköaseman syöttämä verkko

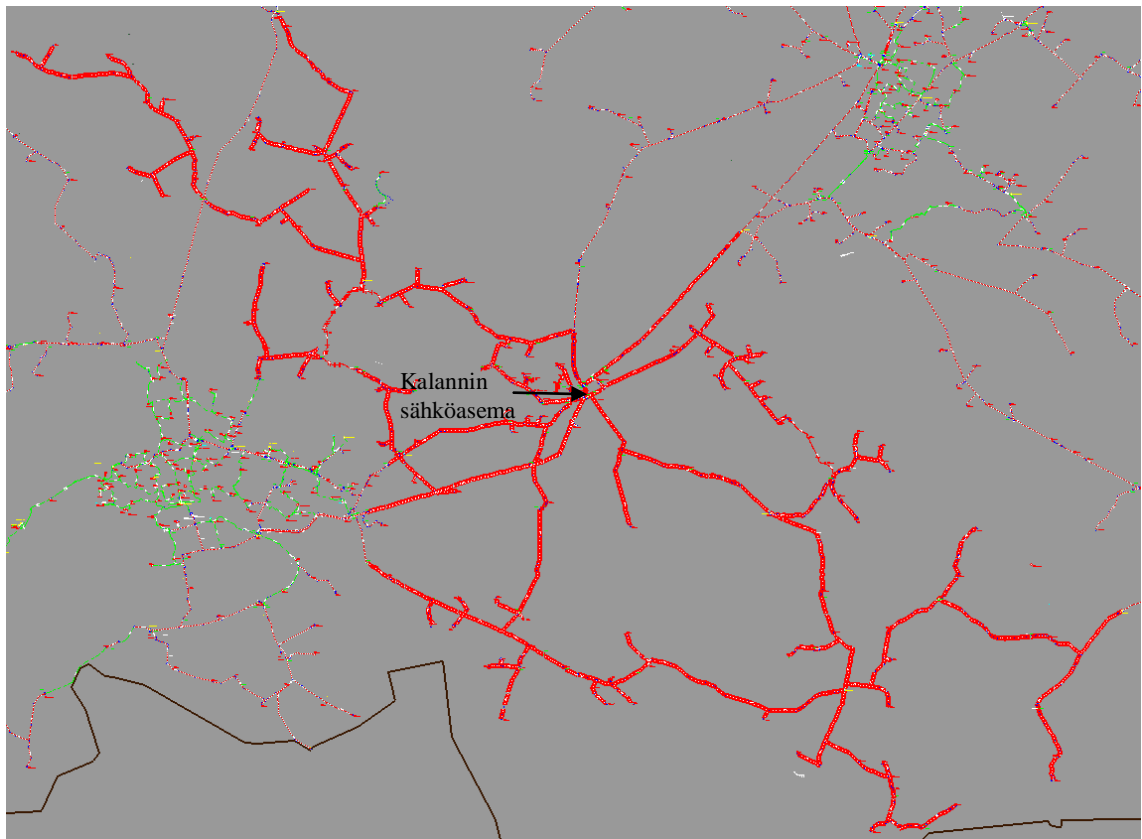


KUVA 12. Sannon sähköaseman pääkaavio

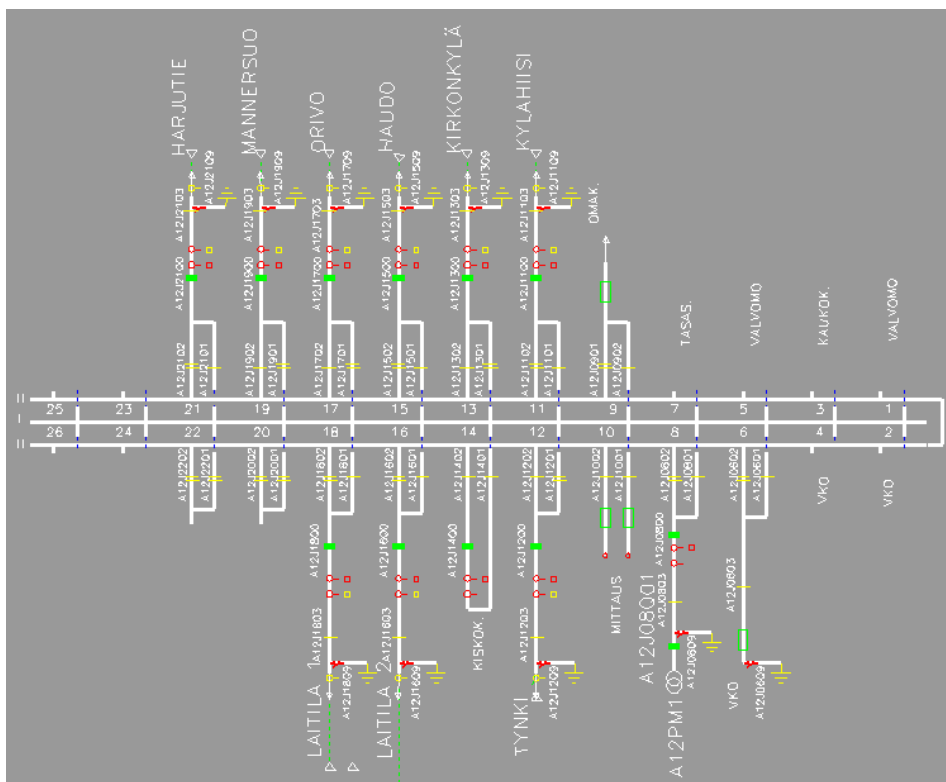
Sannon sähköasemalla on 8 keskijännite johtolähtöä. Päämuuntajat on kooltaan 20 MVA. Verkon pituus on noin 73 km, joka on VSV:n sähköasemien pienin määrä. Verkosta on maakaapeloitu noin 33 %, joka on koko verkon suurin määrä. Puuvarmojen jakelumuuntamoiden osuus on noin 5 %. Verkon syöttämä alue koostuu Uudenkaupungin haja-asutusalueesta ja taajama-alueesta. Sannon sähköaseman merkittävimpinä lähdeinä ovat Uudenkaupungin autotehtaan lähdet Saab Valmet 1 ja Saab Valmet 2.

6.2.4 Kalanti

Kalannin sähköasema sijaitsee Uudenkaupungissa Kalannin asemakaava-alueella. Kuvassa 13 on korostettu Kalannin sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 14 Kalannin sähköaseman pääkaavio.



KUVA 13. Kalannin sähköaseman syöttämä verkko

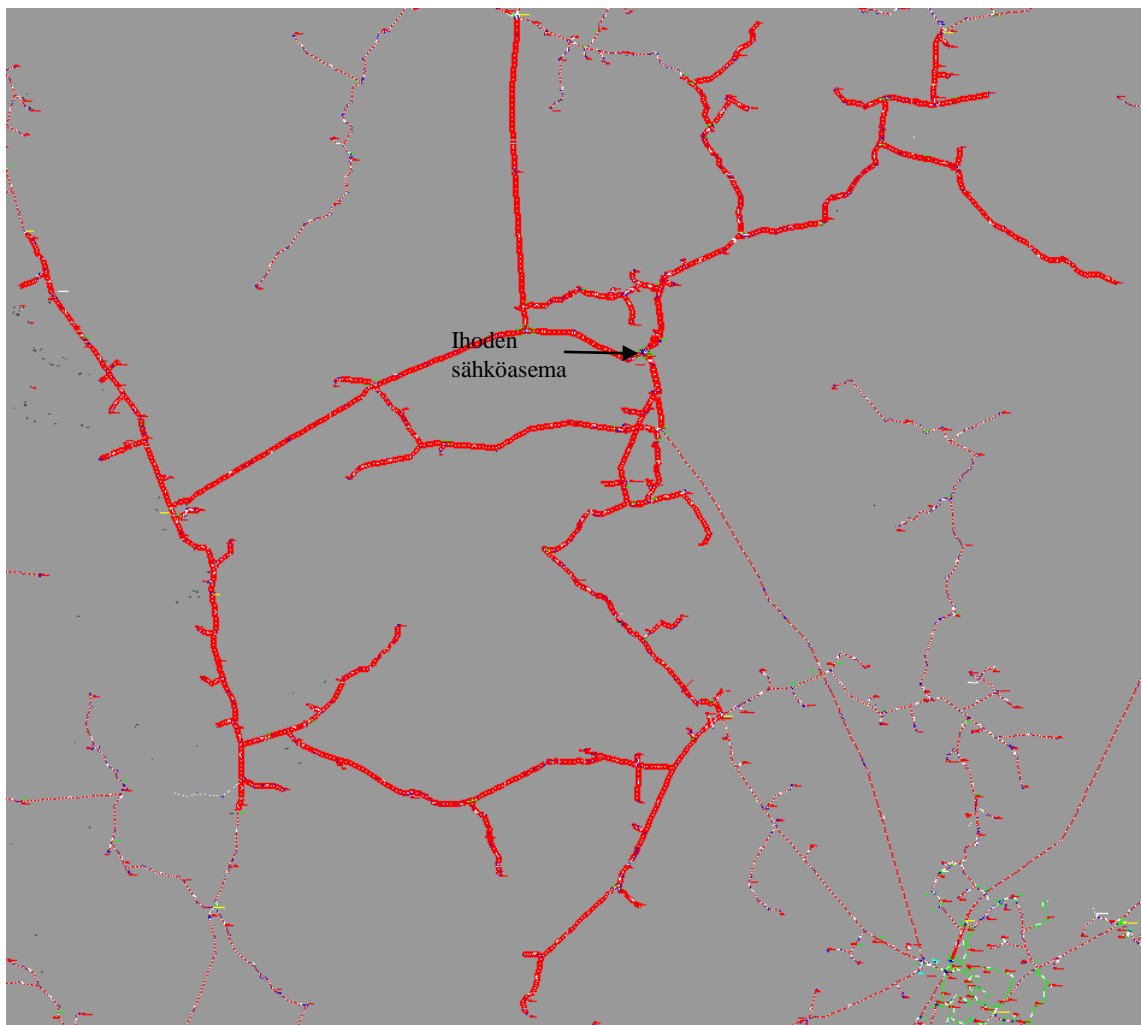


KUVA 14. Kalannin sähköaseman pääkaavio

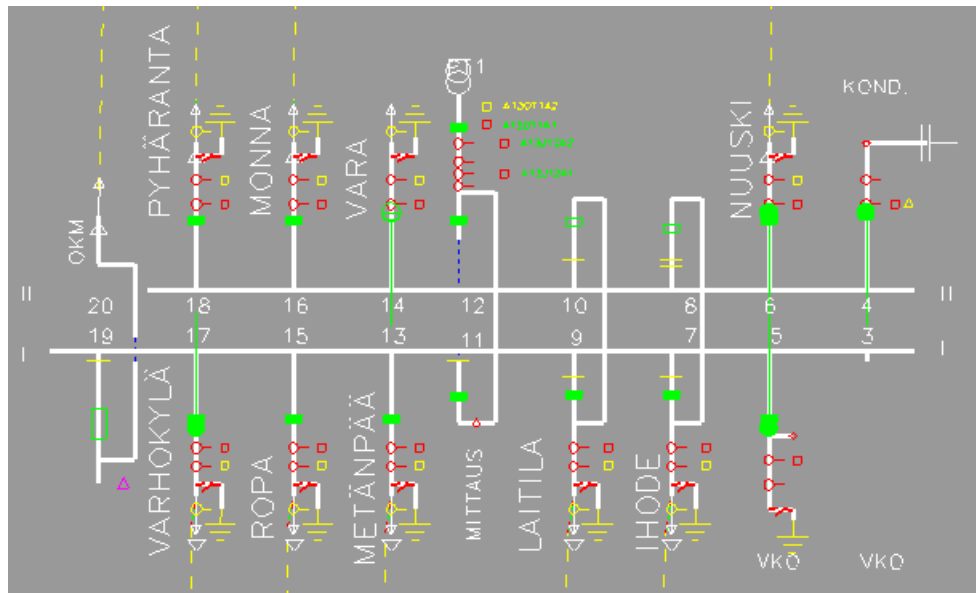
Kalannin sähköasemalla on 9 keskijännite johtolähtöä. Päämuuntajan koko on 15 MVA. Verkon pituus on noin 149 km. Verkosta on maakaapeloitu noin 7 %. Puuvarmojen jakelumuuntamoiden osuus on noin 2 %. Verkon syöttämä alue koostuu pääosin Uudenkaupungin haja-asutusalueesta.

6.2.5 Ihode

Ihoden sähköasema sijaitsee Pyhärannan kunnassa Ihoden asemakaava-alueella. Kuvassa 15 on korostettu Ihoden sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 16 Ihoden sähköaseman pääkaavio.



KUVA 15. Ihoden sähköaseman syöttämä verkko

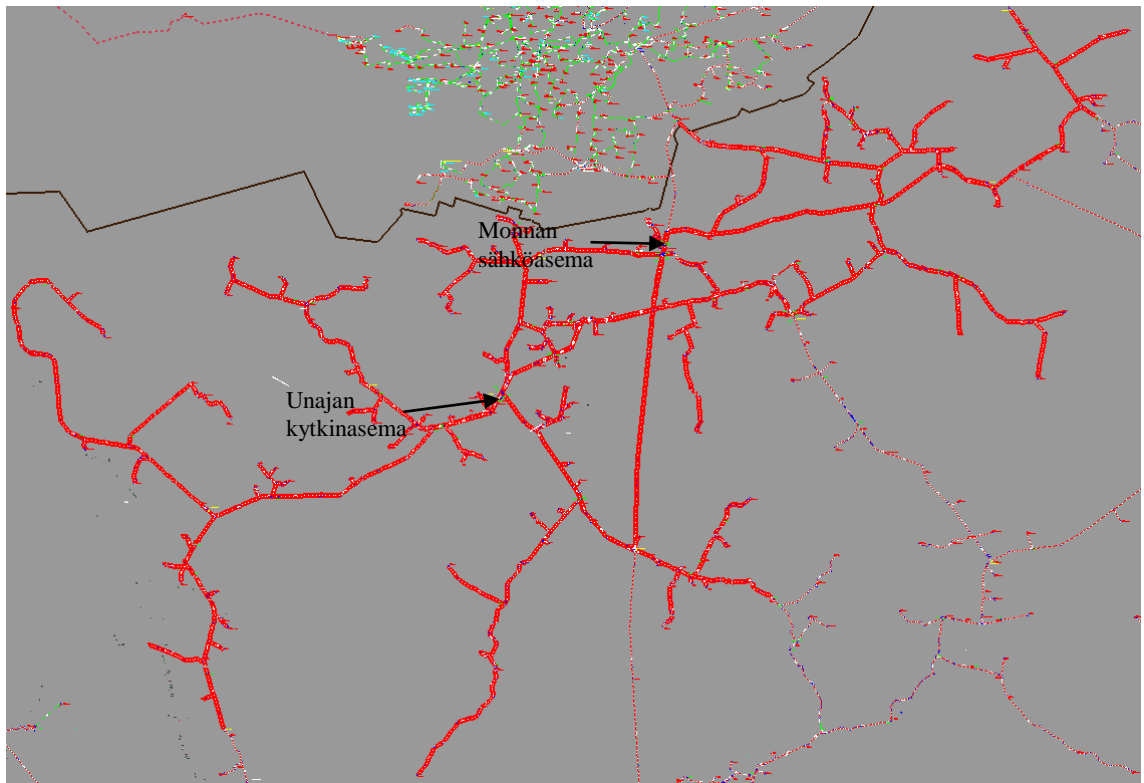


KUVA 16. Ihoden sähköaseman pääkaavio

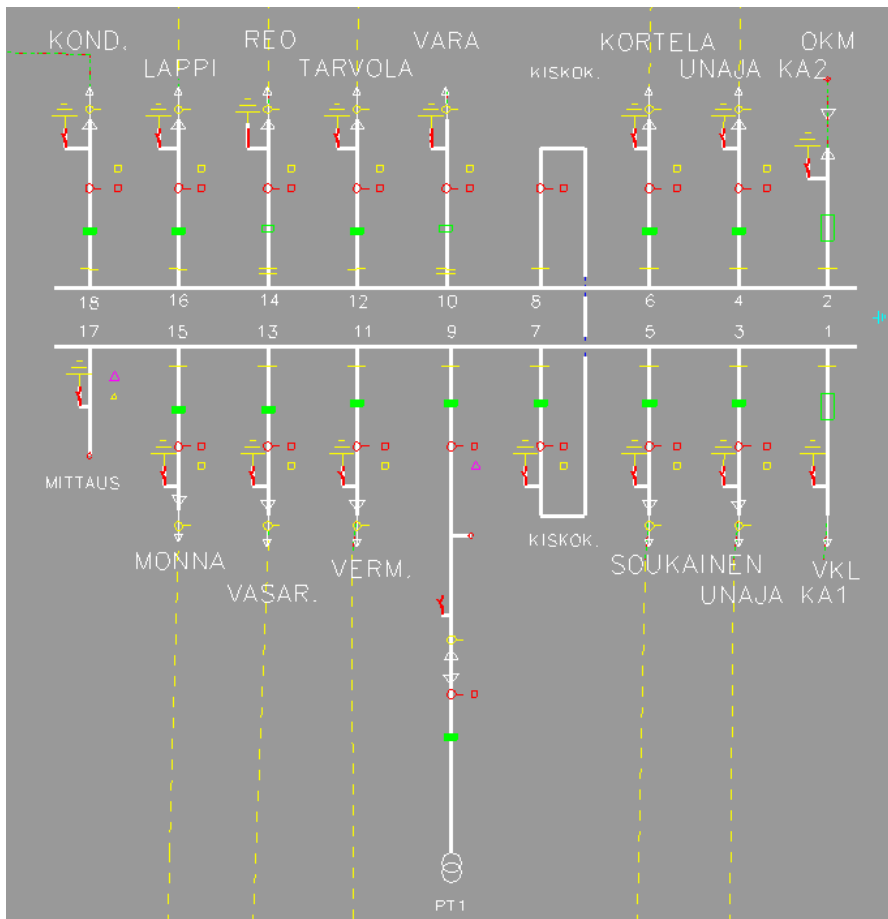
Ihoden sähköasemalla on 8 keskijännite johtolähtöä. Päämuuntajan koko on 16 MVA. Verkon pituus on noin 115 km. Verkosta on maakaapeloitu noin 2 %. Puuvarmojen jakelumuuntamoiden osuus on noin 2,5 %. Verkon syöttämä alue koostuu Pyhärannan ja Laitilan taajama- ja haja-asutusalueista.

6.2.6 Monna

Monnan sähköasema sijaitsee Rauman haja-asutusalueella Monnan alueella. Kuvassa 17 on korostettu Monnan sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 18 Monnan sähköaseman pääkaavio.



KUVA 17. Monnan sähköaseman syöttämä verkko

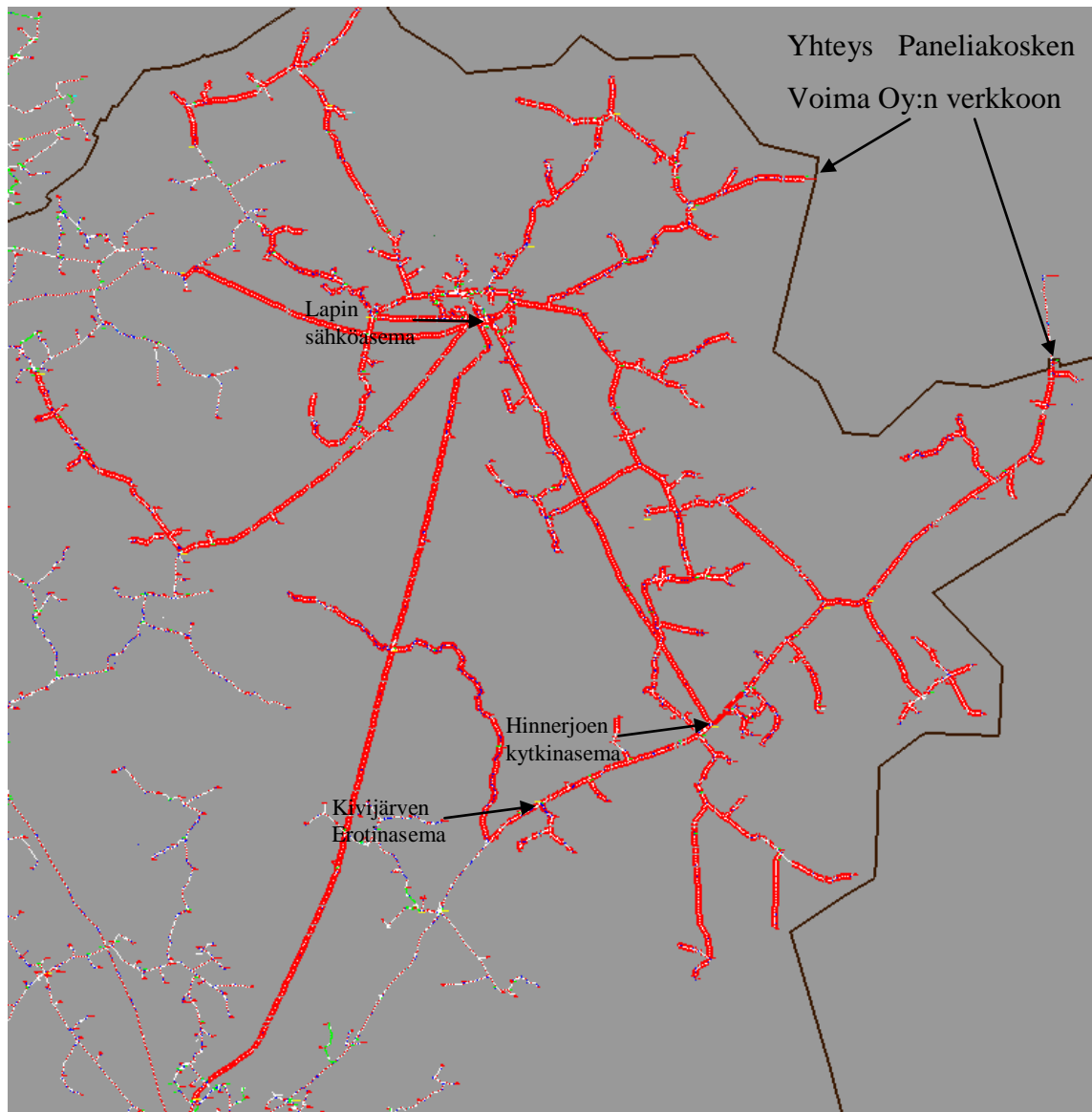


KUVA 18. Monnan sähköaseman pääkaavio

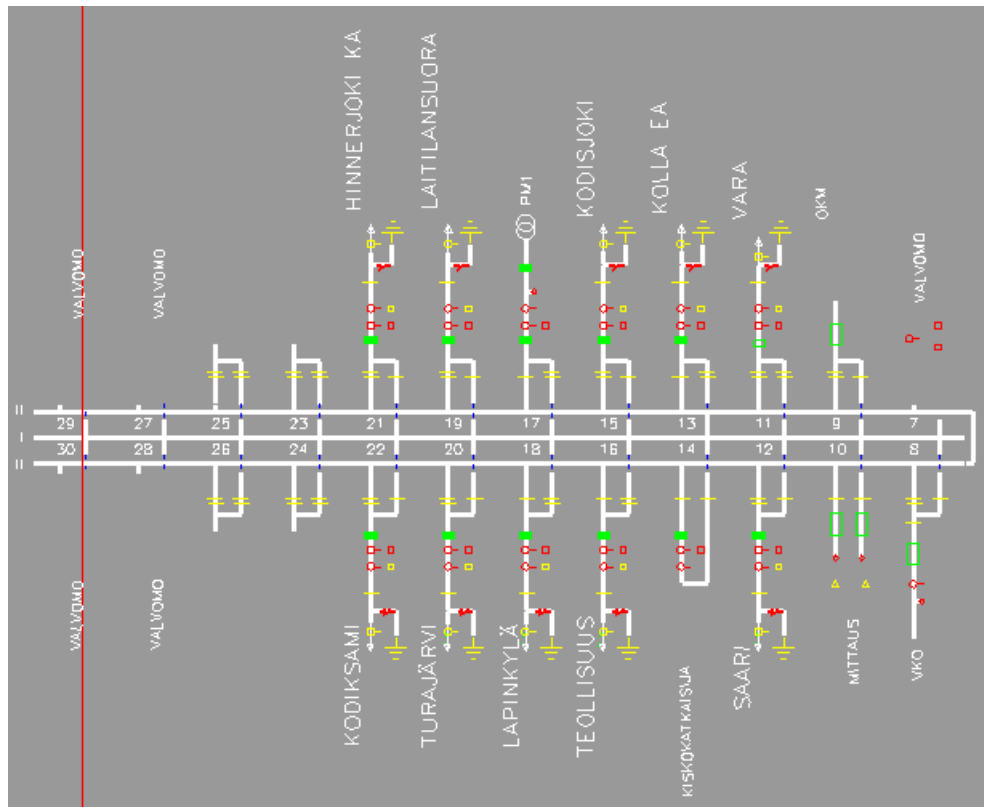
Monnan sähköasemalla on 10 keskijännite johtolähtöä. Päämuuntajan koko on 16 MVA. Verkon pituus on noin 179 km. Verkosta on maakaapeloitu noin 3 %. Monnan sähköaseman syöttämistä jakelumuuntamoista yhdellekään ei tule puuvarmaa syöttöä. Verkon syöttämä alue koostuu Pyhärannan ja Rauman haja-asutusalueesta. Lähdöt Unajan KA 1 ja Unajan KA 2 syöttävät Unajan kytkinasemaa, jolla katkaisijat suojaavat sen perässä olevaa verkkoa.

6.2.7 Lappi

Lapin sähköasema sijaitsee Raumalla Lapin asemakaava-alueella. Kuvassa 19 on korostettu Lapin sähköaseman syöttämä verkko ja kuvassa 20 Lapin sähköaseman pääkaavio.



KUVA 19. Lapin sähköaseman syöttämä verkko



KUVA 20. Lapin sähköaseman pääkaavio

Lapin sähköasemalla on 9 keski-jännite johtolähtöä. Päämuuntajan koko on 16 MVA. Verkon pituus on noin 301 km, joka on VSV:n alueen suurin. Verkosta on maakaapeloitu alle 2 %, joka on koko verkon pienin määrä. Lapin sähköaseman syöttämistä jakelumuuntamoista vain sähköaseman omakäyttömuuntajaa voidaan pitää puuvarmana. Verkon syöttämä alue koostuu Rauman, Laitilan, Rauman sekä Euran haja-asutusalueesta ja Lapin sekä Hinnerjoen taajama-alueesta. Sähköasema syöttää lisäksi Hinnerjoen kytkinasemaa, joka saa syötön lähdöstä Hinnerjoki KA. Hinnerjoen kytkinasemalla verkon loppuosaa suojaa katkaisijat. Myös kivijärven erotinasema saa syöttönsä Lapin sähköasemalta Hinnerjoki KA lähdöstä. Syöttö tulee Hinnerjoen kytkinaseman kautta. Kivijärven erotinasemalla verkon loppuosaa suojaa katkaisijat. Verkkoon on myös yhteyksiä Eurajoen suunnalta Paneliakosken Voima Oy:n verkkoon (kuva 19).

7 VERKON KAH-ARVOT

7.1 Muuntamokohtaisen KAH-arvon määrittäminen

Tässä työssä verkon KAH-arvot määritettiin Tekla NIS DMS -ohjelmalla. KAH-arvot määritettiin jokaiselle jakelumuuntajalle erikseen. Keskeytyksen pituudeksi määritettiin 1 tunti kello 13–14 välisenä aikana. Keskeytykset suoritettiin lokakuun ja joulukuun välisenä aikana arkipäivinä, jolloin kulutus on suurimmillaan. Kellonajaksi valittiin kello 13–14, koska tähän aikaan ovat päällä suurimmat kuluttajat, kuten teollisuus. On kuitenkin huomattava, että keskeytyksen KAH-arvot ovat suuntaa antavia, koska ne vaihtelevat hieman myös eri arkipäivien välillä.

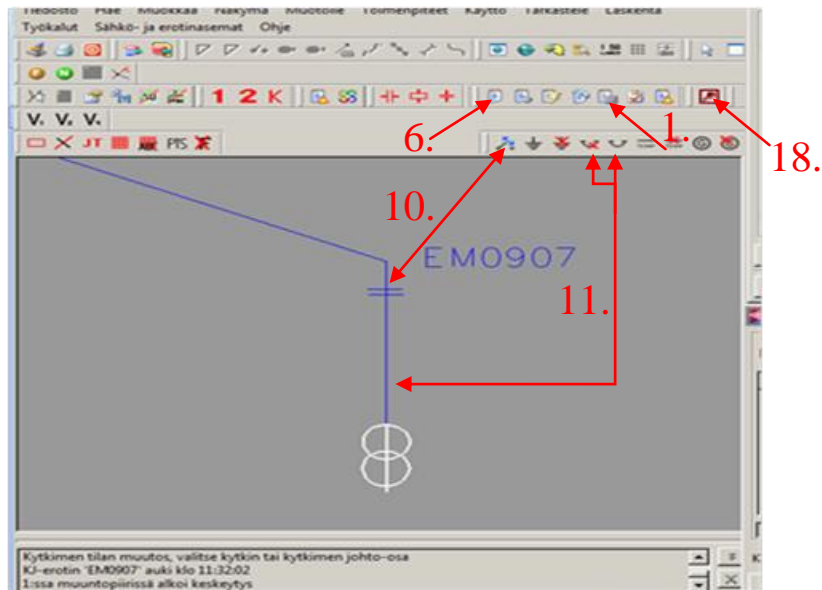
Asiakkaan vuotuinen energiapainotettu keskimääräinen keskeytysaika jakeluverkon vikakeskeytyksessä on yleensä 1–1,5 tuntia. Tässä työssä käytimme tämän takia KAH-arvojen vertailuun yhden tunnin keskeytysaikaa. Energiapainotettua arvoa käytettiin vertailuun, koska ohjelma laski arvot niitä käyttäen. Myös energiamarkkinavirasto käyttää vertailuun energiapainotettuja arvoja. Se voi kuitenkin nousta esimerkiksi viiteen tuntiin, jos vuoden aikana on paljon myrskyjä. Taulukossa 5 on esitetty VSV:n asiakkaan keskimääräinen vuotuinen vuosienenergioilla painotettu jakeluverkon vikakeskeytyksistä aiheutunut keskeytysaika tunteina vuosina 2006–2013.

TAULUKKO 5. Asiakkaan keskimääräinen keskeytysaika vuoden aikana (Tekla NIS -ohjelma, 2014)

| Vuosi | h/a | Vuosi | h/a |
|-------|------|-------|------|
| 2006 | 1,11 | 2010 | 1,62 |
| 2007 | 1,30 | 2011 | 5,38 |
| 2008 | 0,85 | 2012 | 0,94 |
| 2009 | 0,63 | 2013 | 5,63 |

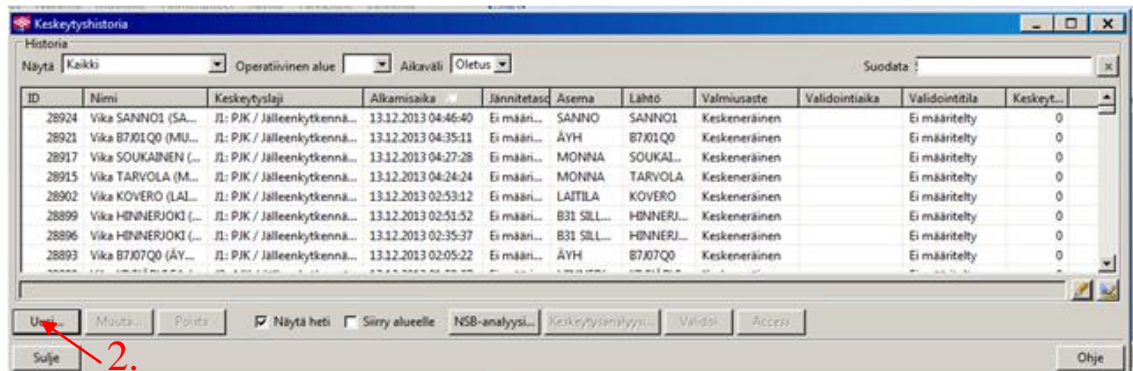
Keskeytykset tehtiin ohjelmalla simulointitilassa (retrotilassa), jolloin ne eivät näkyneet käyttökeskuksessa reaaliaikaisena Tekla NIS DMS -ohjelmassa. Seuraavilla kuvilla ja selostuksilla on havainnollistettu yhden tunnin KAH-arvon määrittäminen jakelumuuntamolle Tekla NIS DMS -ohjelmalla. Toimenpiteet tehtiin jokaisen muuntamon KAH-arvoja määrittäessä.

Ohjelman päänäytöstä avattiin ensimmäisenä keskeytyshistoria, joka on osoitettu kuvassa 21 numerolla 1.



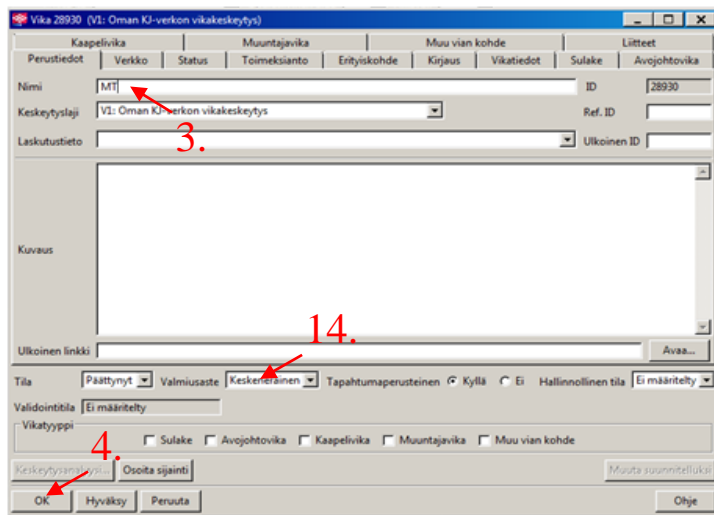
KUVA 21. Tekla NIS DMS -ohjelman päänäyttö

Keskeytyshistoria -ikkunassa tehtiin uusi keskeytys (kuva 22, kohta 2).



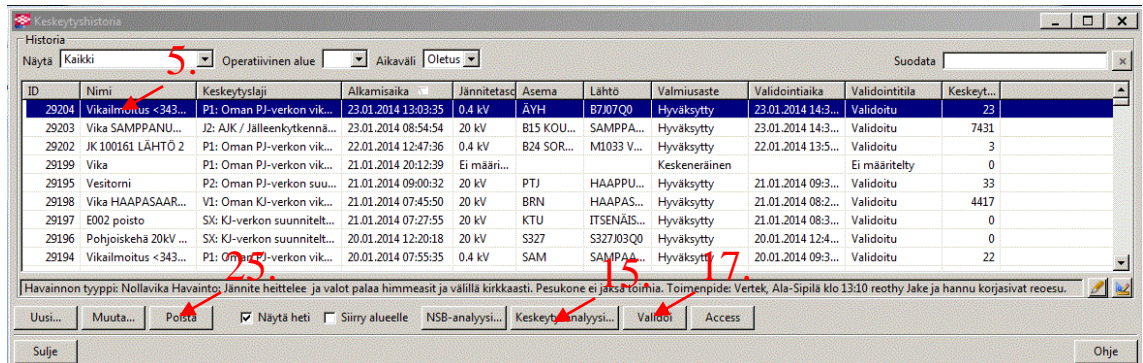
KUVA 22. Uuden keskeytyksen tekeminen

Keskeytykselle annettiin nimeksi esimerkiksi omat nimikirjaimet (kohta 3.) ja se hyväksyttiin (kohta 4.) (kuva 23).

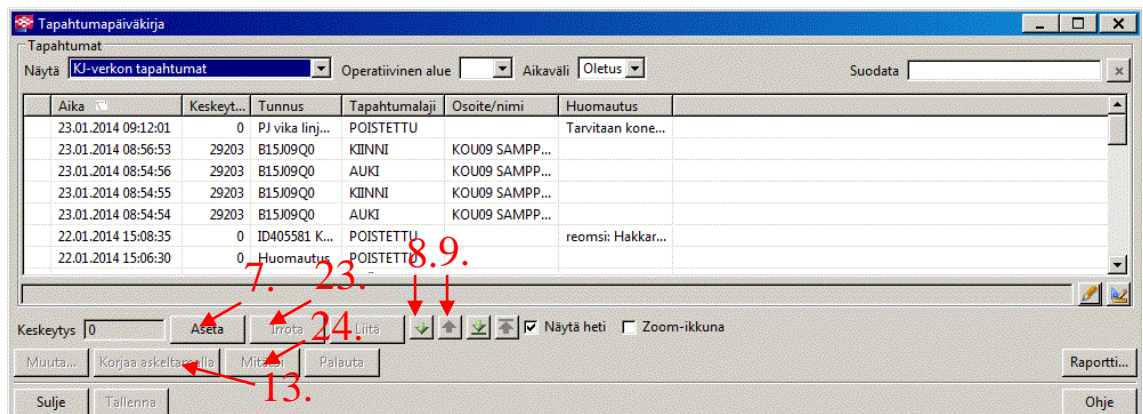


KUVA 23. Keskeytyksen tiedot

Tämän jälkeen kyseinen keskeytys valittiin aktiiviseksi keskeytyshistoria -ikkunasta (kohta 5., kuva 24). Tämän jälkeen avattiin tapahtumapäiväkirja (kuva 21, kohta 6.), jossa keskeytys asetettiin aktiiviseksi (kohta 7.). Ohjelman tila askellettiin simulointitilaan (retrotilaan) tapahtumapäiväkirjassa askellustoiminnolla painamalla kerran askellus taaksepäin (8.) ja kerran eteenpäin (9.). Toiminnot 7–9 näkyvät kuvassa 25.

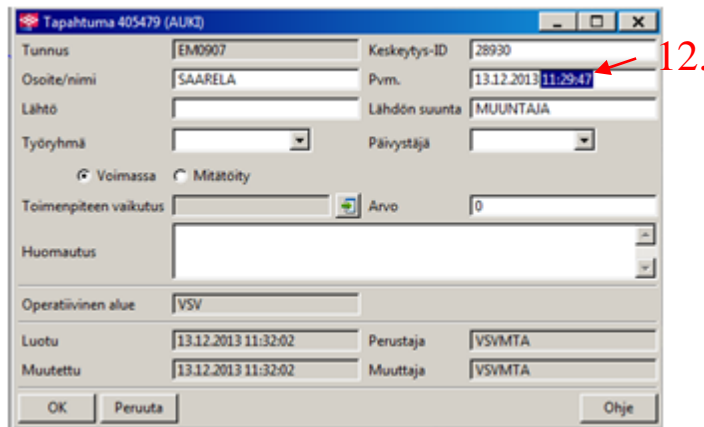


KUVA 24. Keskeytyshistoria



KUVA 25. Tapahtumapäiväkirja

Askelluksen aikana ohjelman pääikkunan alalaidassa ohjelman tila vaihtui retro-tilaan. Askelluksen jälkeen valitulle muuntajalle tehtiin lyhyt katkos avaamalla ja sulkemalla muuntajaerotin (10.) tai avaamalla ja sulkemalla jomppi muuntajan vierestä (11.) (kuva 21). Jompin avaamisesta ja sulkemisesta käytettiin, kun muuntajalla ei ollut erotinta. Keskeytyksen tekemisen jälkeen keskeytyksen tapahtumat napsautettiin auki ja niiden aikaleimat muutettiin oikeiksi (12.) (kuva 26).



KUVA 26. Tapahtuman aikaleiman muuttaminen

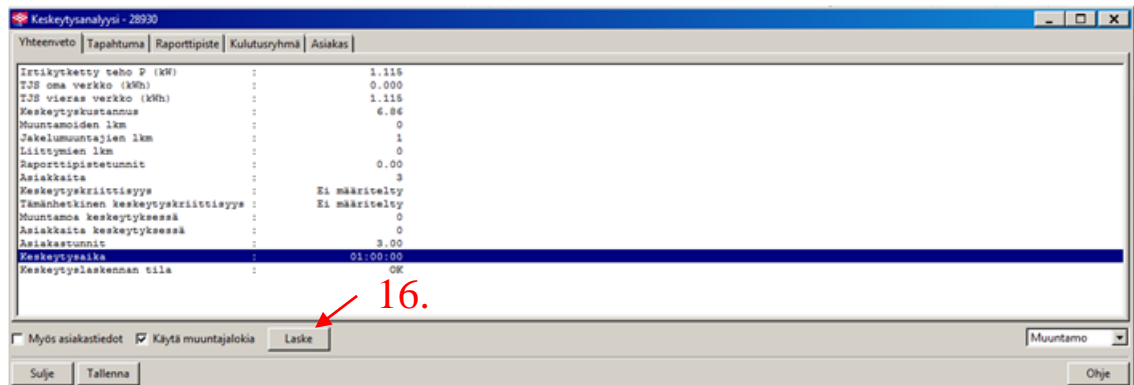
Tämän jälkeen kyseinen keskeytys askellettiin uudestaan toistamalla tilanteet 8 ja 9, jolloin keskeytyksen tapahtumat tehtiin uudelleen ja aikaleimat muuttuivat oikeiksi. Tämän jälkeen painettiin tapahtumapäiväkirjasta korjaa askeltamalla -painiketta (kohta 13). Korjaa askeltamalla -painike korjaa kyseisen keskeytyksen keskeytysanalyysissä tarvittavat lähtötiedot tapahtumia vastaavaksi (Tekla DMS käyttäjän käsikirja, 95).

Keskeytys avattiin seuraavaksi keskeytyshistoriasta ja merkattiin hyväksytyksi (kohta 14., kuva 23), jonka jälkeen siitä otettiin keskeytysanalyysi keskeytyshistoriasta (kohta 15., kuva 24).

Kun keskeytysanalyysi-ikkuna avattiin, ohjelma tarkisti, löytyykö valitulle keskeytykselle aiemmin laskettuja tunnuslukuja. Koska kyseessä oli uusi keskeytys, tunnuslukuja ei löytynyt, joten tämä ikkuna aukesi tyhjänä. (Tekla DMS käyttäjän käsikirja, 113.)

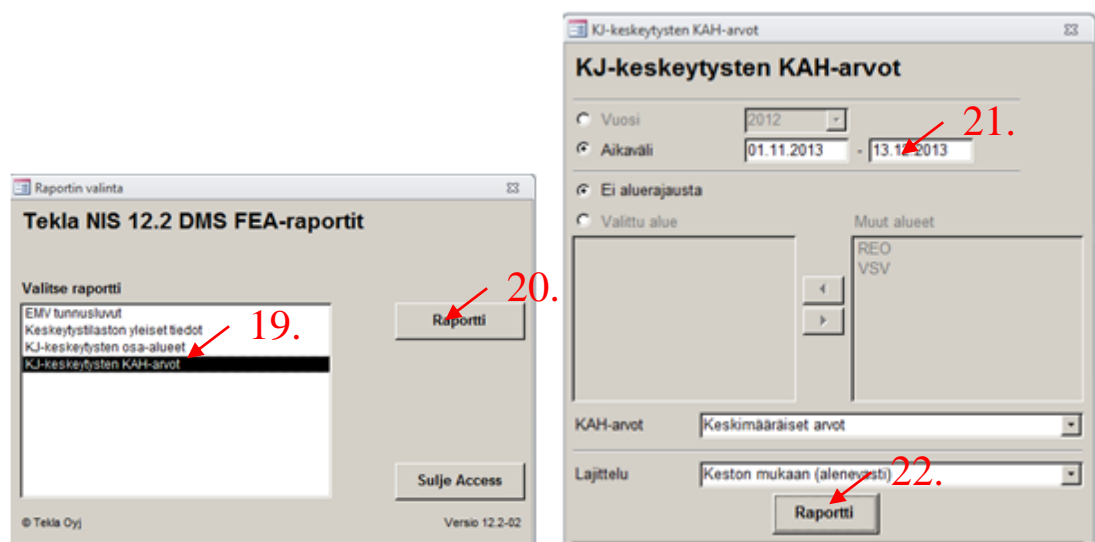
Kuvassa 27 on esitetty esimerkki keskeytysanalyysistä. Keskeytysanalyysin tulokset saatiin napsauttamalla painiketta laske (kohta 16.). Keskeytysanalyysistä tarkistettiin keskeytysajan pituus joka on kuvassa merkattu sinisellä. Tarkistuksen jälkeen se tallennettiin ja suljettiin, jonka jälkeen keskeytys validoitiin keskeytyshistoria -ikkunassa.

Validointi on esitetty kuvassa 24 numerolla 17. Validoinnissa keskeytyksen tiedot kopioidaan keskeytyshistoria tietokantaan. Sen tarkoituksena on säilyttää kerran validoidut tiedot muuttumattomina (Tekla DMS käyttäjän käsikirja, 189).



KUVA 27. Esimerkki, keskeytysraportti

Seuraavaksi ohjelman pääikkunasta valittiin raportit (kuva 21, kohta 18). Tämä avaa ikkunan, jossa voidaan valita haluttu raportti avattavaksi Tekla NIS FEA -ohjelmalla. Raportin tyypiksi valittiin häiriötilastot. Seuraavaksi avautuneesta ikkunasta (kuva 28) valittiin keskeytysten KAH-arvot (19.) ja otettiin raportti (20.). Seuraavassa ikkunassa (kuva 28) tarkasteltavien keskeytysten aikaväli asetettiin sopivaksi (21.) ja luotiin raportti (22.). Kuvassa 29 on esitetty esimerkki keskeytysraportista.



KUVA 28. Keskeytysraportin valitseminen

KJ-keskeytysten KAH-arvot

Satavakka Oy KJ-keskeytysten KAH-arvot 18.12.2013

| ID | Nimi | Ajankohta | Keskeytyksen tyyppi | Alue | Jännite | Kesto (h) | KAH (€) |
|-------|---|------------------|---------------------------------|------|---------|-----------|---------|
| 28244 | Vika RIHTNIE MI (UNA05 RIHTNIE MI) | 17.11.2013 9:27 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,99 | 4 569 |
| 28249 | Vika TURAJÄRVI (LAP20 TURAJÄRVI) | 17.11.2013 12:07 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,93 | 1 358 |
| 28600 | Vika ROPA (HO15 ROPA) | 1.12.2013 18:54 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,90 | 1 921 |
| 28599 | Vika HAAPASAARE NTIE S327 (HAAPASAARENTIE S327) | 1.12.2013 17:47 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | REO | 20 kV | 1,86 | 8 896 |
| 27927 | Vika KAPPELINSALMI S046 (KAPPELINSALMI S046) | 5.11.2013 16:52 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | REO | 20 kV | 1,83 | 50 105 |
| 27922 | Vika HAAPASAARE NTIE S327 (HAAPASAARENTIE S327) | 5.11.2013 16:42 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | REO | 20 kV | 1,67 | 27 049 |
| 28236 | Vika MÄNTYÖLJYTEHDAS Y05 (MÄNTYÖLJYTEHDAS Y05) | 17.11.2013 8:37 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | REO | 20 kV | 1,65 | 1 976 |
| 28595 | Vika NUUSKI (HO08 NUUSKI) | 30.11.2013 12:12 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,62 | 3 219 |
| 28250 | Vika LAPINKYLÄ (LAP18 LAPINKYLÄ) | 17.11.2013 12:42 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,35 | 2 308 |
| 28465 | Vika LAILANSUORA (LAP19 LAILANSUORA) | 28.11.2013 13:15 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,34 | 910 |
| 28469 | Vika TYNKI (KAL12 TYNKI) | 28.11.2013 21:44 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,30 | 12 216 |
| 28144 | Vika KORTE LA (MON06 KORTE LA) | 15.11.2013 10:39 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,24 | 3 277 |
| 28266 | Vika RANTALINJA (KET02 RANTALINJA) | 19.11.2013 5:39 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,22 | 4 230 |
| 28008 | Kortela pas kulmapylväs | 8.11.2013 10:00 | Suunniteltu KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,18 | 2 953 |
| 28528 | C83 / E 1044 korjaus | 29.11.2013 12:27 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,16 | 2 483 |
| 27526 | M0507 Pettäinen Ylijännitesuojan lisäys | 5.12.2013 9:00 | Suunniteltu KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,09 | 118 |
| 28466 | Vika NUUSKI (HO06 NUUSKI) | 28.11.2013 14:57 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,06 | 2 979 |
| 27863 | Vika (KET04 SYÖTTÖ 1) | 1.11.2013 18:22 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 1,01 | 25 090 |
| 29019 | Testi_MIT | 18.12.2013 13:00 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 0 kV | 1,00 | 72 |
| 28442 | Vika AUVAINEIN (HIN02 AUVAINEIN) | 28.11.2013 6:06 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 0,94 | 3 556 |
| 28430 | Vika KATINHÄNTÄ (KATINHÄNTÄ) | 25.11.2013 14:30 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | VSV | 20 kV | 0,86 | 3 366 |
| 27939 | Vika SAM B6 (SAM B6) | 5.11.2013 19:14 | Odottamaton pysyvä KJ-keskeytys | REO | 20 kV | 0,84 | 26 101 |

Sivu: 14 / 3

KUVA 29. Esimerkki, keskeytysraportti

Keskeytysraportissa on esitetty keskeytyksestä: nimi, ID-numero, alkamisaika, keskeytyksen tyyppi, jakeluverkon haltija, jännitetaso, kesto ja KAH-arvo. Tutkittavan keskeytyksen KAH-arvo otettiin muistiin Exceliin. Lopuksi kyseiseen keskeytykseen liittyvät tapahtumat irrotettiin ja mitätöitiin tapahtumapäiväkirjassa (kuva 25, kohdat 23, 24) sekä keskeytys poistettiin keskeytyshistoriasta kuva 24 kohta 25). Jakelumuuntajilta otettiin muistiin myös muuntajaa syöttävä sähköasema, keskijännitelähtö sähköasemalla, kytkinaseman mahdollisen suojaavan katkaisijan lähtö, asiakasmäärä, vuosienergia. Suojaavalla katkaisijalla tarkoitetaan muuntamoaa lähinnä olevaa katkaisijaa. Lisäksi tutkittiin, onko muuntajan syöttöreitti puuvarma vai ei sekä mahdollisen asemakaava-alueen nimi. Nämä tiedot lisättiin samaan Excel-taulukkoon muuntamokohtaisten KAH-arvojen kanssa. Asiakasmäärä ja vuosienergia saatiin muuntamon kulutuspisteestä. Muuntamon kulutuspisteestä nähtiin myös, mihin kulutusryhmään siinä olevat asiakkaat luokitellaan. Seuraavassa on lueteltu ohjelmasta löytyvät asiakasryhmät:

- Okt, on/ei sähkölämmitystä, on/ei sähkökuusta
- Okt, suora sähkölämmitys, käyttövesivaraaja 300 l
- Okt, suora sähkölämmitys, käyttövesivaraaja < 300 l
- Okt, osittain varaava sähkölämmitys, lyhyet/pitkät sulkuajat
- Okt, varaava sähkölämmitys
- Okt, suora sähkölämmitys, lattialämmitys > 2 kW
- Okt, lämpöpumpplämmitys
- Okt, kaksoislämmitys, 1/2-aikatariffi

- Okt, kaksoislämmitys, vuodenaikatariffi
- Rivi- ja kerrostalot, ei sähkölämmitystä, on/ei sähkökiuasta
- Kerrostalo, kiinteistömittaus/yhteismittaus
- Rivitalo, sähkölämmitys, yhteismittaus
- Loma-asuntoalue
- Maatalous, on/ei asumista
- Maatalous, asuminen, on/ei sähkölämmitys, sähkökiuas
- Maatalous, kasvituotanto, asuminen, on/ei sähkökiuas
- Maatalous, lihatuotanto, on/ei asumista
- 2-vuoro metalli/elintarvike/tekstiili/kemiallinen -teollisuus
- 1-vuoro metalli/tekstiili/puutavara/graafinen/kemiallinen -teollisuus
- Julkinen palvelu
- Yksityinen palvelu
- Tievalaistus

Asiakasryhmien perusteella määräytyy mm. asiakasryhmien kulutuskäyrä ja KAH-arvo. Muuntamon puuvarmuus todettiin tutkimalla alueen ilmakarttaa ja katsomalla, onko syöttöreitillä puita vai ei. Tätä ennen tarkistettiin, onko syöttö maakaapelia vai ilmajoh-toa. Maakaapeliosuudet luokiteltiin puuvarmaksi. Asemakaava-alueeseen kuulumisen nähtiin muuntamon vapaat attribuutit -lista välilehdeltä ja sen nimi nähtiin yleistiedot välilehdeltä. Muodostetun Excel-taulukon sarakkeet on esitetty taulukossa 6.

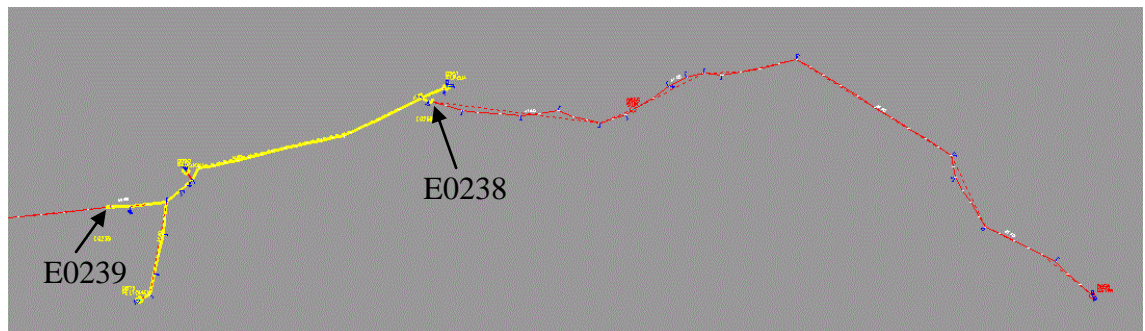
TAULUKKO 6. KAH-taulukon sarakkeet

| Sähkö asema | Suojaava lähtö | KJ-lähtö | MMO | Asiakas- määrä | Vuosienergia (kWh) | KAH €/h | Puu varma | Asema- kaava |
|----------------|-------------------|----------|-----|-------------------|-----------------------|------------|--------------|-----------------|
|----------------|-------------------|----------|-----|-------------------|-----------------------|------------|--------------|-----------------|

Keskimääräinen asiakasmäärä yhdellä muuntamolla oli 20. Keskimääräinen vuosiener-gia puolestaan oli 269700 kWh ja yhden tunnin KAH-arvo 492 €.

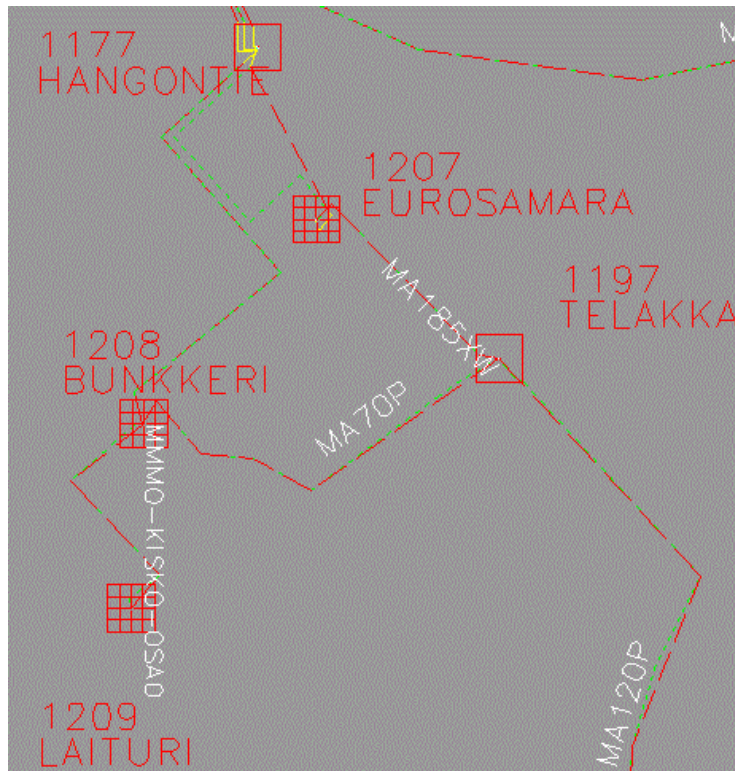
7.2 Erotinvälikohtaisen KAH-arvon määrittäminen

VSV:n verkossa on tavallisia keskijännite-erottimia noin 381. Verkossa on lisäksi 14 kuormaerotinta, 61 piiskaerotinta, 19 veitsierotinta sekä 126 jt-jomppia. Muuntamoilta löytyy myös runsaasti keskijännite kuormaerottimia, muuntajaerottimia sekä maadoituserottimia. Muuntamokohtaisten KAH-arvojen määrittämisen jälkeen jokaiselle jakelumuuntamolle määritettiin erottimet, joilla se saatiin erotettua verkosta. Tässä määritettiin lähimmät erottimet, joilla verkko saatiin katkaistua joka puolelta muuntamo. Veitsierottimia sekä jt-jomppeja ei otettu huomioon. Määrittämisessä ei myöskään huomioitu sähkön syöttösuuntaa. Usean puistomuuntamon verkossa lähimpinä erottimina toimivat seuraavilla muuntamoilla olleet erottimet. Kuvassa 30 on esitetty esimerkkutilanne, jossa sähkön syöttösuuntaa ei huomioitu.



KUVA 30. Verkon erotusalue

Kuvassa 30 keltaisella värjättyllä verkon osalla olevat muuntamot erotettiin verkosta erottimilla 238 ja 239, jolloin pystyttiin rajaamaan tietyllä erotinvälillä olevat muuntamot. Näiden muuntamoiden sekä niiden oikealla puolella olevien muuntamoiden syöttö voitaisiin katkaista myös käyttämällä vain erotinta 239, koska syötön suunta on vasemmalta. Kuvassa 31 on esitetty esimerkkutilanne puistomuuntamoista.



KUVA 31. Puistomuuntamon erottaminen verkosta

Kuvan 31 tilanteessa muuntamo 1208 erotettiin verkosta muuntamoilla 1177 ja 1197 olevilla keskijännite kuormaerottimilla. Muuntamo 1209 puolestaan erotettiin käyttämällä muuntamon 1208 keskijännite kuormaerotinta, koska se oli muuntamoa 1209 lähimpänä oleva erotin. Muuntamo 1209 olisi saatu erotettua myös käyttämällä muuntamoiden 1177 ja 1197 keskijännite kuormaerottimia. Muuntamon 1208 erottamiseen ei käytetty muuntamon 1209 keskijännite kuormaerotinta, koska se oli verkon-osan viimeinen puistomuuntamo. Tämän kaltaisessa tilanteessa aiheutui ristiriitoja erotinvälikohtaisen KAH-arvon suuruuteen. Suurimmillaan yhden muuntamon erottamiseen joka puolelta tarvittiin 10 erotinta. Tämä ei kuitenkaan kasvata KAH-arvoa merkittävästi, koska kyseessä oli puistomuuntamo ja osa erottimista oli valmiiksi auki. Yhden muuntamon erottamiseen tarvittiin keskimäärin 2 erotinta. Erottimien numerot lisättiin lisäsarakeina KAH-taulukkoon (taulukko 7).

TAULUKKO 7. KAH-erotintaulukko

| Sähkö asema | Suojaava lähtö | KJ-lähtö | MMO | Asiakasmäärä | Vuosienergia (kWh) | KAH €/h | Puuvarma | Asema-kaava | Erotin 1 | Erotin 2 | Erotin 3 | ... |
|-------------|----------------|----------|-----|--------------|--------------------|---------|----------|-------------|----------|----------|----------|-----|
|-------------|----------------|----------|-----|--------------|--------------------|---------|----------|-------------|----------|----------|----------|-----|

Erotinvälien KAH-arvojen tarkastelua varten tehtiin toinen taulukko, johon määritettiin erotinvälin asiakasmäärä, puuvarmojen asiakkaiden määrä, vuosienergia, puuvarma

vuosienergia, KAH-arvo sekä puuvarma KAH-arvo. Arvot määritettiin SUMMA.JOS ja SUMMA.JOS.JOUKKO funktioiden avulla, kun taulukkoon syötettiin tietyllä erotinvälillä olevien muuntamoiden tunnuksat. Taulukon avulla pystyttiin tarkastelemaan tiettyyn erotusalueeseen liittyviä tietoja. Taulukossa 8 on esitetty esimerkkinä muuntamoiden 305 ja 135 KAH-erotintaulukon tiedot. Näistä tiedoista muodostettiin edellä mainittujen funktioiden avulla taulukko 9.

TAULUKKO 8. Muuntamoiden 135 ja 305 KAH-erotintaulukon tiedot

| Sähkö asema | Suojaava lähtö | KJ-lähtö | MMO | Asiakasmäärä | Vuosienergia (kWh) | KAH €/h | Puuvarma | Asema-kaava | Erotin 1 | Erotin 2 |
|-------------|----------------|----------|-----|--------------|--------------------|---------|----------|-------------|----------|----------|
| A13 lhode | A13J13 | A13J13 | 305 | 10 | 254361 | 344 | ei | | 18 | 509 |
| A13 lhode | A13J13 | A13J13 | 135 | 17 | 707068 | 2296 | ei | | 18 | 509 |

TAULUKKO 9. Erotinvälitalukko muuntamoille 135 ja 305

| MMO | Asiakasmäärä | Puuvarmoja asiakkaita | Vuosienergia (kWh) | Puuvarma vuosienergia (kWh) | KAH (€/h) | Puuvarma KAH (€/h) |
|-----------------|--------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|
| 135 | 17 | 0 | 707068 | 0 | 2296 | 0 |
| 305 | 10 | 0 | 254361 | 0 | 344 | 0 |
| Yhteensä | 27 | 0 | 961429 | 0 | 2640 | 0 |

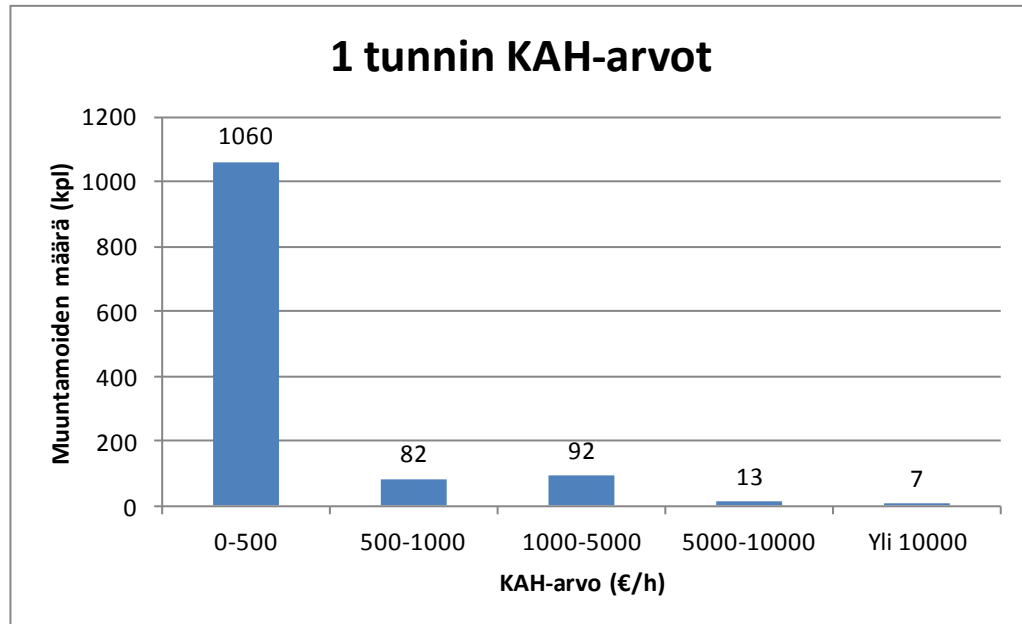
7.3 Lähtökohtaisen KAH-arvon määrittäminen

KAH-tilukosta tehtiin myös taulukko, josta nähtiin KAH-arvot sähköasemalähdöittäin. Taulukkoon syötettiin sähköaseman ja lähdön nimi sekä mahdollisten suojaavien katkaisijoiden lähdöt. Näiden perusteella taulukkoon laskettiin funktioiden SUMMA.JOS ja SUMMA.JOS.JOUKKO avulla kyseisen lähdön asiakasmäärä, puuvarmojen asiakkaiden määrä, vuosienergia, puuvarma vuosienergia, KAH-arvo ja puuvarma KAH-arvo. Lähtökohtaisten KAH-arvojen taulukko on esitetty liitteessä 1. Tässä taulukossa suojaava lähtö 1 on lähimpänä sähköasemaa oleva lähtö (sähköasemalla) ja mahdollinen suojaava lähtö 2 sitä seuraava jne.

8 Suurimmat KAH-arvot

8.1 Yleistä

KAH-tilin muuntamot järjestettiin KAH-arvon perusteella suuruusjärjestykseen. Kuviossa 1 on esitetty KAH-arvojen jakauma.



KUVIO 1. KAH-arvojen jakauma

Kuviosta nähdään, että muuntamoiden määrä on selvästi suurin KAH-arvon ollessa 0–500. Vain seitsemällä muuntamolla KAH-arvo on yli 10000.

Suurimpien KAH-arvojen muuntamot valittiin tutkittavaksi niin, että mukana oli 10 asemakaava-alueen ulkopuolella olevaa muuntamoita. Yhteensä muuntamoita oli 63. Tämä taulukko on esitetty liitteessä 2. Tästä taulukosta muodostettiin uusi taulukko (taulukko 10), jossa näkyivät vain ne muuntamot, jotka eivät ole puuvarmoja. Puuvarmat muuntamot jätettiin pois, koska ne ovat kokonaan maakaapeloituja puistomuuntamoita. Tällöin tutkittavien muuntamoiden määrä oli 33.

TAULUKKO 10. Tutkittavat muuntamot

| Sähkö asema | Suojaava lähtö | KJ-lähtö | MMO | Asiakas- määrä | Vuosi- energia (kWh) | KAH €/h | Puu varma | Asemakaava- alue |
|----------------|-------------------|----------|------|-------------------|----------------------------|---------|--------------|---------------------|
| A11 Laitila | A11J02 | A11J02 | 343 | 1 | 18292588 | 40079 | ei | Laitila |
| A22 Sanno | A22J10 | A22J10 | 1189 | 1 | 4958619 | 19397 | ei | |
| A14 Lappi | A14J16 | A14J16 | 630 | 2 | 3688882 | 12437 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | A11J06 | A11J06 | 43 | 2 | 3453442 | 11553 | ei | Laitila |
| A11 Laitila | B15J10 | A11J09 | 384 | 4 | 3395228 | 11366 | ei | Laitila |
| A14 Lappi | A14J16 | A14J16 | 266 | 16 | 2904106 | 9623 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | A11J02 | A11J02 | 2029 | 1 | 2840340 | 9529 | ei | |
| A11 Laitila | A11J06 | A11J06 | 2002 | 1 | 4232736 | 9274 | ei | Laitila |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 2004 | 1 | 3923391 | 8596 | ei | Laitila |
| A11 Laitila | A11J11 | A11J11 | 395 | 7 | 2357660 | 7295 | ei | Laitila |
| A12 Kalanti | A12J18 | A12J18 | 952 | 1 | 3052475 | 7263 | ei | |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 166 | 8 | 2134299 | 6227 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J14 | A20J14 | 1208 | 1 | 1601450 | 5645 | ei | Uusikaupunki |
| A22 Sanno | A22J10 | A22J10 | 1163 | 11 | 1529035 | 5422 | ei | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 716 | 6 | 1474018 | 4621 | ei | Laitila |
| A12 Kalanti | A12J18 | A12J18 | 919 | 11 | 1160532 | 4436 | ei | Kalanti |
| A14 Lappi | A14J22 | A14J22 | 682 | 1 | 1194945 | 4029 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | B15J10 | A11J09 | 2037 | 1 | 1151871 | 3865 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J14 | A20J14 | 1207 | 1 | 1074310 | 3787 | ei | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J18 | A14J18 | 255 | 1 | 1604945 | 3678 | ei | |
| A20 Ketunkal | A20J14 | A20J14 | 1097 | 5 | 1234495 | 3144 | ei | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J16 | A14J16 | 295 | 2 | 920258 | 3103 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | A11J12 | A11J12 | 34 | 21 | 2013293 | 2919 | ei | |
| A22 Sanno | A22J03 | A22J03 | 1020 | 16 | 1136726 | 2806 | ei | Uusikaupunki |
| A22 Sanno | A22J08 | A22J08 | 1235 | 1 | 684015 | 2676 | ei | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | A11J12 | A11J12 | 875 | 10 | 693064 | 2490 | ei | |
| A14 Lappi | B16J02 | A14J21 | 70 | 20 | 759385 | 2483 | ei | |
| A18 Monna | B17J01 | A18J03 | 1701 | 1 | 711809 | 2400 | ei | |
| A12 Kalanti | A12J13 | A12J13 | 557 | 25 | 727837 | 2352 | ei | Kalanti |
| A13 Ihode | A13J13 | A13J13 | 135 | 17 | 707068 | 2296 | ei | |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 833 | 12 | 711250 | 2118 | ei | Laitila |
| A22 Sanno | A22J08 | A22J08 | 552 | 9 | 533518 | 1866 | ei | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J12 | A14J12 | 639 | 1 | 523408 | 1765 | ei | |

Taulukosta 10 nähdään, että suurin yhden tunnin KAH-arvo on verkon muuntamolla 343. Taulukossa 11 on esitetty 10 suurinta KAH-arvoa muuntamoilla sähköasemittain sekä niiden keskiarvo.

TAULUKKO 11. Muuntamoiden 10 suurinta KAH-arvoa sähköasemittain

| Laitila | | Ketunkallio | | Sanno | | Kalanti | | Ihode | | Monna | | Lappi | |
|------------------------|--------------|-------------|--------------|-------|--------------|---------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|
| MMO | KAH (€/h) | MMO | KAH (€/h) | MMO | KAH (€/h) | MMO | KAH (€/h) | MMO | KAH (€/h) | MMO | KAH (€/h) | MMO | KAH (€/h) |
| 343 | 40079 | 1126 | 11440 | 1189 | 19397 | 952 | 7263 | 69 | 13178 | 1701 | 2400 | 630 | 12437 |
| 43 | 11553 | 1190 | 9266 | 1163 | 5422 | 919 | 4436 | 135 | 2296 | 891 | 1312 | 266 | 9623 |
| 384 | 11366 | 1044 | 7522 | 1020 | 2806 | 524 | 2367 | 802 | 1148 | 68 | 1151 | 682 | 4029 |
| 2029 | 9529 | 1208 | 5645 | 1235 | 2676 | 557 | 2352 | 2025 | 1124 | 1707 | 696 | 255 | 3678 |
| 2002 | 9274 | 1089 | 4958 | 552 | 1866 | 542 | 978 | 743 | 1102 | 2 | 613 | 295 | 3103 |
| 2004 | 8596 | 1037 | 4219 | 1162 | 1535 | 506 | 828 | 883 | 1018 | 107 | 541 | 70 | 2483 |
| 395 | 7295 | 1010 | 4009 | 1079 | 1370 | 576 | 787 | 408 | 1006 | 774 | 522 | 639 | 1765 |
| 2018 | 7011 | 1128 | 3892 | 1061 | 1338 | 519 | 781 | 2022 | 983 | 352 | 481 | 259 | 1578 |
| 166 | 6227 | 1186 | 3835 | 1046 | 1049 | 914 | 727 | 423 | 942 | 416 | 461 | 213 | 1273 |
| 2010 | 6046 | 1207 | 3787 | 1012 | 977 | 551 | 690 | 176 | 701 | 765 | 460 | 688 | 1147 |
| Keskiarvo 11698 | | | 5857 | | 3844 | | 2121 | | 2350 | | 864 | | 4112 |

Taulukosta 11 nähdään, että Sannon sähköaseman muuntamolla 1189 on verkon toiseksi suurin KAH-arvo. Sannon sähköaseman 10 muuntamon KAH-arvojen keskiarvo on silti vasta neljänneksi suurin. Seuraavissa kappaleissa on esitetty keinoja taulukossa 10 esitettyjen muuntamoiden toimitusvarmuuden parantamiseen. Lisäksi tutkittiin asemien lähtöjen puuvarmuuden parantamistarve, johon kuului oleellisena osana asemakaava-alueella olevat muuntamot ja keskeytyskriittiset kulutuspisteet. Ne saatiin näkyviin Tekla NIS -ohjelmasta finder-kyselyllä. Näiden perusteella tehtiin ehdotuksia uuden erottimen sijoituspaikaksi.

Lisäksi osalle lähdoistä laskettiin uusi yhden tunnin KAH-arvo erotinlisäysten tai puuvarmaksi saamisen ansiosta. Kaavoissa arvo $KAH_{puuvarma}$ tarkoittaa erottimien tilanvaihoksen jälkeen toiminnassa olevien muuntamoiden yhteenlaskettua KAH-arvoa vian sattuessa tiettyyn paikkaan. Uusissa KAH-arvoissa on otettava huomioon myös keskeytyksen alkuhetkestä erottimen kääntämiseen kuluva aika. Se on kauko-ohjattavilla erottimilla noin 2 minuuttia. Tämä tarkoittaa, että kaavoista saadut arvot ovat voimassa vasta 2 minuutin jälkeen, jolloin ensimmäisen tunnin KAH-arvo on hieman suurempi kuin laskettu. Käytännössä tämä aika on merkityksetön.

8.2 Laitilan sähköasema

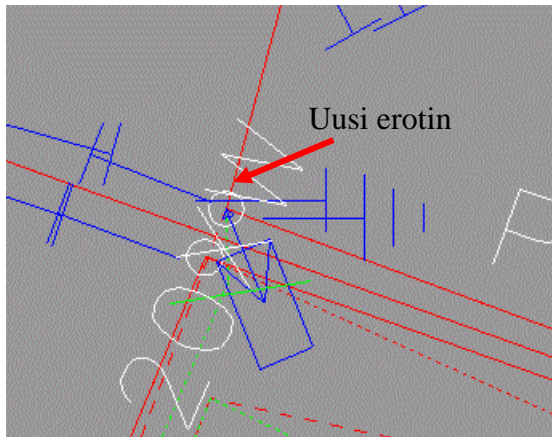
Laitilan sähköaseman syöttämältä alueelta oli tutkittavia muuntamoita mukana 13. Verkon ja Laitilan suurin KAH-arvo löytyi muuntamolta 343. Muuntamo 343 ja 2029 ovat Kalanti 1 -lähdöllä. Muuntamo 343 on lähdön ainoa asemakaava-alueella oleva muuntamo. Sen ainoana asiakkaana on Teollisuuslaitos. Muuntamo sijaitsee rakennuksessa ja sen omistaa asiakas. Muuntamo 2029 on teollisuuslaitokselle tarkoitettu muuntaja, jonka omistaa VSV. Muuntamossa on yksi asiakas. Muuntamoiden tämänhetkisestä syöttösuunnasta valtaosa on ilmajohtoverkkoa. Ilmajohto-osuus sijaitsee lähes kokonaan pellolla, joten se on puuvarmaa. Osuudella on kuitenkin muutama pieni puualue. lähdön saisi puuvarmaksi Sorolan erotinasemalle asti kaatamalla näillä puuosuuksilla olevat puut. Kyseisellä syöttösuunnalla on lisäksi erotin 445 ilmajohtoverkolla ensimmäisen puuosuuden jälkeen, jolloin loppuosaa voidaan syöttää myös Kalannin sähköasemalta alkuosalla tapahtuvan vian aikana. Muuntamoita pystytään lisäksi syöttämään useasta muusta eri suunnasta, esimerkiksi Muuntamo 2029 voidaan syöttää Laitilan sähköasemalta Koveron lähdestä Vidilän erotinaseman kautta. Erottimia tälle lähdölle ei ole tarvetta lisätä. Kalanti 1 -lähdöllä ei ole keskeytyskriittisiä muuntamoita.

Muuntamo 43 on sähköaseman läheisyydessä oleva muuntamo, jonka omistaa asiakas. Muuntamo on asemakaava-alueen viimeinen muuntamo. Syöttö tulee tällä hetkellä Untamalan lähdöltä muuntamon numero 2002 kautta ja on pääasiassa maakaapeloitu, mutta asemalta lähdetäessä siinä on pieni osa PAS-ilmajohtoa. Ilmajohto-osuudella on joitain puita, jotka saattavat aiheuttaa keskeytyksen. Tässä olisi paras kaataa tarvittavat puut ennen verkon muuttumista maakaapeliksi, jolloin syöttöreitistä saataisiin puuvarma.

Jos metsää ei raivattaisi, keskeytyksen tullessa normaalille syöttöreitille muuntajaa voidaan syöttää Vahantakan lähdestä. Paikkaan, jossa Vahantakan lähtö haarautuu muuntamoille 2002 ja 43 sekä Ihoden sähköasemalle, olisi hyvä lisätä tavallinen erotin Ihoden suunnan alkuun (kuva 32), koska Ihoden sähköasemalle johtavassa linjassa on paljon puuosuuksia. Näin muuntamoille 43 ja 2002 saataisiin sähköt toisesta lähdestä ja loppuosaa voitaisiin korjata samaan aikaan. Kaavalla 7 laskettiin Untamalan lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, jos metsä raivataan.

$$KAH_{\text{uusiA11J06}} = KAH_{\text{vanhaA11J06}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (7)$$

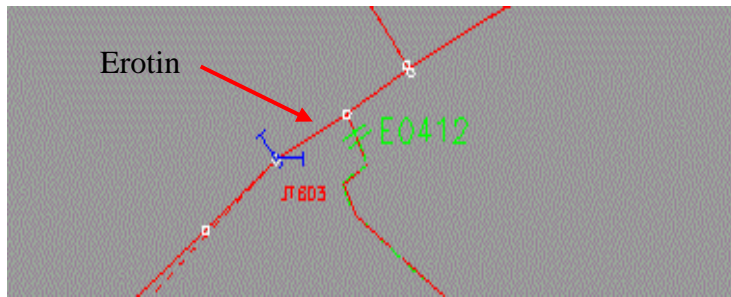
$$KAH_{\text{uusiA11J06}} = 26102 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (9274 + 11553) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 5257 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$



KUVA 32. Muuntamoita 43 ja 2002 varten lisättävä erotin

Muuntamot 384 ja 2037 ovat teollisuuslaitoksille tarkoitettuja muuntamoita, jotka omistaa VSV. Ne ovat asemakaava-alueella ja saavat syöttönsä Koulukeskuksen lähdöltä. Muuntamolla 384 on asiakkaita 4 ja muuntamolla 2037 on 1. Muuntamon 384 asiakkaista yksi on omakotitalo. Muuntamot saavat syöttönsä Sillantaan kytkinaseman Teräs-Nailon -lähdestä koulukeskuksen kytkinaseman Matikan lähdön kautta. Ne ovat Sillantaan kytkinaseman Teräs-Nailon -lähdön ainoat muuntamot. Syöttöreitin ilmajohtosuus löytyy koulukeskuksen ja Sillantaan kytkinasemien välistä, jossa on muutamia puita ennen erotinta 412. Ilmajohdon alkuosa olisi hyvä kaapeloida tai kaataa puut erotintielle 412 asti, koska se on keskusta-alueella. Loppuosalta voisi kaataa muutamia puita.

Muuntamoita voidaan syöttää myös Hinnerjoen suunnalta sulkemalla erotin Kivijärven erotinasemalta. Muita mahdollisia varasyöttösuuntia ovat Lappi ja Puntarin muuntamo. Tällä suojausalueella ei ole keskeytyskriittisiä muuntamoita. Mikäli alkuosaa ei tehdä puuvarmaksi, olisi tavallinen erotin hyvä asentaa syöttöreitille ennen erotinta 412 (kuva 33). Tällöin muuntamo voitaisiin syöttää alkuosan vian aikana erottimien 412 tai 199 kautta. Jos alkuosasta puolestaan tehdään puuvarma, koko Matikan lähdestä tulee puuvarma.



KUVA 33. Erotinlisäys muuntamoille 384 ja 2037

Sillantaan kytkinasemalla on lisäksi kaksi muuta lähtöä, jotka kuuluvat eri suojausalueisiin. Katinhännän lähdöllä on asemakaava-alueella muuntamo 755, jonka syöttöreitti on pääosin ilmajohtoa. Muuntamo saataisiin puuvarmaksi kaapeloimalla ilmajohdon loppuosa ja kaatamalla alkuosalta muutamat puut. Katinhännän lähdöllä on lisäksi kaksi keskeytyskriittistä kulutuspiistettä. Kaavalla 8 laskettiin Katinhännän lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli muuntamon 755 syöttöreitti olisi puuvarma.

$$KAH_{\text{uusiB31J08}} = KAH_{\text{vanhaB31J08}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (8)$$

$$KAH_{\text{uusiA31J08}} = 4627 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (101 + 25) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 4505 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

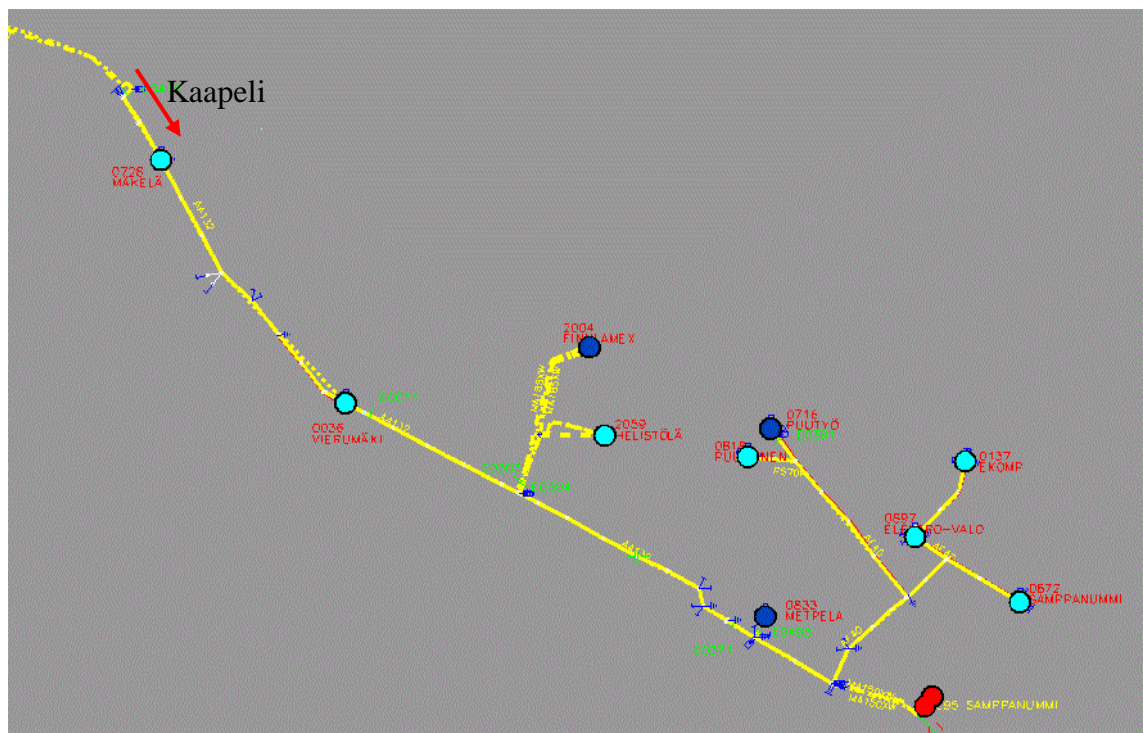
Katinhännän uudesta KAH-arvosta nähdään, että se ei pienene paljoa asemakaava-alueella olevan muuntamon tekemisestä puuvarmaksi. Sillantaan kytkinaseman Hinnerjoen lähdöllä ei ole asemakaava-alueella olevia muuntamoita. Lähdöllä on yksi keskeytyskriittinen kulutuspiiste.

Muuntamot 2004, 716 ja 833 ovat Laitilan asemakaava-alueella ja ne saavat syöttönsä Varpen lähdöltä sekä Koulukeskuksen kytkinaseman että Samppanummen erotinase- man kautta kautta. Koulukeskuksen kytkinasemalta niitä syöttää Samppanummen lähtö. Muuntamon 2004 ainoa asiakas on teollisuutta, joka omistaa myös muuntamon. Muun- tamo 716 on puistomuuntamo, jolla on 6 asiakasta. Yksi asiakkaista on omakotiasukas ja loput ovat teollisuutta ja palvelua. Muuntamo 833 on puistomuuntamo, jolla on 12 asiakasta. Asiakkaat koostuvat teollisuudesta, palveluista sekä kasvitarhamaataloudesta.

Muuntamoiden syöttöreitillä vaihtelee sekä ilmajohto että maakaapeli, jossa maakaape- lia on suurempi osuus. Ilmajohto löytyy Koulukeskuksen kytkinaseman jälkeiseltä osal- ta. Viimeisenä asemakaava-alueella olevana muuntamona tällä lähdöllä on muuntamo

872, johon asti verkko olisi hyvä saada puuvarmaksi. Mahdolliset vikapaikat ovat lähimpänä muuntamoita olevalla ilmajohto-osuudella, jossa on useampia puuosuuksia. Tämä osa olisi hyvä kaapeloida kokonaan. Kaapelointi on esitetty kuvassa 34. Kuvassa on merkattu vaaleansinisellä asemakaava-alueella olevat muuntamot, tummansinisellä tutkittavat muuntamot ja punaisella keskeytyskriittiset kulutuspiisteet. Samppanummen erotinasema on myös tämän suojausalueen keskeytyskriittinen piste ja siellä on myös jakoraja. Ensimmäisen ilmajohto-osuuden voisi myös kaapeloida, koska se on keskusta-alueella. Toisena vaihtoehtona on vähäisten puiden kaataminen. Muut muuntamot ovat tällä suojausalueella jo kaapeloitu. Tällä tavoin myös tälle suojausalueelle saataisiin KAH-arvoksi 0. Varasyöttöyhteyksiä muuntamoille löytyy Samppanummen erotinaseman kautta.

Muuntamoiden 2004, 716 ja 833 syöttöreitillä on tutkittavista muuntamoista myös Kurssikeskuksen muuntamo 166, jolla on yhteensä 8 kuluttajaa. Ne koostuvat teollisuudesta ja palveluista. Tämän muuntamon saa puuvarmaksi kaapeloimalla ennen muuntamo-olevan ilmajohdon. Muuntamoiden 2004, 716, 833 ja 166 yhteyteen ei ole tarvetta asentaa uusia erottimia.

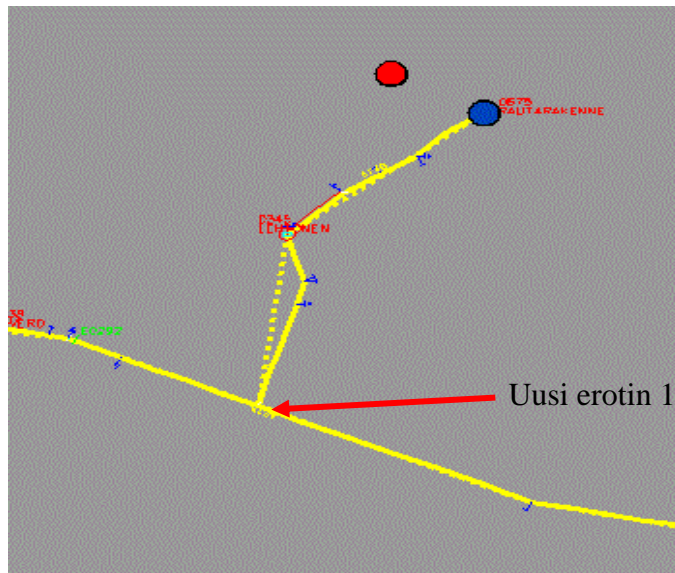


KUVA 34. Muuntamoiden 716, 2004 ja 833 kaapelointi

Muuntamolla 395 on 7 asiakasta, jotka koostuvat omakotiasukkaista ja teollisuudesta. Muuntamo on Laitilan asemakaava-alueella ja se saa syöttönsä Vaimaron lähdöstä. Muuntamo 65 on lähdön viimeinen asemakaava-alueella oleva muuntamo. Muuntamon perässä on jakoraja erottimella 14. Muuntamoiden syöttöverkko koostuu kahdesta ilmajohtosta, joiden välissä on pieni osa maakaapelia. Ilmajohto on aluksi muutamien harvojen puiden välissä, jotka olisi hyvä kaataa. Myös kaapelointi olisi hyvä vaihtoehto alun ilmajohtolle, koska se on lähellä keskustaa. Toisen ilmajohto-osuuden alussa on metsänreunaa, jonka kohdassa johto olisi hyvä kaapeloida tai metsää kaataa. Näin koko lähdöstä saataisiin puuvarma. Muuntamolla 395 on myös yksi keskeytyskriittinen kulutuspaikka. Erottimen 113 olisi kuitenkin hyvä olla lähempänä muuntamo 395 metsäalueella tapahtuvan vian vuoksi.

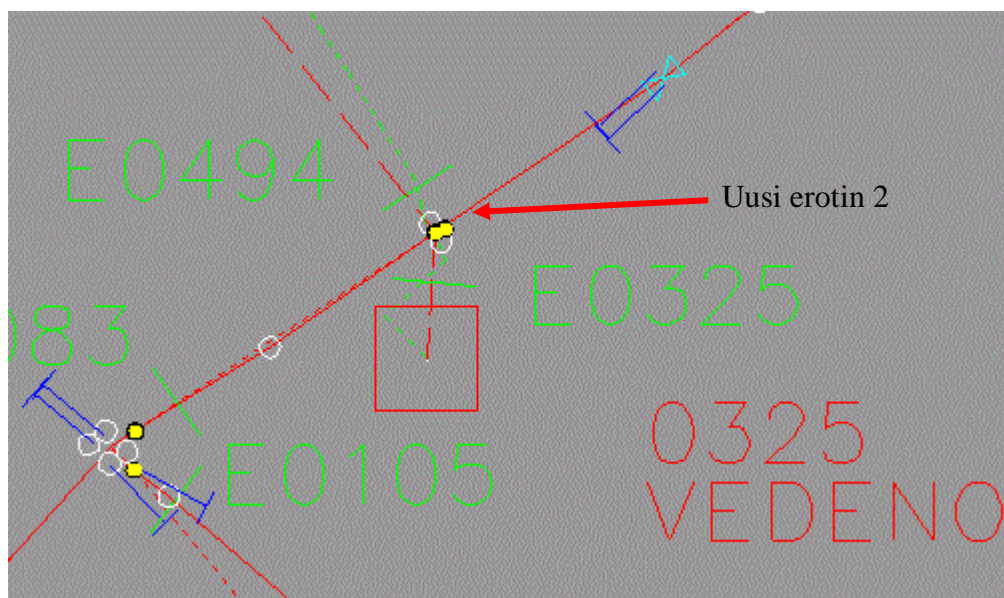
Muuntamo 34 on puistomuuntamo, joka sijaitsee Laitilan haja-asutusalueella. Sillä on 21 asiakasta. Asiakkaat koostuvat pääasiassa omakotitaloista, mutta mukana on myös maatilankasvituotantoa. Muuntamo on asemakaava-alueen ulkopuolella ja se saa syöttönsä Koveron lähdöstä. Syöttö on pääosin ilmajohtoa, joka on sijoitettu pellolle. Ilmajohtoon alkupuolella on yksi pieni puuryppäs. Nämä puut pitäisi kaataa, jotta syöttöreitistä saataisiin puuvarma. Vian tullessa tälle johto-osalle muuntamo 34 voidaan syöttää Vidilän erotinaseman kautta, jonka kautta myös erotetaan verkon loppuosa vian sattuessa. lähdön toinen loppuosa voidaan erottaa erottimella 228. Lähdöllä on myös kolme keskeytyskriittistä kulutuspaikkaa.

Muuntamo 875 on pylväsmuuntamo, jolla on 10 asiakasta. Asiakkaat koostuvat omakotitaloista sekä teollisuudesta ja palvelusta. Se saa syöttönsä Koveron lähdöstä. Muuntamo ei ole asemakaava-alueella. Muuntamolla on lisäksi yksi keskeytyskriittinen kulutuspaikka. Syöttö on toteutettu sekä maakaapelilla että ilmajohtolla, joista suurempi osa on ilmajohtoa. Reitillä on kaksi suurempaa metsäosuutta, joissa puusto on hyvin tiheää. Vikaherkkyyttä myös suurentaa metsäosuuksien vieressä olevat aukeat paikat. Nämä johto-osat pitäisi kaapeloida sekä muuntamon 34 yhteydessä mainitusta puuosuudesta pitäisi kaataa puut, jotta syöttöreitistä saataisiin puuvarma. Kauko-ohjattava erotin pitäisi laittaa viimeisen haarautumisen jälkeen lähelle haarautumista (kuva 35), jolloin loppuosa verkosta pystyttäisiin erottamaan vian tullessa sinne.



KUVA 35. Erotinlisäys 1 muuntamoa 875 varten

Erotinta 105 käytetään, jos vika tulisi muuntamolle 370 johtavalle haaralle. Myös muuntamoille 899 ja 171 johtavassa haarassa on suuri metsäosuus, jossa ei ole erotinta. Tähän haaraan tulisi lisätä Kauko-ohjattava erotin kohtaan, jossa on jo ennestään erotimet 494 ja 325. Myös erotinaseman rakentaminen voisi olla hyvä vaihtoehto. Tällöin tällä johto-osalla tapahtuva vika voidaan erottaa ja syöttö saadaan palautettua muuntamolle 875. Muuntamon varasyöttöyhteyksiä ovat Samppanummen erotinasema sekä Puntarin puistomuuntamo. Erottimen lisäyspaikka on esitetty kuvassa 36.



KUVA 36. Erotinlisäys 2 muuntamoa 875 varten

Kaavalla 9 laskettiin Koveron lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo, jos vika tulisi muuntamolle 171 johtavalla ilmajohtolla. Tällöin käytettäisiin uutta erotinta 2.

$$KAH_{\text{uusiA11J12}} = KAH_{\text{mmo171}} \quad (9)$$

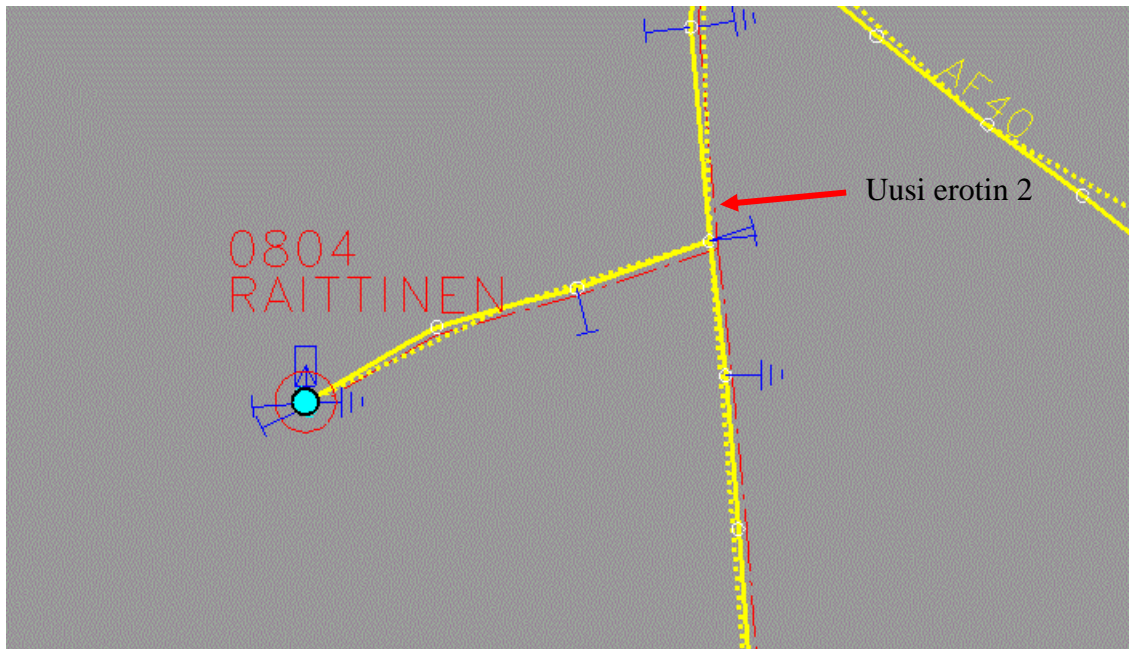
$$KAH_{\text{uusiA11J12}} = 46 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Kylänpään lähdöllä olevat muuntamot ovat asemakaava-alueella, joten ne täytyisi saada puuvarmaksi. Ilmajohito-osuudet pitäisi kokonaisuudessaan kaapeloida, koska ne ovat keskusta-alueella. Tällä lähdöllä ei ole keskeytyskriittisiä asiakkaita.

Välimetsän lähdöllä olevat muuntamot ovat asemakaava-alueella yhtä muuntamoalukuun ottamatta. Lähdöllä vaihtelee harva puusto, asuinalue ja pelto. Harvassa olevat puut pitäisi kaataa ja asutuksen lähellä oleva verkko pitäisi kaapeloida, jolloin lähdöstä saataisiin puuvarma. Välimetsän lähdöllä ei ole kriittisiä kulutuspisteitä. Erotin 199 toimii lähdöllä jakorajaerottimena.

Lapinsuoralla olevat muuntamot ovat asemakaava-alueen ulkopuolella, joten niille ei tässä vaiheessa esitetä toimenpiteitä. Mikään kulutuspiste ei myöskään ole keskeytyskriittinen.

Sillantaan lähdöllä on asemakaava-alueella muuntamo 804. Lisäksi yksi muuntamo on keskeytyskriittinen. Asemakaava-alueella olevan muuntamon syöttöverkko on ilmajohtoa. Ilmajohdon alku- ja loppuosalla on puita. Keskiosa johdosta on sijoitettu pellolle. Muuntamon puuvarmaksi saaminen edellyttäisi puosuoksien kaapeloimista sekä erotinlisäämistä muuntamon perään (kuva 37). Tällöin, jos vika tulisi uuden erottimen ja erottimen 400 väliin, olisi lähdön KAH-arvo vain muuntamoiden 119 ja 805 suuruisen eli 184 €/h.



KUVA 37. Erotinlisäys muuntamoja 804 varten

Kaavalla 10 laskettiin Sillantaan lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo loppuosan viikaantuessa.

$$KAH_{\text{uusiA11J19}} = KAH_{\text{vanhaA11J19}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (10)$$

$$KAH_{\text{uusiA11J19}} = 3634 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (293 + 511 + 308) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 2522 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Vanhantakan lähdöllä ei ole yhtään muuntamoja. Keskustan lähdön muuntamoiden syötöt on kaapeloitu kokonaan, joten ne eivät tarvitse lisäkäsittelyä. Kalanti 2 lähdön muuntamot ovat asemakaava-alueen ulkopuolella ja niillä ei ole keskeytyskriittisiä asiakkaita, joten niitä ei käsitellä tarkemmin.

8.3 Ketunkallion sähköasema

Ketunkallion sähköaseman alueelta tutkittiin kolmea muuntamoja. Muuntamot 1208, 1207 ja 1097 ovat Uudenkaupungin asemakaava-alueella olevia muuntamoita, jotka saavat syöttönsä Janhuan lähdöltä. Muuntamoiden 1207 ja 1208 ainoina asiakkaina ovat metalliteollisuutta. Muuntamon 1097 asiakkaat koostuvat palveluista. Muuntamoiden syöttöverkko on hyvin samanlainen ja se on pääasiassa PAS-johtoa. Loppuosa syöttöverkosta on maakaapeloitu. Erona on, että tälle muuntamolle 1097 syöttö tulee muuntamoiden 1208 ja 1207 PAS-johdon vieressä olevaa PAS-johtoa. Ilmajohito-osuudella

on puita, jotka ovat kuitenkin hyvin pieniä. Muuntamot saisi puuvarmaksi kaapeloimalla PAS-johto-osuuden. Normaalin syöttöreitin vikaantuessa muuntamoita voidaan syöttää muuntamon 1025 tai 1028 kautta. Nämä reitit ovat kokonaan maakaapeloitu. Muuntamoiden syöttöreitillä ei ole yhtään ilmajohtohaaraa. Muuntamalla 1097 on myös keskeytyskriittisiä asiakkaita 3. Erottimien lisäystarvetta ei ole.

Sorvakon lähdöllä olevat muuntamot kuuluvat asemakaava-alueeseen ja ne on suurelta osin kaapeloitu. Pieni osa on kuitenkin kaapeloimatta. Tämä osa pitäisi kaapeloita, jotta lähdestä tulisi puuvarma. Lähdössä on myös joitakin keskeytyskriittisiä kuluttajia.

Peruskoulun, Santtion ja Hirvitien lähtöjen verkot ovat kokonaan kaapeloitu, joten niitä ei käsitellä tarkemmin.

Lähtöjen Hiu-lep ja Rantalinja muuntamot ovat asemakaava-alueen ulkopuolella, joten niitä ei käsitellä tarkemmin. Hiu-lep -lähdöllä on kuitenkin 4 keskeytyskriittistä kuluttajaa ja Rantalinjalla 3.

8.4 Sannon sähköasema

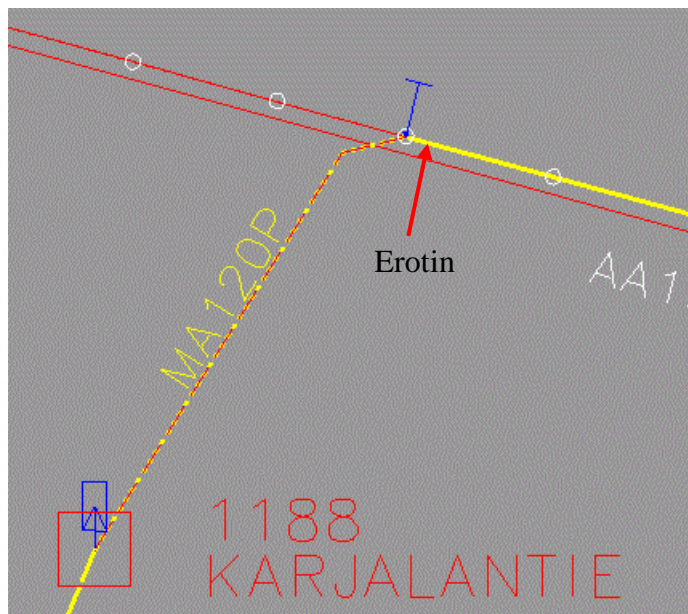
Sannon sähköaseman alueelta tutkittiin viittä muuntamoita. Muuntamot 1189 ja 1163 ovat puistomuuntamoita, jotka saavat syöttönsä Sanno2 lähdestä. Muuntamalla 1189 on yksi asiakas, joka on metalliteollisuutta. Muuntamalla 1163 on 11 asiakasta, jotka koostuvat palveluista sekä metalliteollisuudesta. Muuntamo 1189 ei ole asemakaava-alueella, mutta 1163 on. Syöttöreitin alku- ja loppuosa on maakaapelia ja keskiosa on PAS-johtoa. PAS-johdolla on metsää, joka saattaa aiheuttaa vian. Lähden puuvarmaksi saaminen edellyttäisi PAS-johdon kaapeloimista. Vian tullessa muuntamon 1185 edessä olevalle ilmajohdolle, erottavana erottimena toimii muuntamon 1079 kuormaerotin. Varasyöttöyhteys on muuntamon 1250 kautta. Erottimien lisäystarvetta ei ole näiden muuntamoiden kohdalla. Lähdöllä ei ole keskeytyskriittisiä asiakkaita.

Kaavalla 11 laskettiin Sanno2 -lähden uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli asemakaava-alueella olevat muuntamot saataisiin puuvarmoiksi.

$$KAH_{\text{uusiA22J10}} = KAH_{\text{vanhaA22J10}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (11)$$

$$KAH_{uusiiA22J10} = 29120 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (19397 + 5422 + 1370 + 1535 + 928) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 468 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

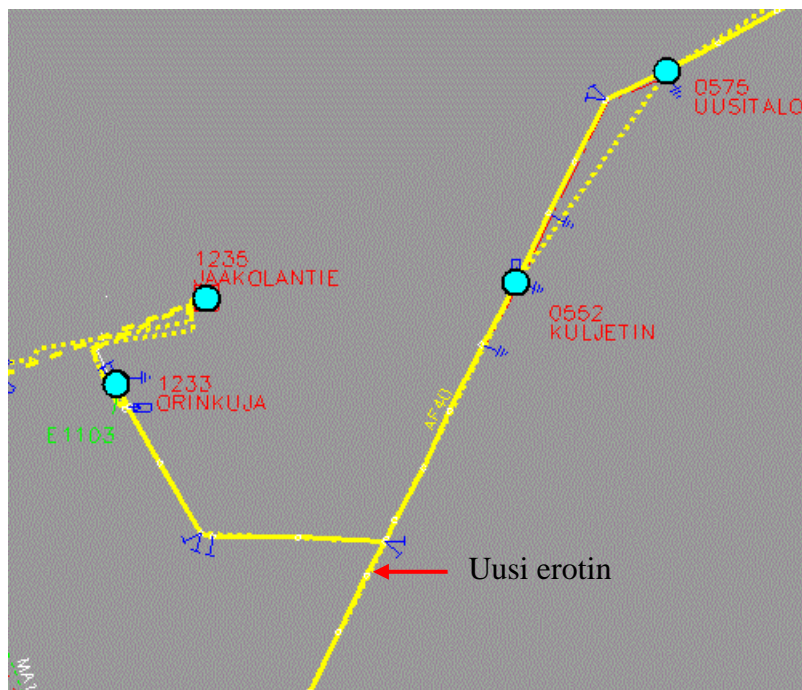
Muuntamolla 1020 on 16 asiakasta ja se saa syöttönsä Kurjenpolun lähdöltä. Sen asiakkaat koostuvat palveluista sekä omakotitaloasukkaista. Lähdöllä olevat kaikki Muuntamot ovat asemakaava-alueella. Muuntamon syöttöreitistä on kaapeloitu vähän yli puolet. Syöttöreitin alkuosa on ilmajohtoa, joka on sijoitettu tiheään metsään. Tämä tekee osuudesta vikaherkemmän. Tähän on ratkaisuna alkuosan kaapelointi Raumentien erotinasemalle asti. Lähdöllä on myös toinen kohta ilmajohtoa. Koska kaikki lähdön muuntamot ovat keskustassa ja asemakaava-alueella, toinen ilmajohto-osuus pitää myös kaapeloida. Varasyöttöyhteytenä on Ketunkallion aseman verkossa olevan muuntamon 1143 kautta tuleva reitti, joka on kokonaan maakaapeloitu. Toisena vaihtoehtona on Sannon sähköaseman verkon muuntamon 1098 kautta, joka on myös kokonaan maakaapeloitu. Mikäli ilmajohtoa ei kaapeloida, yhtenä varasyöttöreittinä on myös Raumentien erotinasema. Tämä edellyttäisi kauko-ohjattavan erottimen asentamista ennen johdon muuttumista maakaapeliksi (kuva 38). Tällöin ilmajohtolla olevat viat pystytään erottamaan muuntamosta. Kurjenpolun lähdöllä on 4 keskeytyskriittistä kuluttajaa.



KUVA 38. Erotinlisäys muuntamolle 1020

Puistomuuntamo 1235 ja pylväsmuuntamo 552 saavat syöttönsä Sanno1 -lähdöltä. Muuntamon 1235 ainoa asiakas on metalliteollisuus. Muuntamolla 552 on 9 asiakasta, jotka koostuvat metalliteollisuudesta sekä palveluista. Lähdön muut muuntamot kuuluvat asemakaava-alueeseen muuntamoa 1078 lukuun ottamatta. Muuntamon 1235 syöt-

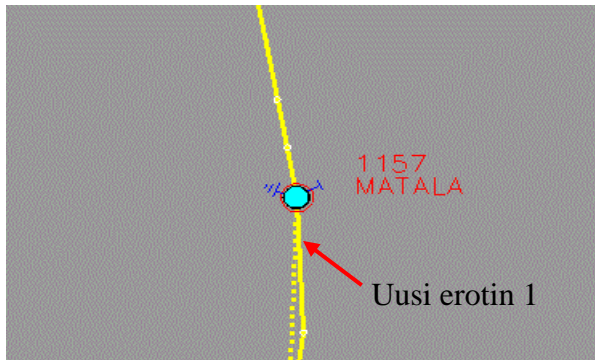
töverkosta valtaosa on PAS-johtoa. Kaapeloitu on vain verkon alku- ja loppuosa. Johdot on sijoitettu metsäiselle paikalle, joten reitti Sannon asemalta muuntamolle 1235 pitäisi kokonaan kaapeloida. Lisäksi pitäisi kaapeloida reitti muuntamolta 1233 erottimelle 248, koska muuntamot ovat asemakaava-alueella. Kauko-ohjattava erotin pitäisi lisäksi lisätä kuvassa 39 esitettyyn paikkaan, jotta lähdön loppuosalla esiintyvät viat pystytään erottamaan muuntamoista. Näin koko lähdöstä tulee puuvarma. Ilmajohtovarasyöttöyhteyksiä muuntamoille on tällöin erottimien 248, 1029 tai 126 kautta. Erottimet 248 ja 126 toimivat lisäksi Sannon ja Kalannin asemien jakorajana.



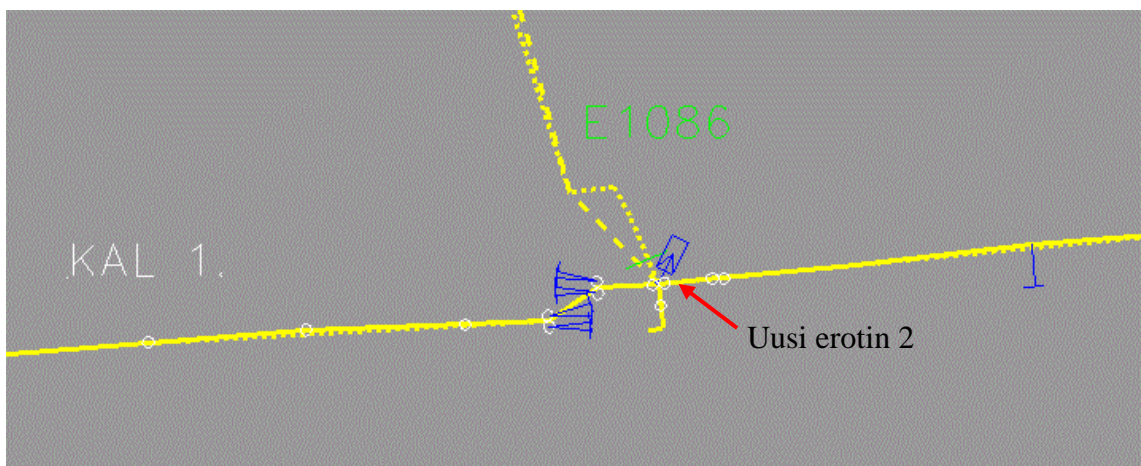
KUVA 39. Erotinlisäys Sanno1 -lähdölle

Sundholman lähdön muuntamoista 5 on asemakaava-alueella. Lähdön verkko on pääosin ilmajohtoa. Lähdön alkuosa on kaapeloitu erottimelle 1015 asti. Kaapeloida pitäisi myös muuntamoiden 1009 ja 1041 välinen ilmajohto. Kalanti1 -linja pitäisi kaapeloida erottimelta 1086 muuntamolle 1157, jonka perään tulisi myös lisätä kauko-ohjattava erotin (erotin 1). Kauko-ohjattava erotin (erotin 2) tulisi lisätä myös Kalanti1 -linjalle erottimen 1086 viereen muuntamon 1041 puolelle. Tämä ratkaisu edellyttäisi erottimen 1021 avaamista ja erottimen 1010 sulkemista. Jos vika tulisi esimerkiksi Kalanti 1 -linjalle uuden erottimen 2 ja erottimen 1031 väliselle alueelle, käytettäisiin erotinta 2. Tällöin koko lähdölle saataisiin palautettua sähköt, kun loppuosaa Kalanti 1 -linjasta syötettäisiin Kalannin erotinaseman kautta. Lisäksi pitäisi kaapeloida muuntamoiden 1016

ja 1088 välinen ilmajohto-osuus. Erottimien lisäyspaikat on esitetty kuvassa 40 ja 41. Lähdöllä on yksi keskeytyskriittinen kuluttaja.



KUVA 40. Erottimen 1 lisäyspaikka



KUVA 41. Erottimen 2 lisäyspaikka

Kaavalla 12 laskettiin Sundholman lähdon uusi yhden tunnin KAH-arvo vikojen aikana, mikäli syöttö olisi puuvarma asemakaava-alueen muuntamoille.

$$KAH_{\text{uusiA22J05}} = KAH_{\text{vanhaA22J05}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (12)$$

$$KAH_{\text{uusiA22J05}} = 5692 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (202 + 326 + 83 + 28 + 288 + 295 + 91 + 92 + 202 + 319) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 3766 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Ketunkallion lähdöllä on kolme muuntamo, jotka ovat kaikki asemakaava-alueella. Niiden puuvarmaksi saaminen edellyttäisi Sannon aseman ja Raumantien erotinaseman välisen ilmajohtoon kaapeloimista. Lisäksi tulisi kaapeloida Raumantien erotinasemalta

muuntamolle 1127 ja muuntamolle 1019 johtavat ilmajohtot. Lähdöllä on yksi keskeytyskriittinen kuluttaja. Erotinlisäyksille ei tarvita.

Soijatehtaann ja Saab valmetin lähdöt on kaapeloitu kokonaan.

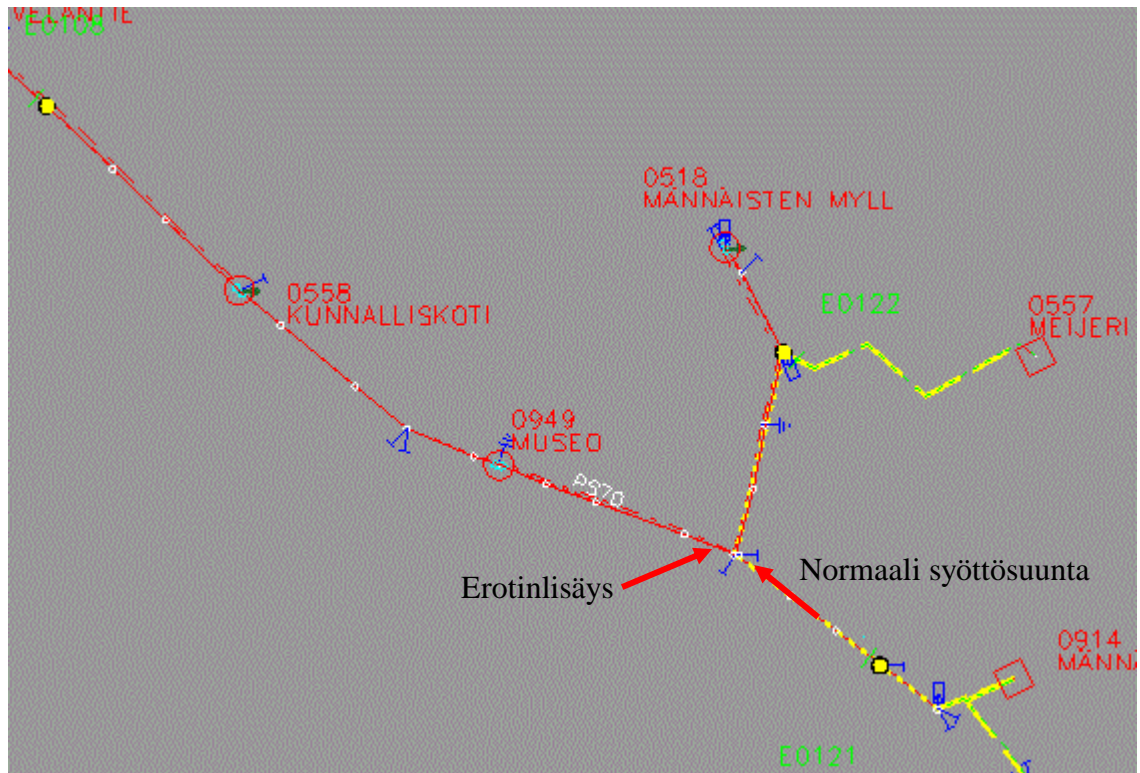
8.5 Kalannin sähköasema

Kalannin sähköaseman alueelta tutkittiin kolmea muuntamoaa. Muuntamo 952 on puistomuuntamo, jolla on yksi metalliteollisuuden asiakas. Se saa syöttönsä Laitila 1 - lähdistä ja se ei ole asemakaava-alueella. Muuntamon syöttöverkko on pääosin ilmajohtoa, jonka alussa on metsää. Myös muuntamolta eteenpäin jatkavalla ilmajohtolla on metsäosuuksia. Tähän verkonosaan on sijoitettu erottimia hyvin. Jos vika tulisi nykyiselle syöttöjohdolle, se voitaisiin erottaa verkosta erottimilla 149 ja 224, jolloin muuntamo voitaisiin syöttää erottimen 1114 kautta tai Laitilan sähköaseman verkosta. Jos vika puolestaan tulisi johdolle muuntamon jälkeisellä osalla, vika voitaisiin erottaa muuntamosta erottimella 149.

Muuntamo 919 on puistomuuntamo, jolla on 11 asiakasta. Se saa syöttönsä Laitila 1 - lähdistä ja se on lähdön ainoa asemakaava-alueella oleva muuntamo. Asiakkaat koostuvat metalliteollisuudesta sekä palveluista. Muuntamoaa syöttävästä verkosta vähän yli puolet on kaapeloitu. Ilmajohto-osuus on metsäalueella, joten se voi aiheuttaa katkoksia. Muuntamon puuvarmaksi saaminen edellyttäisi puuston raivausta tai metsäosuudella olevan verkon kaapeloimista. Syöttävälle verkolle tulevan vian aikana varasyöttöyhteyksiä on erottimen 1114, Kalannin erotinaseman tai Laitilan sähköaseman verkko. Jos vika tulisi syöttävän verkon osalle, muuntamoaa syötettäisiin Kalannin erotinsemalta, jolloin muuntamo erotettaisiin viallisesta verkon osasta erottimella 253. Erottimien lisäykselle ei ole tarvetta. Laitila1 -lähdöllä ei ole keskeytyskriittisiä asiakkaita.

Muuntamo 557 on puistomuuntamo, jolla on 25 asiakasta. Se saa syöttönsä kirkonkylän lähdöltä ja on asemakaava-alueella. Lähdön muut muuntamot ovat myös asemakaava-alueella. Asiakkaat koostuvat teollisuudesta, omakotiasukkaista sekä palveluista. Syöttävä verkko on pääosin ilmajohtoa. Ilmajohton alkuosa on metsässä ja lopulla on yksittäisiä puita. Vikaherkin paikka on syötön alkuosa, jossa metsä on tiheää ja ympäristön suoja ei ole paras mahdollinen. Syöttävän verkon vikaantuessa muuntamoaa voidaan

syöttää erottimen 1130 kautta ja viallinen verkko voidaan erottaa verkosta erottimella 121. Jos vika tulisi muuntamoille 557 sekä 518 ja 121 väliselle alueelle, olisi kauko-ohjattava erotin hyvä olla kuvassa 42 merkatussa paikassa, jolloin muuntamoa voidaan syöttää normaalia syöttöreittiä. Koko lähdön puuvarmaksi saaminen edellyttäisi sen ilmajohtojen kaapelointia.



KUVA 42. Muuntamoa 557 varten lisättävä erotin

Tynkin lähdöllä on kaksi asemakaava-alueella olevaa muuntamoa ja yksi keskeytyskriittinen kulutuspiiste. Puuvarmaksi saaminen edellyttäisi näiden muuntamoiden syöttöreitin kaapelointia.

Kylähiisin lähdöllä olevat muuntamot ovat asemakaava-alueen ulkopuolella eikä sillä ole keskeytyskriittisiä kuluttajia, joten niitä ei käsitellä tarkemmin.

Haudon lähdöllä olevat muuntamot ovat myös asemakaava-alueen ulkopuolella. Lähdöllä on kolme keskeytyskriittistä kuluttajaa. Mannersuon lähdöllä on yksi asemakaava-alueella oleva muuntaja, joka on kaapeloitu, joten lähtöä ei käsitellä enempää.

Orivon lähtö on ilmajohtoa, jolla on 5 muuntamoa asemakaava-alueella. Lähdöllä on kaksi keskeytyskriittistä kuluttajaa. Näiden muuntamoiden puuvarmaksi saaminen edel-

lyttäisi johdon kaapeloimista metsäosuuksilla. Lisäksi kauko-ohjattava erotin tulisi lisätä muuntamolle 551 haarautuvan johto-osan jälkeen erottimen 1119 viereen (kuva 43). Tällöin, jos vika tulisi lähdölle uuden erottimen jälkeisellä verkon osalla, asemakaava-alueella olevia muuntamoita voitaisiin syöttää samalta lähdöltä.



KUVA 43. Orivon lähdölle lisättävä erotin

Kaavalla 13 laskettiin Orivon lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli asemakaava-alueella olevien muuntamoiden syöttö olisi puuvarma.

$$KAH_{\text{uusiA12J17}} = KAH_{\text{vanhaA12J17}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (13)$$

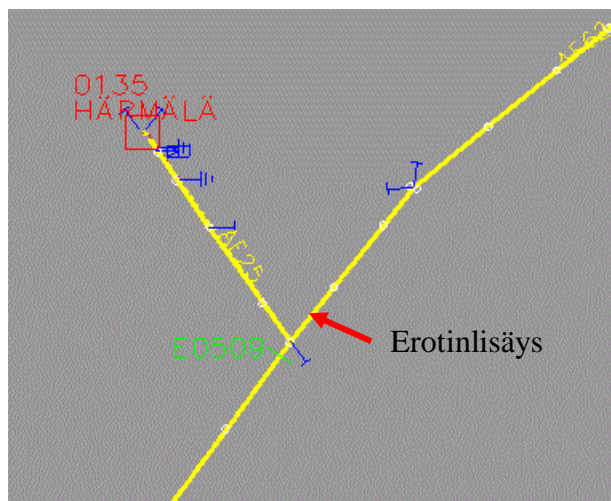
$$KAH_{\text{uusiA12J17}} = 9430 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (157 + 439 + 352 + 787 + 690) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 7005 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Harjutien lähdöllä olevat muuntamot ovat asemakaava-alueella ja lähdöllä on yksi keskeytyskriittinen kulutuspiiste. Puuvarmaksi saaminen edellyttäisi näiden muuntamoiden syöttöreitin kaapelointia metsäosuuksien kohdalta.

8.6 Ihoden sähköasema

Ihoden sähköaseman alueelta tutkittiin yhtä muuntamoita. Muuntamo 135 on puistomuuntamo, jolla on 17 asiakasta. Se saa syöttönsä Metänpään lähdöltä ja se ei ole asemakaava-alueella. Asiakkaat koostuvat metalliteollisuudesta, omakotitaloista, palveluista sekä maataloudesta. Syöttöverkko on ilmajohtoa, jonka alkuosa on PAS-johtoa. Rei-

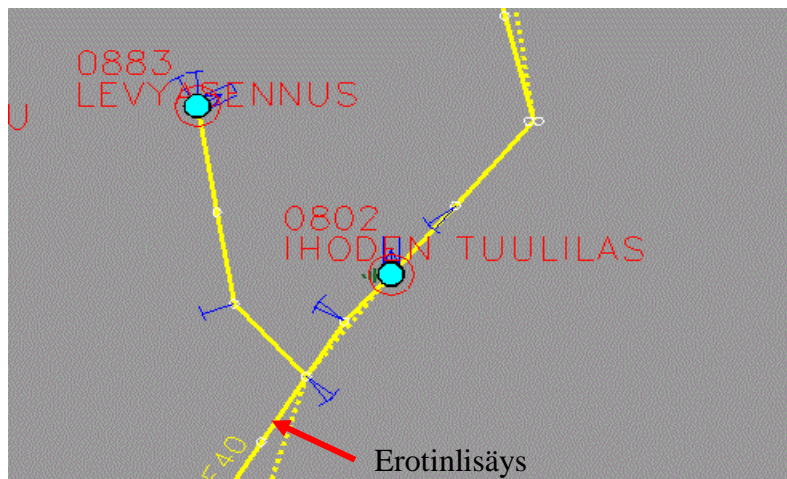
tin alussa on yksittäisiä puita tai pieniä puualueita ja lopussa laajempi metsäalue. Metsä- ja puuosuuksien puiden tiheys on vaihtelevaa, mutta vikaherkkyys on suuri, koska metsäosuudet ovat laajoja. Jos syöttävään verkkoon tulee vika ennen Metänpään erotinasemaa, se voidaan erottaa muuntamosta Metänpään erotinasemalla, jolloin varasyöttöyhteys on Metänpään erotinasemalta erottimen 19 kautta. Jos vika tulee puolestaan Metänpään erotinaseman ja erottimen 509 väliselle alueelle, joudutaan muuntamolta katkaisemaan sähköt. Uusi kauko-ohjattava erotin (kuva 44) olisi hyvä lisätä ennen johdon haarautumista muuntamolte. Tällöin Metänpään erotinaseman ja haarautumisen välille tullut vika pystytään erottamaan muuntamosta, jolloin varasyöttöyhteys olisi erottimen 508 kautta.



KUVA 44. Erotinlisäys muuntamolte 135

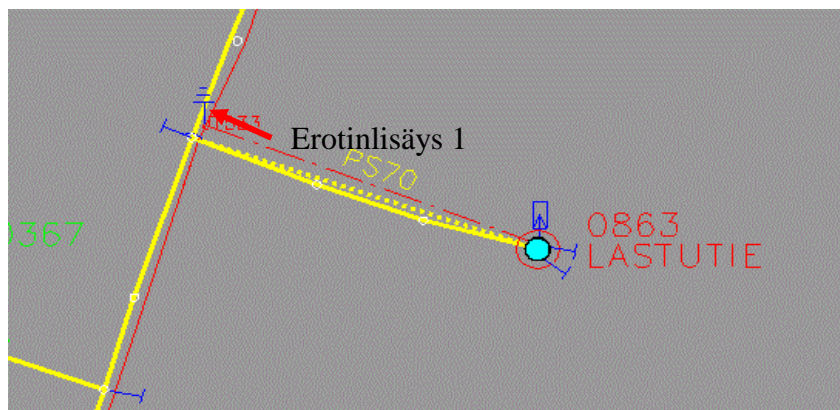
Untamalan, Nuuskin ja Ropan lähdoillä on yksi keskeytyskriittinen asiakas, mutta ei asemakaava-alueella olevaa muuntamoaa.

Laitilan lähdoillä on kolme muuntamoaa asemakaava-alueella ja yksi keskeytyskriittinen asiakas. Asemakaava-alueella olevien muuntamoiden syöttöverkon alkuosa on aukealla paikalla ja loppuosa metsässä. Muuntamoiden säävarmaksi saaminen edellyttäisi loppuosan kaapeloimista ja erottimen lisäämistä muuntamon 883 haarautumisen jälkeen (kuva 45). Tällöin lähdon muuntamoita voitaisiin syöttää muuntamoaa 303 lukuun ottamatta, jos vika tulisi uuden erottimen, erottimen 66 ja erottimen 183 väliselle alueelle. Lähdon KAH-arvo olisi tässä tilanteessa muuntamon 303 KAH-arvon suuruinen eli 100 €/h.

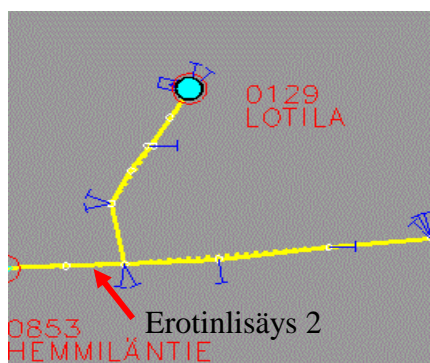


KUVA 45. Laitilan lähdön erotinlisäys

Ihoden lähdön muuntamot ovat pääosin asemakaava-alueella ja niiden syöttö on toteutettu ilmajohtolla. Asemakaava-alueella olevien muuntamoiden puuvarmaksi saaminen edellyttäisi Alussa olevien muutamien puiden kaatamista sekä loppuosan kaapeloimista. Lähdölle tulisi lisätä kaksi kauko-ohjattavaa erotinta, joiden paikat on esitetty kuvissa 46 ja 47. Lähdöllä on yksi keskeytyskriittinen asiakas, joka tulisi näillä toimenpiteillä puuvarmaksi.



KUVA 46. Ihoden lähdön erotinlisäys 1



KUVA 47. Ihoden lähdön erotinlisäys 2

Kaavalla 14 laskettiin Ihoden lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli vika tulisi lähdölle muuntamon 863 jälkeisellä verkon osalla. Tällöin käytettäisiin erotinlisäyksen 1 erotinta.

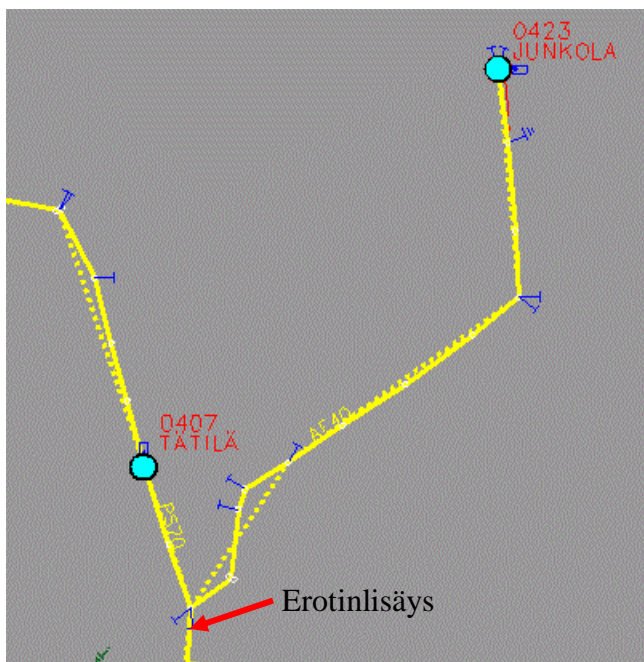
$$KAH_{\text{uusiA13J07}} = KAH_{\text{mmo125}} + KAH_{\text{mmo389}} \quad (14)$$

$$KAH_{\text{uusiA13J07}} = 115 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 95 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 210 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Lähdön vanha KAH-arvo oli 4153.

Varhokylän lähtö on kokonaan kaapeloitu. Monnan lähdöllä puolestaan on yksi muuntamo, joka ei ole asemakaava-alueella. Muuntamon syöttöreitillä olevat puut olisi hyvä kaataa.

Pyhärannan lähdöllä on asemakaava-alueella olevia muuntamoita. Lähdöllä on lisäksi 8 keskeytyskriittistä muuntamoita. Verkko asemakaava-alueella oleville muuntamoille pitäisi kaapeloida metsäalueilta, jos se halutaan puuvarmaksi. Varasyöttöyhteyksiä lähdön syöttämään verkkoon on erottimien 508, 274 ja 490 kautta. Kauko-ohjattava erotin olisi hyvä asentaa asemakaava-alueen viimeisen muuntamon 423 jälkeen (kuva 48).



KUVA 48. Erotinlisäys Pyhärannan lähdölle

Kaavalla 15 laskettiin Pyhärannan lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo useiden asema-kaava-alueen ulkopuolella vikojen aikana, mikäli syöttö asemakaava-alueella oleville muuntamoille olisi puuvarma.

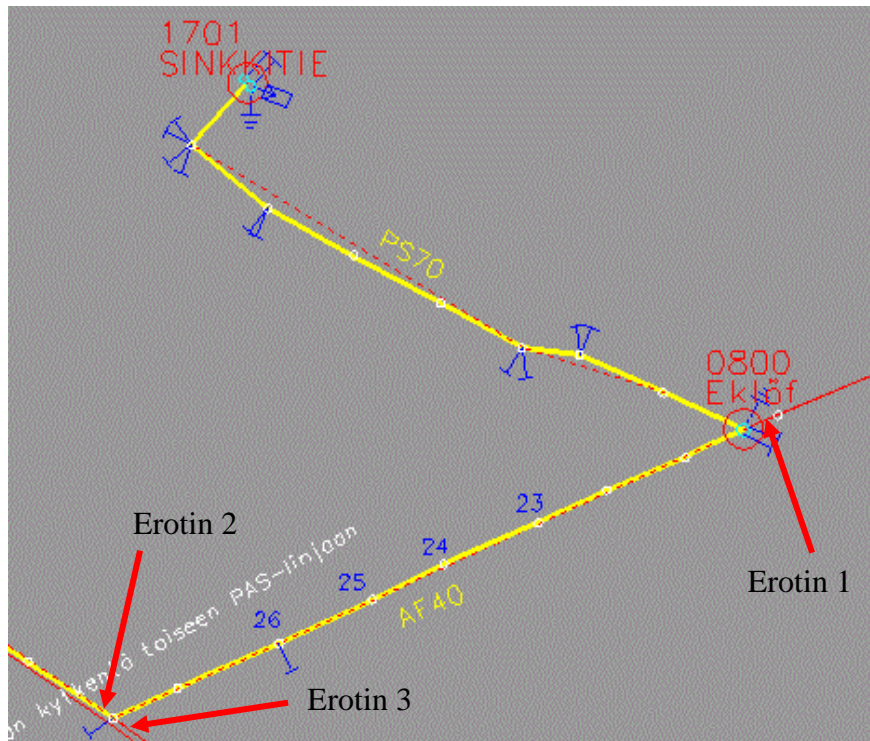
$$KAH_{\text{uusiA13J18}} = KAH_{\text{vanhaA13J18}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (15)$$

$$KAH_{\text{uusiA13J18}} = 7646 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (942 + 240 + 1006 + 337 + 162 + 352) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 4607 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

8.7 Monnan sähköasema

Monnan sähköaseman alueelta tutkittiin yhtä muuntamo. Muuntamo 1701 on pylväsmuuntamo, jolla on yksi metalliteollisuuden asiakas. Se saa syöttönsä Unaja KA1 -lähdöltä ja se ei ole asemakaava-alueella. Syöttö tulee Unajan kytkinaseman kautta Vienolan lähdöstä. Syöttöverkko Monnan sähköasemalta on metsäistä ilmajohtoverkkoa lukuun ottamatta pientä kaapeloitua osaa. Metsäosuus on pääosin suojaistua, mutta tiheää, joka lisää vikaherkkyyttä.

Vian tullessa muuntamon 800 jälkeen, se voitaisiin erottaa muuntamosta 1701 lisäämällä tavallinen erotin muuntamon 800 lähelle (erotin 1). Jos vika puolestaan tulisi syöttöreitin avojohdolle ennen muuntamo 800, varasyöttöyhteyttä muuntamolle 1701 ei olisi. Jos vika tulisi Unajan kytkinaseman ja avojohdo-osuuden väliselle alueelle, olisi varasyöttöyhteytenä Vermuntilan erotinasema, jolloin koko lähdölle saadaan sähkö palautettua tätä kautta. Tämä edellyttäisi tavallisen erottimen lisäämistä PAS-johdolle ennen avojohdoksi muuttamista (Erotin 2). Jos vika tulisi avojohdon haarautumispaikan jälkeen PAS-johdolle, syöttö tulisi normaalia reittiä pitkin. Tämä edellyttäisi tavallisen erottimen lisäämistä PAS-johdolle avojohdoksi haarautumisen jälkeen (Erotin 3). Jos vika tulisi ennen Unajan kytkinasemaa, varasyöttöyhteytenä toimisi Unajan kytkinaseman muut lähdöt tai Vermuntilan erotinasema. Lähdöllä on kaksi keskeytyskriittistä kuluttajaa. Erottimien lisäyspaikat on esitetty kuvassa 49. UnajaKA1 -lähdön muuntamosta 1706 tulisi myös harkita uuden maakaapeliyhteyden rakentamista muuntamolle 774, joka kuuluu Soukaisten lähtöön.



KUVA 49. Muuntamon 1701 yhteyteen lisättävät erottimet

Soukaisen ja Tarvola lähdöllä ei ole asemakaava-alueella olevia muuntamoita eikä keskeytyskriittisiä asiakkaita. Vermuntilan lähdöllä ei ole asemakaava-alueen muuntamoita, mutta keskeytyskriittisiä asiakkaita on 2. Vasaraisten lähdöllä ei ole asemakaava-alueen muuntamoita, mutta keskeytyskriittisiä asiakkaita on 3. Lapin lähdöllä ei ole asemakaava-alueen muuntamoita, mutta keskeytyskriittisiä asiakkaita on 2.

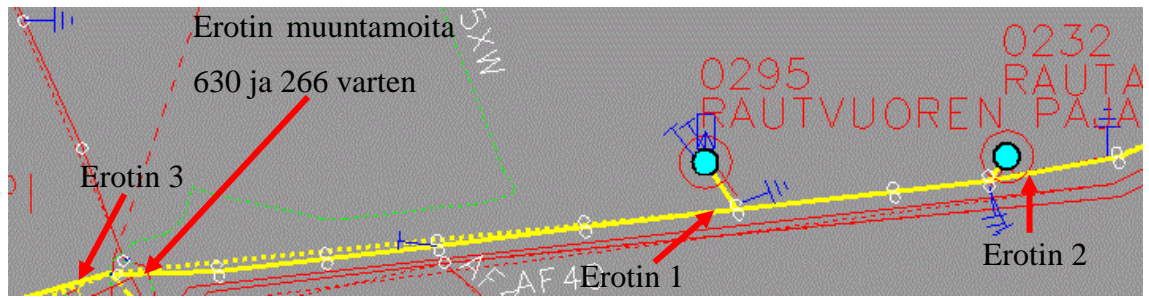
Monnan lähdöllä on kolme muuntamoita, joista yksi asemakaava-alueen muuntamo. Sen puuvarmaksi tekeminen edellyttäisi lähdön ilmajohdon kaapeloimista, jolloin myös koko lähdöstä tulisi puuvarma.

Kortelan lähdöllä on 4 asemakaava-alueen muuntamoita, joihin kuuluu myös lähdön viimeinen muuntamo. Lähdön puuvarmaksi saaminen edellyttäisi vähäisten puiden kohdalla raivaamista sekä suurempien metsäosuuksien kohdalla kaapelointia.

8.8 Lapin sähköasema

Lapin sähköaseman alueelta tutkittiin 7 muuntamoita. Muuntamot 630 ja 266 saavat syöttönsä teollisuuden lähdöstä ja ne ovat asemakaava-alueella. Muuntamo 630 on kiinteistömuuntamo, jolla on yksi metalliteollisuuden asiakas. Muuntamo 266 on puistomuuntamo, jolla on 16 asiakasta. Asiakkaat koostuvat omakotitaloasukkaista, palveluista sekä metalliteollisuudesta. Muuntamoita syöttävä verkko on ilmajohtoa ja se on suurelta osin metsässä. Johto on kuitenkin suojaisessa metsässä, joka vähentää vikaherkkyttä. Jos vika tulisi syöttävälle lähdölle erottimen 375 jälkeen, muuntamoita 630 voitaisiin erottaa verkosta käyttämällä muuntamon kuormaerotinta 6301 sekä erotinta 375, jolloin varasyöttöyhteys olisi muuntamon 266 kautta. Erottimella 375 voidaan myös erottaa syöttöreitillä sitä ennen esiintyvät viat, jolloin muuntamoita 630 voidaan syöttää erottimen 134 kautta ja muuntamoita 266 muuntamon 630 kautta. Paikassa, jossa lähtö muuttuu ensimmäisen kerran ilmajohdoksi, olisi myös hyvä olla kauko-ohjattava erotin (kuva 50) muuntamolle 295 lähtevään suuntaan. Tällöin muuntamon 295 suuntaan lähtevän verkon viat voitaisiin erottaa muuntamoista 630 ja 266.

Muuntamo 295 on pylväsmuuntamo, jolla on 2 metalliteollisuuden asiakasta. Muuntamo saa syöttönsä teollisuuden lähdöstä ja se on asemakaava-alueella. Syöttöverkko on ilmajohtoa, joka on harvapuustoisien metsien reunassa. Vikaherkkyys osuudella ei ole kovin suuri. Jos syöttöreitille tulisi vika, varasyöttöyhteys olisi erottimen 57 kautta. Tämä edellyttäisi kauko-ohjattavan erottimen (erotin 1) lisäämistä ennen syöttävän verkon haarautumista muuntamolle, jolloin vikapaikka pystyttäisiin erottamaan muuntamosta. Muuntamon 232 jälkeen olisi myös hyvä olla kauko-ohjattava erotin (erotin 2) muuntamon jälkeisellä verkon osuudella tapahtuvien vikojen takia. Tällöin asemakaava-alueella olevien muuntamoiden perässä oleva verkko pystyttäisiin erottamaan ja sähköt palautettua nopeammin asemakaava-alueella oleville muuntamoille. Paikassa, jossa verkko muuttuu ensimmäisen kerran ilmajohdoksi, olisi myös hyvä olla kauko-ohjattava erotin (erotin 3) muuntamolle 266 lähtevään suuntaan. Tällöin muuntamon 266 suuntaan lähtevän verkon viat voitaisiin erottaa muuntamosta 295, jolloin voitaisiin palauttaa normaali syöttöreitti. Erottimien lisäyspaikat on esitetty kuvassa 50. Asemakaava-alueella olevien muuntamoiden puuvarmaksi saaminen edellyttäisi metsäosuuksilla olevien ilmajohtojen kaapeloimista. Lähdöllä ei ole keskeytyskriittisiä kuluttajia.



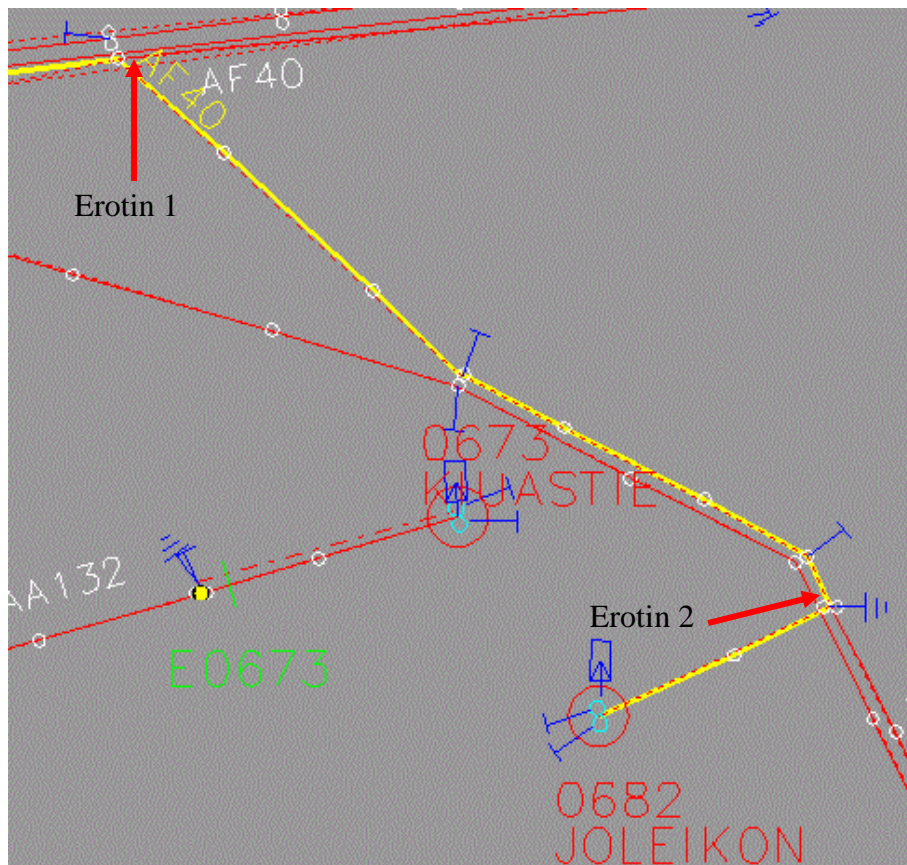
KUVA 50. Muuntamoita 295, 630 ja 266 varten lisättävät erottimet

Kaavalla 16 laskettiin Teollisuuden lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli vika tulisi ennen muuntamolle 266 haarautuvaa maakaapelia sekä ennen muuntamoita 622 olevalle ilmalinjalle samaan aikaan. Tällöin jouduttaisiin käyttämään erotinta 3.

$$KAH_{\text{uusiA14J16}} = KAH_{\text{vanhaA14J16}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (16)$$

$$KAH_{\text{uusiA14J16}} = 25898 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (3103 + 301) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 22494 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Muuntamo 682 on pylväsmuuntamo, jolla on yksi metalliteollisuuden asiakas. Se saa syöttönsä Kodiksammin lähdöstä ja se on asemakaava-alueella. Syöttävä verkko on ilmajohtoa, joka on sijoitettu pääosin metsään. Metsä on kuitenkin harvaa ja se on suojaisalla paikalla, joka vähentää vikaherkkyyttä. Muuntamo varten tulisi asentaa kauko-ohjattavat erottimet ensimmäisen haarautumisen jälkeen sekä toista haarautumista ennen kyseisissä johto-osissa tapahtuvia vikoja varten. Lähdön asemakaava-alueella olevien muuntamoiden puuvarmaksi saaminen edellyttäisi lähdön kaapeloimista erottimelle 50 asti. Varasyöttöyhteyksiä muuntamolle on erottimet 50 ja 117 sekä kodiksammin erotinasema. Lähdöllä on 3 keskeytyskriittistä kulutus pistettä. Erottimien lisäyspaikat on esitetty kuvassa 51.



KUVA 51. Erotinlisäykset muuntamo 682 varten.

Kaavalla 17 laskettiin Teollisuuden lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli vika tulisi erottimen 1 jälkeisellä verkon osalla. Tällöin jouduttaisiin käyttämään erotinta 1.

$$KAH_{\text{uusiA14J22}} = KAH_{\text{vanhaA14J22}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (17)$$

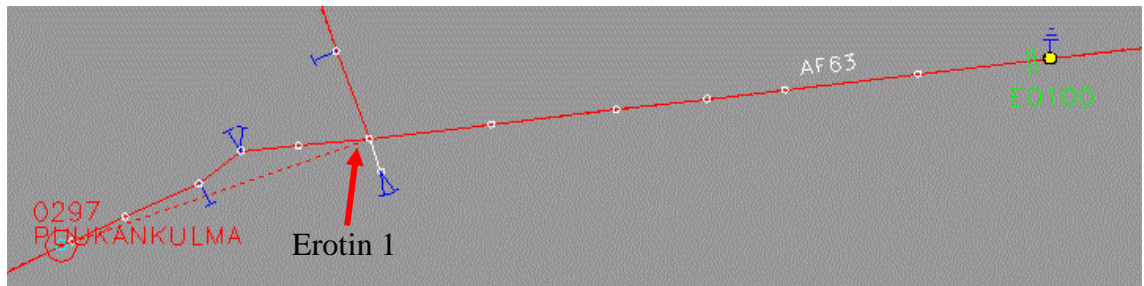
$$KAH_{\text{uusiA14J22}} = 7800 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (4029 + 353) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 3418 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Muuntamo 255 on puistomuuntamo, jolla on yksi teollisuuden asiakas. Se saa syöttönsä Lapinkylän lähdöltä ja se ei kuulu asemakaava-alueeseen. Syöttävässä verkossa on kaksi ilmajohto-osuutta. Ilmajohto-osuuksilla on muutama pieni puualue, joiden vikatodennäköisyys ei ole suuri. Puut voisi myös kaataa, koska niitä ei ole paljon. Jos vika tulisi ennen maakaapelointiosuutta, se voitaisiin erottaa muuntamosta erottimella 196, jolloin varasyöttömahdollisuus olisi Pärkänmäen erotinasemalta sekä erottimien 57, 487 tai 134 ja 100 kautta. Jos vika tulisi erottimien 380 ja 196 väliin, se erotettaisiin muuntamosta erottimella 380. Varasyöttöyhteys olisi tällöin erottimien 100 ja 134 kautta. Erottimien lisästarvetta tämän muuntamon kohdalla ei ole. Toista ilmajohto-osuutta sekä asema-

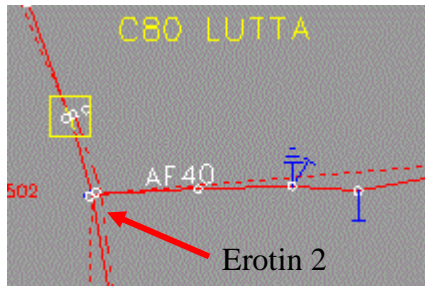
kaava-alueella olevien muuntamoiden syöttöjä ollaan lisäksi muuttamassa maakaapeliksi.

Muuntamo 70 on pylväsmuuntamo, jolla on 20 asiakasta. Asiakkaat koostuvat omakotitaloista sekä teollisuudesta. Muuntamo saa syöttönsä Hinnerjoen kytkinaseman lähdöstä Hinnerjoen kytkinaseman kautta, jossa sitä syöttää Auvaisten lähtö. Verkko on lähes kokonaan ilmajohtoa, josta suurin osa on sijoitettu metsään. Metsäosuusien suojaus vaihtelee, jolloin verkon eri osissa on eri vikaherkkyys. Lähdöllä erottimen 172 jälkeen tapahtuvat viat pystytään erottamaan muuntamosta erottimella 172. Jos vika tulisi Lapin sähköaseman ja Hinnerjoen kytkinaseman väliin, varasyöttöyhteytenä olisi Kodiksamin erotinasemalta, jota syöttää Lapin sähköasema. Muita varasyöttöyhteyksiä on Laitilan suora sekä Kivijärven erotinasema. Erottimien lisäystarvetta ei ole. Hinnerjoen kytkinaseman lähdöllä on yksi asemakaava-alueella oleva muuntamo ja 8 keskeytyskriittistä asiakasta.

Muuntamo 639 on pylväsmuuntamo, jolla on yksi teollisuuden asiakas. Muuntamo saa syöttönsä saaren lähdöstä, eikä se ole asemakaava-alueella. Syöttävä verkko on ilmajohtoa. Verkosta suurin osa on sijoitettu tiheään metsään, jonka suojaus ei ole paras mahdollinen. Jos vika tulisi verkkoon ennen Ala-kierin erotinasemaa, se toimisi muuntamon varasyöttöyhteytenä. Jos vika tulisi Ala-kierin erotinaseman ja muuntamolle 287 haarautuvan johto-osan väliin, se jouduttaisiin erottamaan muuntamosta erottimella 102. Tällöin varasyöttöyhteys olisi Lutan erotinasemalta. Kauko-ohjattava erotin (erotin 1) olisi kuitenkin hyvä lisätä ennen haarautumiskohtaa, jolloin ennen sitä esiintyvät viat voitaisiin erottaa muuntamosta. Tällöin muuntamoa voisi syöttää myös erottimen 100 kautta. Mikäli vika tulisi haarautumisen jälkeen, olisi kauko-ohjattava erotin (erotin 2) hyvä olla juuri ennen haarautumista muuntamolle 639. Tällöin varasyöttöyhteys muuntamolle olisi Lutan erotinaseman kautta. Lähdöllä on yksi keskeytyskriittinen asiakas, mutta asemakaava-alueella olevia muuntamoita ei ole. Erottimien lisäykset muuntamoa 639 varten on esitetty kuvissa 52 ja 53.



KUVA 52. Erottimen 1 paikka muuntamoa 639 varten



KUVA 53. Erottimen 2 paikka muuntamoa 639 varten

Kaavalla 18 laskettiin Teollisuuden lähdön uusi yhden tunnin KAH-arvo vian aikana, mikäli vika tulisi erottimen 1 jälkeisellä verkon osalla ennen muuntamolle 288 haarautuvaa johtoa sekä erottimien 2 ja 506 välille samaan aikaan. Tällöin jouduttaisiin käyttämään erotinta 2, jolloin muuntamoa 639 syötettäisiin Lutan erotinaseman kautta.

$$KAH_{\text{uusiA14J12}} = KAH_{\text{vanhaA14J12}} - KAH_{\text{puuvarma}} \quad (18)$$

$$KAH_{\text{uusiA14J12}} = 5007 \frac{\text{€}}{\text{h}} - (34 + 662 + 90 + 519 + 1765) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 1937 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Turajärven lähdöllä on kolme keskeytyskriittistä asiakasta, mutta ei yhtään asemakaava-alueella olevaa muuntamoa. Kollan erotinaseman lähdöllä on puolestaan kaksi keskeytyskriittistä asiakasta, mutta ei yhtään asemakaava-alueella olevaa muuntamoa.

Laitilansuoran lähdöllä on yksi asemakaava-alueen muuntamo, jonka puuvarmaksi saaminen edellyttäisi muuntamoa syöttävän verkon kaapeloimista. Lähdöllä ei ole keskeytyskriittisiä asiakkaita.

8.9 Yhteenveto

Edellisissä kappaleissa annettiin yhteensä noin 27 erotinlisäysehdotusta ja useita raivausehdotuksia. Taulukkoon 12 on listattu näistä 10 oleellisinta erotinlisäystä. Kohteet valittiin pääasiassa niiden etäisen sijainnin sekä mahdollisen suuren vikaherkkyuden takia. Kohteet olisi voinut valita myös erottimen takaisinmaksuajan perusteella. Sitä tapaa ei kuitenkaan käytetty, koska pienimpien takaisinmaksuaikojen muuntamoilla vikaherkkyys ei ollut kovin suuri, jolloin takaisinmaksu olisi epävarmaa. Myös tulevien vikojen ennustaminen on vaikeaa, jolloin ei tiedetä tulevan vuoden KAH-arvoja.

TAULUKKO 12. 10 oleellisinta erotinlisäystä

| Asema | Lähtö | Tutkittu muuntamo | Erottimen ohjaus | Kuva nro |
|---------|--------------|-------------------|------------------|---------------|
| Lappi | Saari | 639 | Kauko | 52 |
| Lappi | Kodiksami | 682 | Kauko | 51 |
| Lappi | Teollisuus | 295 | Kauko | 50 (erotin 2) |
| Monna | UnajaKA1 | 1701 | Käsi | 49 (erotin2) |
| Monna | UnajaKA1 | 1701 | Käsi | 49 (erotin 3) |
| Ihode | Metänpää | 135 | Kauko | 44 |
| Kalanti | Kirkonkylä | 557 | Kauko | 42 |
| Sanno | Sanno1 | 1235, 552 | Kauko | 39 |
| Laitila | Kovero | 875 | Kauko | 36 |
| Laitila | Teräs-Nailon | 384, 2037 | Käsi | 33 |

Taulukkoon 13 on listattu 7 ehdotusta tuleviksi raivauskohteiksi. Kohteet valittiin, koska näillä reiteillä ei ole paljon puita, jolloin raivaaminen on helpompaa.

TAULUKKO 13. 7 raivausehdotusta

| Asema | Lähtö | Kuvaus |
|-------------|-------------|---------------------------------|
| Laitila | Kalanti1 | Lähdön alkuosa |
| Laitila | Untamala | Lähdön alkuosa |
| Laitila | Koulukeskus | Koulukeskus-Sillantaka loppuosa |
| Laitila | Vaimaro | Lähdön alkuosa |
| Laitila | Kovero | Lähdön alkuosa |
| Ketunkallio | Janhua | PAS-johto-osuus |
| Kalanti | Laitila1 | Lähdön alkuosa |

Tehtyjen investointien takaisinmaksuaika t_t vuosina voidaan yleisesti määrittellä kaavaa 19 käyttäen.

$$t_t = \frac{I}{S} \quad (19)$$

jossa

I = investoinnin suuruus (€)

S = investoinnin tuoma säästö vuodessa (€/a)

Tässä tapauksessa on kuitenkin järkevää miettiä KAH-arvoilla, kuinka pitkä takaisinmaksuaika t_t vuosina tietyllä lähdöllä tehdyllä erotininvestoinnilla on. Tämä voidaan laskea kaavalla 20, jossa jaetaan tietyn lähdön vuoden erotininvestoinnit I vuotuisella KAH-arvon parantumisella.

$$t_t = \frac{I}{KAH_{vuosi} - KAH_{vuosiuusi}} \quad (20)$$

jossa

KAH_{vuosi} on vuotuinen vanha KAH-arvo (€/a)

$KAH_{vuosiuusi}$ on vuotuinen uusi KAH-arvo (€/a)

Taulukossa 14 on esitetty esimerkkejä kaavan 20 mukaisista takaisinmaksuajoista vuosina tavallisella ja kauko-ohjattavalla erottimella, jos vuotuinen KAH-arvon parannus olisi taulukon mukainen ja lähdöllä lisättäisiin vain yksi erotin. Kauko-ohjattavan erottimen investoinnin hinta on 14020 euroa ja tavallisen erottimen 3530 euroa. (Energiamarkkinavirasto.)

TAULUKKO 14. Erotininvestointien takaisinmaksuaikoja vuosina

| $KAH_{vuosi} - KAH_{vuosiuusi}$ | Kauko-ohjattava | Tavallinen |
|---------------------------------|-----------------|------------|
| 1000,00 | 14,02 | 3,53 |
| 2000,00 | 7,01 | 1,77 |
| 3000,00 | 4,67 | 1,18 |
| 4000,00 | 3,51 | 0,88 |
| 5000,00 | 2,80 | 0,71 |
| 6000,00 | 2,34 | 0,59 |
| 7000,00 | 2,00 | 0,50 |
| 8000,00 | 1,75 | 0,44 |
| 9000,00 | 1,56 | 0,39 |
| 10000,00 | 1,40 | 0,35 |
| 11000,00 | 1,27 | 0,32 |
| 12000,00 | 1,17 | 0,29 |

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen oli kokonaisuudessaan pitkä ja haastava prosessi. Opin työtä tehdessä paljon verkon rakenteesta ja sen parannusmahdollisuuksista. Etsin työtä tehdessäni materiaalia myös paljon eri lähteisiin, jolloin pystyin keräämään niistä merkittävät asiat.

Työn rankin osuus oli KAH-arvojen määrittäminen jakelumuuntamoille, joka vei yksittäisenä työn osana eniten aikaa. Arvojen määrittämisestä on kuitenkin hyötyä, kun mietitään verkon suurimpia kulutuspaikkoja ja niiden toimitusvarmuuden parantamista. KAH-arvojen määrittäminen oli vaikeaa, koska on hankala arvioida todellista keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa. Arvot määritettiin Tekla NIS -ohjelmalla, joka tietää verkon kulutuksen ja kuluttajien tyyppien. Arvot ovat oikeaa suuruusluokkaa, joten ne ovat vertailukelpoisia.

Tulevaisuuden haasteet ja sähkömarkkinalain asettamat vaatimukset edellyttävät miettimään keinoja verkon toimitusvarmuuden parantamiseksi. Työ antaa näkemystä verkon kulutuspaikoista ja niiden keskeytyskriittisyydestä. Lisäämällä erottimia verkkoon voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia keskeytysaikoihin sekä keskeytyksestä aiheutuvaan haittaan. Erottimia lisäämällä voidaan keskittyä erityisesti paikkoihin, joissa keskeytys aiheuttaa suurta haittaa. Lisäksi erottimien lisääminen tulee huomattavasti halvemmaksi kuin esimerkiksi maakaapelin asentaminen.

Muuntamot, joita erotinlisäyksien kannalta tutkittiin, määrittelin itse suurimpien KAH-arvojen perusteella. Tämä työ tulee olemaan VSV Oy:lle suuntaa antavana materiaalina, kun mietitään verkon toimitusvarmuuden parantamisen keinoja. Työssä esitin omat näkemykseni toimitusvarmuuden parantamisen keinoista, mutta VSV tulee päättämään toteutettavista toimenpiteistä itse.

LÄHTEET

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 1. Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Otatieto.

Energiamarkkinavirasto. 2014. Sähkönjakeluverkon komponenttien yksikköhinnat 2014. Luettu 3.3.2014. <http://www.energiavirasto.fi/sahkonjakeluverkon-komponenttien-yksikkohinnat-2014>

Honkapuro S., Tahvanainen K., Viljainen S., Lassila J., Partanen J., Kivikko K., Mäkinen A. & Järventausta P. 2006. DEA-mallilla suoritettavan tehokkuusmittauksen kehittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Luettu 30.12.2013. http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/DEA-jatkokehitys_LUT_20061208.pdf

Honkapuro S., Tahvanainen K., Viljainen S., Partanen J., Mäkinen A., Verho P. & Järventausta P. 2007. Keskeytystunnuslukujen referenssiarvojen määrittäminen. Luettu 30.12.2013. http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/LTY_KAH-arvojen_referenssitaset_20070518.pdf

Kananen R. 2007. Kannattavuusselvitys eri vaihtoehtoista vähentää lyhyitä sähkökatkoksia Kainuun Energian sähköverkkotoiminnassa. Diplomityö. Luettu 5.11.2013. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2007/urn007829.pdf>

Kettunen O. 2007. Kuhmalahden sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantaminen. Opinnäytetyö. Luettu 3.1.2014. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9835/Kettunen.Ossi.pdf?sequence=2>

Lakervi E. & Partanen J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: otatieto.

Ojanperä P. 2013. Lapin sähkönjakelualueen nykytila ja tavoiteverkkosuunnitelma. Opinnäytetyö. Luettu 19.12.2013. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54966/ojanpera_petteri.pdf?sequence=1

Partanen J., Lassila J., Kaipia Y., Matikainen M., Järventausta P., Verho P., Mäkinen A., Kivikko K., Pylvänäinen J. & Nurmi V. 2006. Sähkönjakeluverkkoon soveltuvat toimitusvarmuuskriteerit ja niiden raja-arvot sekä sähkönjakelun toimitusvarmuudelle asetettävien toiminnallisten tavoitteiden kustannusvaikutukset. Luettu 9.1.2014. http://www.tem.fi/files/33733/Sahkonjakeluverkkoon_soveltuvat_toimitusvarmuuskriteerit_ja_niiden_raja-arvot..._26.10.2006.pdf

Raussi T. 2009. Käytöntukijärjestelmän toiminnoista saatavat hyödyt ja niiden analysointi. Diplomityö. Luettu 18.12.2013. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/45418/nbnfi-fe200905281562.pdf?sequence=3>

SFS-EN 50160. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. 22.11.2010. Standardi. Luettu 6.2.2014. <http://sales.sfs.fi.elib.tamk.fi/sfs/servlets/DownloadServlet?action=getFile&forContract=10223&productId=241486>

Silvast A., Heine P., Lehtonen M., Kivikko K., Mäkinen A. & Järventausta P. 2005. Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta. Tampereen teknillinen yliopisto. Luettu 5.11.2013. <http://julkaisurekisteri.ktm.fi/>

Sähkömarkkinalaki 588/2013. 2013. Luettu 27.12.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Tapio. 2013. Sähköverkon vierimetsien tehokas hoito-vaihtoehto maakaapeloinnille? Luettu 1.1.2014. <http://www.tapio.fi/lehdistotiedotteet?id=34137928>

Tekla. 2013. Tekla DMS. Luettu 18.12.2013. <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-dms>

Tekla DMS. 2012. Käyttäjän käsikirja. Luettu 18.12.2013.

Tekla NIS -ohjelma. 2014. Raportit. Julkaistu 5.4.2013.

Vakka-Suomen Voima Oy. 2013. Vakka-Suomen Voima Oy. Luettu 28.10.2013. http://www.vsv.fi/yritys/vakka-suomen-voima/fi_FI/index/

Vakka-Suomen Voima Oy. 2013. VSV-konserni. Luettu 28.10.2013. http://www.vsv.fi/yritys/fi_FI/vsv-konserni/

Vakka-Suomen Voima Oy. 2013. Yhteistyöverkosto. Luettu 28.10.2013. http://www.vsv.fi/yritys/fi_FI/yhteistyoverkosto/

LIITTEET

Liite 1. Lähtökohtainen KAH-taulukko

1 (2)

| Sähköasema | Suojaava lähtö 1 | Suojaava lähtö 2 | Suojaava lähtö 3 | Asiakkaita | Puuvarmoja asiakkaita | Vuosi-energia (kWh) | Puuvarma vuosienenergia (kWh) | KAH (€/h) | Puuvarma KAH (€/h) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| A18 Monna | A18J12 | | | 311 | 0 | 3937430 | 0 | 3997 | 0 |
| A18 Monna | A18J15 | | | 68 | 0 | 1381574 | 0 | 1913 | 0 |
| A18 Monna | A18J16 | | | 398 | 0 | 4491544 | 0 | 4881 | 0 |
| A18 Monna | A18J06 | | | 383 | 0 | 3770217 | 0 | 3192 | 0 |
| A18 Monna | A18J04 | B17J04 | | 213 | 0 | 1835598 | 0 | 1877 | 0 |
| A18 Monna | A18J04 | B17J10 | | 395 | 0 | 2940175 | 0 | 2627 | 0 |
| A18 Monna | A18J04 | B17J05 | | 689 | 0 | 4432969 | 0 | 4242 | 0 |
| A18 Monna | A18J03 | | | 29 | 0 | 380791 | 0 | 319 | 0 |
| A18 Monna | A18J03 | B17J01 | | 142 | 0 | 2089144 | 0 | 3677 | 0 |
| A18 Monna | A18J03 | B17J09 | | 86 | 0 | 666052 | 0 | 662 | 0 |
| A18 Monna | A18J05 | | | 247 | 0 | 3175649 | 0 | 3188 | 0 |
| A18 Monna | A18J11 | | | 170 | 0 | 2177055 | 0 | 2764 | 0 |
| A18 Monna | A18J13 | | | 272 | 0 | 3009743 | 0 | 2692 | 0 |
| A14 Lappi | A14J12 | | | 148 | 0 | 2637494 | 0 | 5007 | 0 |
| A14 Lappi | A14J16 | | | 79 | 0 | 8206462 | 0 | 25898 | 0 |
| A14 Lappi | A14J18 | | | 772 | 0 | 9785464 | 0 | 12866 | 0 |
| A14 Lappi | A14J20 | | | 371 | 0 | 2686980 | 0 | 2806 | 0 |
| A14 Lappi | A14J22 | | | 431 | 0 | 4016945 | 0 | 7800 | 0 |
| A14 Lappi | OKM Lappi | | | 3 | 3 | 166317 | 166317 | 384 | 384 |
| A14 Lappi | A14J13 | | | 119 | 0 | 1195071 | 0 | 1344 | 0 |
| A14 Lappi | A14J15 | | | 216 | 0 | 1653536 | 0 | 1773 | 0 |
| A14 Lappi | A14J19 | | | 69 | 0 | 407689 | 0 | 904 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J01 | C79VQ001 | 46 | 0 | 301859 | 0 | 334 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J01 | C79VQ002 | 29 | 0 | 162448 | 0 | 179 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J01 | | 46 | 0 | 325680 | 0 | 361 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J09 | | 171 | 0 | 1692290 | 0 | 1889 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J03 | | 49 | 0 | 473838 | 0 | 607 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J08 | | 316 | 0 | 3019952 | 0 | 3452 | 0 |
| A14 Lappi | A14J21 | B16J02 | | 465 | 0 | 4613550 | 0 | 7640 | 0 |
| A11 Laitila | A11J09 | B15J10 | | 26 | 0 | 4734604 | 0 | 15386 | 0 |
| A11 Laitila | A11J09 | B15J10 | B31J08 | 359 | 0 | 3739107 | 0 | 4627 | 0 |
| A11 Laitila | A11J09 | B15J10 | B31J07 | 404 | 0 | 4750403 | 0 | 6185 | 0 |
| A11 Laitila | A11J11 | | | 105 | 0 | 3332731 | 0 | 8833 | 0 |
| A11 Laitila | A11J01 | | | 416 | 7 | 5654870 | 246781 | 8116 | 525 |
| A11 Laitila | A11J19 | | | 431 | 0 | 3385151 | 0 | 3634 | 0 |
| A11 Laitila | A11J04 | | | 467 | 0 | 4177079 | 0 | 3640 | 0 |
| A11 Laitila | A11J06 | | | 269 | 0 | 11830337 | 0 | 26102 | 0 |
| A11 Laitila | A11J02 | | | 3 | 0 | 21323774 | 0 | 49904 | 0 |
| A11 Laitila | A11J15 | | | 735 | 735 | 4518272 | 4518272 | 5550 | 5550 |
| A11 Laitila | A11J15 | B15J09 | | 505 | 175 | 12929472 | 719939 | 28758 | 637 |
| A11 Laitila | A11J01 | | | 416 | 7 | 5654870 | 246781 | 8116 | 525 |
| A11 Laitila | A11J13 | | | 178 | 0 | 1609150 | 0 | 2037 | 0 |
| A11 Laitila | A11J14 | | | 960 | 960 | 18763790 | 18763790 | 38897 | 38897 |
| A11 Laitila | A11J12 | | | 601 | 0 | 7925963 | 0 | 12410 | 0 |
| A13 Ihode | A13J06 | | | 343 | 0 | 2488939 | 0 | 2980 | 0 |
| A13 Ihode | A13J16 | | | 6 | 0 | 56297 | 0 | 69 | 0 |
| A13 Ihode | A13J18 | | | 749 | 0 | 5707955 | 0 | 7646 | 0 |
| A13 Ihode | OKM Ihode | | | 1 | 1 | 18804 | 18804 | 45 | 45 |
| A13 Ihode | A13J17 | | | 1 | 1 | 5555819 | 5555819 | 13178 | 13178 |
| A13 Ihode | A13J15 | | | 122 | 0 | 1448281 | 0 | 2030 | 0 |
| A13 Ihode | A13J13 | | | 337 | 0 | 4588992 | 0 | 7771 | 0 |
| A13 Ihode | A13J09 | | | 43 | 0 | 1035004 | 0 | 2875 | 0 |
| A13 Ihode | A13J07 | | | 316 | 0 | 3077806 | 0 | 4153 | 0 |

2 (2)

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------|--|--------------|-------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|
| A12 Kalanti | OKM Kalanti | | | 2 | 2 | 69100 | 69100 | 182 | 182 |
| A12 Kalanti | A12J11 | | | 45 | 0 | 442903 | 0 | 583 | 0 |
| A12 Kalanti | A12J13 | | | 295 | 0 | 3454627 | 0 | 6186 | 0 |
| A12 Kalanti | A12J15 | | | 529 | 0 | 4870493 | 0 | 7002 | 0 |
| A12 Kalanti | A12J17 | | | 552 | 0 | 6481712 | 0 | 9430 | 0 |
| A12 Kalanti | A12J19 | | | 1 | 1 | 1154246 | 1154246 | 2367 | 2367 |
| A12 Kalanti | A12J21 | | | 201 | 66 | 1502245 | 346316 | 1572 | 267 |
| A12 Kalanti | A12J18 | | | 12 | 0 | 4213007 | 0 | 11699 | 0 |
| A12 Kalanti | A12J12 | | | 504 | 0 | 5052435 | 0 | 6902 | 0 |
| A22 Sanno | A22J08 | | | 45 | 0 | 1581835 | 0 | 5080 | 0 |
| A22 Sanno | A22J10 | | | 28 | 0 | 8422669 | 0 | 29120 | 0 |
| A22 Sanno | A22J13 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A22 Sanno | A22J11 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A22 Sanno | A22J09 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A22 Sanno | A22J07 | | | 29 | 0 | 892474 | 0 | 1695 | 0 |
| A22 Sanno | A22J05 | | | 351 | 0 | 3699805 | 0 | 5692 | 0 |
| A22 Sanno | A22J03 | | | 687 | 22 | 8846432 | 524375 | 10704 | 938 |
| A20 Ketunkal | A20J09 | | | 20 | 20 | 232089 | 232089 | 340 | 340 |
| A20 Ketunkal | A20J10 | | | 520 | 520 | 13585804 | 13585804 | 23317 | 23317 |
| A20 Ketunkal | A20J11 | | | 858 | 753 | 12374440 | 11333420 | 22569 | 21406 |
| A20 Ketunkal | A20J11 | B24J05 | | 825 | 825 | 9074375 | 9074375 | 15654 | 15654 |
| A20 Ketunkal | A20J14 | | | 387 | 0 | 8151899 | 0 | 20677 | 0 |
| A20 Ketunkal | A20J02 | | | 28 | 0 | 213120 | 0 | 349 | 0 |
| A20 Ketunkal | A20J02 | B32J04 | | 14 | 0 | 76872 | 0 | 93 | 0 |
| A20 Ketunkal | A20J02 | B32J02 | | 815 | 0 | 5436045 | 0 | 9460 | 0 |
| A20 Ketunkal | A20J05 | | | 887 | 887 | 9815665 | 9815665 | 21328 | 21328 |
| A20 Ketunkal | A20J06 | | | 1256 | 0 | 6531397 | 0 | 10798 | 0 |
| A20 Ketunkal | A20J07 | | | 1102 | 1102 | 13078414 | 13078414 | 26470 | 26470 |
| Yhteensä | | | | 24519 | 6087 | 343195089 | 89450307 | 621486 | 172010 |

Liite 2. Suurimmat KAH-arvot

1(2)

| Sähkö asema | Suojaava lähtö | KJ-lähtö | MMO | Asiakas- määrä | Vuosi- energia (kWh) | KAH €/h | Puu varma | Asemakaava- alue |
|----------------|-------------------|----------|------|-------------------|----------------------------|---------|--------------|---------------------|
| A11 Laitila | A11J02 | A11J02 | 343 | 1 | 18292588 | 40079 | ei | Laitila |
| A22 Sanno | A22J10 | A22J10 | 1189 | 1 | 4958619 | 19397 | ei | |
| A13 Ihode | A13J17 | A13J17 | 69 | 1 | 5555819 | 13178 | kyllä | Ihode |
| A14 Lappi | A14J16 | A14J16 | 630 | 2 | 3688882 | 12437 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | A11J06 | A11J06 | 43 | 2 | 3453442 | 11553 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J07 | A20J07 | 1126 | 1 | 3245415 | 11440 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | B15J10 | A11J09 | 384 | 4 | 3395228 | 11366 | ei | Laitila |
| A14 Lappi | A14J16 | A14J16 | 266 | 16 | 2904106 | 9623 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | A11J02 | A11J02 | 2029 | 1 | 2840340 | 9529 | ei | |
| A11 Laitila | A11J06 | A11J06 | 2002 | 1 | 4232736 | 9274 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J05 | A20J05 | 1190 | 1 | 2628596 | 9266 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 2004 | 1 | 3923391 | 8596 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J11 | A20J11 | 1044 | 14 | 3028357 | 7522 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | A11J11 | A11J11 | 395 | 7 | 2357660 | 7295 | ei | Laitila |
| A12 Kalanti | A12J18 | A12J18 | 952 | 1 | 3052475 | 7263 | ei | |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 2018 | 1 | 1823940 | 7011 | kyllä | Laitila |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 166 | 8 | 2134299 | 6227 | ei | Laitila |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 2010 | 4 | 2569962 | 6046 | kyllä | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J14 | A20J14 | 1208 | 1 | 1601450 | 5645 | ei | Uusikaupunki |
| A22 Sanno | A22J10 | A22J10 | 1163 | 11 | 1529035 | 5422 | ei | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J05 | A20J05 | 1089 | 165 | 2417021 | 4958 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 716 | 6 | 1474018 | 4621 | ei | Laitila |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 2046 | 11 | 2249289 | 4613 | kyllä | Laitila |
| A12 Kalanti | A12J18 | A12J18 | 919 | 11 | 1160532 | 4436 | ei | Kalanti |
| A20 Ketunkal | A20J10 | A20J10 | 1037 | 40 | 2454905 | 4219 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J22 | A14J22 | 682 | 1 | 1194945 | 4029 | ei | Lappi |
| A20 Ketunkal | A20J10 | A20J10 | 1010 | 85 | 2067809 | 4009 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J11 | A20J11 | 1128 | 84 | 2022671 | 3892 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | B15J10 | A11J09 | 2037 | 1 | 1151871 | 3865 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J11 | A20J11 | 1186 | 5 | 1588881 | 3835 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J14 | A20J14 | 1207 | 1 | 1074310 | 3787 | ei | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J18 | A14J18 | 255 | 1 | 1604945 | 3678 | ei | |
| A20 Ketunkal | A20J10 | A20J10 | 1119 | 46 | 1910484 | 3657 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | B24J05 | A20J11 | 1002 | 59 | 1388726 | 3467 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J10 | A20J10 | 1155 | 30 | 1630507 | 3443 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 76 | 28 | 1698606 | 3316 | kyllä | Laitila |
| A20 Ketunkal | A20J14 | A20J14 | 1097 | 5 | 1234495 | 3144 | ei | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J16 | A14J16 | 295 | 2 | 920258 | 3103 | ei | Lappi |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 149 | 111 | 1527370 | 3081 | kyllä | Laitila |
| A11 Laitila | A11J12 | A11J12 | 34 | 21 | 2013293 | 2919 | ei | |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 861 | 83 | 1501321 | 2911 | kyllä | Laitila |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 44 | 179 | 1728742 | 2907 | kyllä | Laitila |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 378 | 177 | 1842980 | 2865 | kyllä | Laitila |
| A20 Ketunkal | B24J05 | A20J11 | 1194 | 1 | 1458375 | 2852 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A22 Sanno | A22J03 | A22J03 | 1020 | 16 | 1136726 | 2806 | ei | Uusikaupunki |

2(2)

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|------|-----|---------|------|-------|--------------|
| A22 Sanno | A22J08 | A22J08 | 1235 | 1 | 684015 | 2676 | ei | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | A11J12 | A11J12 | 875 | 10 | 693064 | 2490 | ei | |
| A14 Lappi | B16J02 | A14J21 | 70 | 20 | 759385 | 2483 | ei | |
| A11 Laitila | A11J14 | A11J14 | 880 | 137 | 1272816 | 2423 | kyllä | Laitila |
| A18 Monna | B17J01 | A18J03 | 1701 | 1 | 711809 | 2400 | ei | |
| A12 Kalanti | A12J19 | A12J19 | 524 | 1 | 1154246 | 2367 | kyllä | Kalanti |
| A12 Kalanti | A12J13 | A12J13 | 557 | 25 | 727837 | 2352 | ei | Kalanti |
| A20 Ketunkal | A20J11 | A20J11 | 1158 | 43 | 1562732 | 2343 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A13 Ihode | A13J13 | A13J13 | 135 | 17 | 707068 | 2296 | ei | |
| A20 Ketunkal | A20J05 | A20J05 | 1139 | 4 | 1115582 | 2218 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J10 | A20J10 | 1095 | 9 | 1209722 | 2165 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J10 | A20J10 | 1015 | 107 | 1361318 | 2164 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A11 Laitila | B15J09 | A11J15 | 833 | 12 | 711250 | 2118 | ei | Laitila |
| A20 Ketunkal | B24J05 | A20J11 | 1001 | 74 | 1174294 | 1891 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A22 Sanno | A22J08 | A22J08 | 552 | 9 | 533518 | 1866 | ei | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | B24J05 | A20J11 | 1033 | 152 | 1406785 | 1863 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A20 Ketunkal | A20J11 | A20J11 | 1003 | 218 | 1508045 | 1792 | Kyllä | Uusikaupunki |
| A14 Lappi | A14J12 | A14J12 | 639 | 1 | 523408 | 1765 | ei | |