



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# VIKAINDIKAATTORIT ELENIAN JAKELUVERKOSSA

Ari Sahila

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka

SAHILA, ARI:  
Vikaindikaattorit Elenian jakeluverkossa

Opinnäytetyö 89 sivua, joista liitteitä 14 sivua  
Toukokuu 2016

---

Energiaviraston määrittämät linjaukset sähkönlaadun ja toimintavarmuuden luotettavuudesta ajavat sähköverkkoyhtiöt investoimaan uusiin ja aikaisempaa tehokkaampiin verkostoratkaisuihin. Verkon automaattioratkaisut lisääntyvät koko ajan, samalla kun uusia toimintavarmuutta parantavia ratkaisuja etsitään. Sähköverkon toimintavarmuutta parantavia vikaindikaattoreita tutkittiin Elenia Oy:ssä vuonna 2015 alkaneessa pilottihankkeessa. Tämän työn keskeisimpänä tarkoituksena oli kartoittaa pilotissa kerättyjen tietojen pohjalta vikaindikaattorien toiminnalliset edellytykset sekä luoda kattava prosessiohje vikaindikaattorien ja kaukokäyttömuuntamoiden käyttöönotolle. Työn tavoitteena oli määrittää, ovatko vikaindikaattorit luotettavuudeltaan tarpeeksi korkealla tasolla otettavaksi tuotantokäyttöön ja osaksi Elenian rakennusprosessia.

Työn tutkimusmenetelminä käytettiin asiantuntijahaastatteluita, indikaattori valmistajien tekemiä ohjeita sekä indikaattorien tehdastesteissä saatuja tuloksia. Kirjallista materiaalia vikaindikaattoreista ei juuri ole. Asiantuntijahaastatteluilla haluttiin saada kattava käsitys Elenian rakennusprosessista sekä mielipiteitä ja kehitysehdotuksia indikaattorien käytöstä ja toiminnasta eri osapuolten kannalta. Indikaattorien ohjeista ja tehdastesteissä kerätyn tiedon perusteella saatiin luotua kattava käsitys indikaattorien ominaisuuksista ja toiminnallisuudesta.

Elenia Oy:n vikaindikaattoripilottiin valittiin kaksi maakaapeliverkon ja yksi ilmajohtoverkon vikaindikaattorivalmistaja. Heidän tarjoamiaan vikaindikointiratkaisuja testattiin ja pyrittiin kehittämään pilotin aikana Elenian vaatimusten mukaiseksi. Vuoden 2015 aikana pilotissa saatujen tulosten perusteella vikaindikaattorit eivät vielä olleet toiminnallisilta edellytyksiltään tarpeeksi luotettavia ja kustannustehokkaita otettavaksi tuotantokäyttöön. Vikaindikaattorien asennukset ja käyttöönotot ovat aiheuttaneet ylimääräisiä ja odottamattomia piilokustannuksia sekä paljon työtä ja maastossa käyntejä monien eri ongelmien ja puutteiden takia. Vikaindikaattoripilottia jatketaan vielä vuoden 2016 ajan, jolloin pyritään saavuttamaan indikaattorien riittävä toiminnallisuus ja luotettavuus tuotantokäyttöä ajatellen.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saatiin täyttymään. Pilotissa havaitut ongelmat, puutteet ja kehityskohdat on käyty työssä yksityiskohtaisesti valmistajittain läpi sekä niille on pohdittu mahdollisia kehitysehdotuksia ja toimintamalleja. Työhön dokumentoidun käyttöönotto-ohjeen pohjalta pystytään tekemään vikaindikaattorien ja kaukokäyttömuuntamoiden käyttöönotot kokonaisuudessaan aina indikaattorien asennuksesta järjestelmätasossa tehtäviin töihin ja käyttöönottoon asti vaaditulla tavalla.

---

Asiasanat: Netcon 100, regulaatiomalli, RIO600, SCADA, vikaindikaattoripilotti

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Option of Electrical Power Engineering

SAHILA, ARI:  
Fault Indicators in Elenia Distribution Network

Bachelor's thesis 89 pages, appendices 14 pages  
May 2016

---

The quality of electricity supply and reliability policy defined by Energy Authority drives electric distribution companies to invest in new and more effective distribution network solutions. The automation solutions of networks increase all the time and at the same time new solutions to improve the reliability are sought. Elenia Ltd tests electric distribution networks fault indicators in a pilot project, which started in 2015. One of the main purposes of this work was to define functionality and reliability of the fault indicators. Another purpose was to make an implementation reference for fault indicators and remote controlled separators. The aim of this thesis was to define whether the indicators are ready to be used in production according to the functional premises and reliability.

The methods used in this research were experts' interviews, fault indicators manuals and obtained results from factory acceptance tests. Written material about fault indicators is limited. Experts' interviews were supposed to give an inclusive concept about the building process of Elenia's distribution network and other opinions from fault indicator process. Inclusive concept about indicators functionalities and features were received from fault indicator manuals and factory acceptance tests.

Two manufacturers of underground cable networks' fault indicators and one manufacturer of overhead cable networks has been chosen to the Elenia's fault indicator pilot. Fault indicating solutions, provided by manufacturers, are tested and developed towards Elenia's demands during the pilot. The results of the fault indicator pilot in 2015 were not as good as needed to production. There were challenges with functionality, reliability and cost-effectiveness of the indicators. Installation and implementation of the indicators have caused remarkable extra costs and a lot of work because of different kinds of problems. Elenia continues the fault indicator pilot during 2016, and tries to get sufficiently functionality and reliability to the production.

All objectives, which were set for the thesis, were achieved. Defects and problems are reviewed in this thesis, which were noticed in the fault indicator pilot. Possible solutions to improve the indicators and operations models are also considered. This thesis is also a process manual for Elenia to implement remote controlled separators.

---

Key words: Netcon 100, regulation method, RIO600, SCADA, fault indicator pilot

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ELENIA OY.....	9
2.1	Vikaindikointi jakeluverkossa .....	10
2.1.1	KAH-kustannus.....	10
2.1.2	Vakiokorvaus .....	10
2.2	Pilotin vaiheet .....	11
2.3	Vaatimukset vikaindikaattoreille .....	12
3	KAUKOKÄYTTÖMUUNTAMOT.....	14
3.1	ABB .....	14
3.2	Harju Elekter AB ja Satmatic Oy.....	15
3.3	KL Industri AB .....	16
4	KAUKOKÄYTÖT JA VIKAINDIKAATTORIT .....	18
4.1	Sensoriteknikka.....	19
4.2	ABB .....	20
4.2.1	Arctic Control.....	20
4.2.2	RIO600.....	21
4.2.3	Kombisensori .....	22
4.2.4	Retrofit sensorit.....	23
4.2.5	SIM8F Suojausfunktioit .....	25
4.3	Netcontrol .....	27
4.3.1	Netcon 100 .....	27
4.3.2	Sensorit.....	29
4.3.3	Web GUI.....	30
4.3.4	Konfiguraatio .....	31
4.3.5	FDM112 Suojausfunktioit.....	32
4.4	Sipronika.....	34
4.4.1	LOK200 toimintaperiaate.....	35
4.4.2	Asettelut .....	36
4.4.3	Omakäyttö.....	37
5	JÄRJESTELMÄT .....	38
5.1	Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä .....	38
5.2	Trimble DMS-käytöntukijärjestelmä .....	39
5.3	Netcon 3000 SCADA .....	40
5.4	FLIR.....	41
5.5	Keskitettyt etähallintapalvelimet .....	43
5.5.1	Viola Patrol .....	43

5.5.2	Netcon Application Manager .....	44
5.5.3	LOK Server .....	45
6	<b>KAUKOKÄYTTÖ- JA RAKENNUSPROSESSI .....</b>	<b>46</b>
6.1	Verkon suunnittelu .....	47
6.2	Kenttä .....	50
6.3	Rakennuttaminen .....	51
6.4	Urakoitsijat .....	51
7	<b>KÄYTTÖÖNOTTO .....</b>	<b>53</b>
7.1	Toimenpiteet käytönsuunnittelussa .....	53
7.2	Kaukokäyttöjen koestus .....	55
7.3	Vikaindikaattorit .....	57
7.4	Indikaattorien käyttö .....	58
8	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....</b>	<b>60</b>
8.1	Havainnot .....	60
8.1.1	Elenia .....	61
8.1.2	ABB RIO 600 .....	63
8.1.3	Netcontrol Netcon 100 .....	64
8.1.4	Sipronika LOK200 .....	66
8.2	Toimintamallit .....	68
8.3	Pilotin jatkoaskeleet .....	71
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>73</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>76</b>
	Liite 1. LOK200 -ilmajohtoverkon indikaattorien asennusohje .....	76
	Liite 2. Netcon 100:sen virtasensorien asennusohje .....	82
	Liite 3. Vikaindikaattori muuntamon käyttöönotto-ohje .....	86
	Liite 4. Netcon 100:n HMI-ohjauksen pikaohjeet .....	87
	Liite 5. Kaukokäyttöjen koestuspöytäkirja .....	88
	Liite 6. Ilmajohtoverkon vikaindikaattorien käyttöönottopöytäkirja .....	89

## LYHENTEET JA TERMIT

ACO	<i>Arctic Control</i> , Viola Systemsin kehittämä tietoliikenne ratkaisu
Data Base Manager	Netcon 3000 SCADAssa oleva tietokantojen hallinta-ohjelma
DEC-numero	<i>Decimal number</i> , on SCADAan kytkettyjen laitteiden yksilöllinen osoite
DMS	<i>Distribution Management System</i> , käytöntukijärjestelmä
FDM112	Netcon 100 kaukokäyttölaitteen piirikortti vikaindikoinnille
FLIR	<i>Fault Location, Isolation and Restoration</i> , automaattinen vian rajaaja
FPI	<i>Fault Passage Indicator</i> , Vikaindikaattori
I/O	<i>Input/Output</i> , Siirräntä
IP-osoite	Numerosarja, jota käytetään IP-verkkoihin kytkettyjen verkosovittimien yksilöimiseen
KAH	<i>Keskeytyksen Aiheuttama Haitta</i> , laatukannustin
Netcon 3000	Netcontrollin kehittämä SCADA järjestelmä
LOK200	Sipronikan valmistama ilmajohtoverkon vikaindikaattori
LTE	<i>Long-Term Evolution</i> , on edistynyt 3G-tekniikka, jota joissain yhteyksissä kutsutaan myös 4G:ksi
NFE	<i>Network Front End</i> , SCADAn tietoliikenneyksikkö
NIS	<i>Network Information System</i> , verkkotietojärjestelmä
NTP server	<i>Network Time Protocol</i> , protokolla täsmällisen aikatiedon välittämiseen tietokoneiden välillä
RIO600	ABB:n tarjoama I/O yksikkö
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i> , Kaukokäyttölaite
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> , käytönvalvontajärjestelmä
SIM8F	RIO600:n vikaindikointi moduuli
SSH	<i>Secure Shell</i> , tietoliikenne protokolla, jonka avulla muodostetaan suojattu yhteys suojaamattoman verkon yli
Tera Term	<i>Terminal emulator</i> , pääte-emulaattori

## 1 JOHDANTO

Sähkönlaadun ja toimitusvarmuuden määräysten tiukentuminen aiheuttaa sähkönjakeluyhtiöille suuria kuluja jakeluverkon toimintavarmuuden parantamiseksi. Jos toimitusvarmuutta ei paranneta, sähköverkkoyhtiön kustannukset kasvavat KAH-kustannusten ja asiakkaille maksettavien vakiokorvausten kautta. Vuonna 2013 voimaan astunut sähkömarkkinalaki (588/2013) velvoittaa, ettei käyttäjälle aiheudu asemakaava-alueella myrskyn tai lumikuorman takia yli kuuden tunnin keskeytystä ja asemakaava-alueen ulkopuolella yli 36 tunnin keskeytystä. Nämä velvoitteet lisäävät sähkönjakeluyhtiöiden kiinnostusta erilaisiin jakeluautomaatio ratkaisuihin ja investointeihin.

Vikaindikaattoreilla pyritään nopeuttamaan vian korjausta sekä ennakoimaan alkavia vikoja sähköntoimitusvarmuuden parantamiseksi. Indikaattorien antaman vikatiedon on tarkoitus tukea käytönvalvojaa vianhoitoon ja rajaamiseen liittyvissä päätöksissä. Näin viat pystytään erottamaan jakeluverkosta entistä tehokkaammin, eikä ylimääräisiä asiakkaillekin näkyviä kokeilukytkentöjä tarvitse tehdä.

Vikaindikaattoreita ei ole käytetty vielä missään laajalti niiden puutteellisten ominaisuuksien ja toiminnallisuuksien sekä korkean hinnan takia. Elenia Oy (myöhemmin Elenia) on kiinnostunut testaamaan vikaindikaattorien toimintaa pilotoimalla indikaattoreita maakaapeli ja ilmajohtoverkossa. Vikaindikaattorit tulevat olemaan tärkeä osa jakeluverkossa vikojen nopean paikantamisen ja rajaamisen kannalta. Pilotista saatavien tulosten ja havaintojen perusteella määritetään onko vikaindikaattoreissa jo tarpeeksi toiminnallisia edellytyksiä ja toimintavarmuutta investoitavaksi laajemmassa mittakaavassa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää Elenialle kattava vikaindikointia käsittelevä prosessiohje, joka toimii vikaindikaattorien osalta tukena verkon suunnittelijoiden, käytön suunnittelijoiden, käytönvalvojien ja projektipäälliköiden kanssa heidän jokapäiväisissä työtehtävissään. Työssä perehdytään Elenian jakeluverkossa käytettyjen vikaindikaattorien toimintaperiaatteisiin, ominaisuuksiin sekä käytettävyyteen valmistajittain. Työssä esitellään Elenian rakennusprosessi sekä kaukokäyttöerottimien käyttöönotto ja siinä tehtävät toimenpiteet tehtävittäin loogisessa järjestyksessä.

Vikaindikaattorien vähäisestä käytöstä johtuen kirjallista materiaalia ei juuri ole olemassa. Työn tekemisen tukena käytin asiantuntijahaastatteluita, indikaattorien tehdastesteistä kerättyä tietoa ja indikaattorien asennus- ja käyttöohjeita. Asiantuntijahaastatteluilla oli tarkoitus saada rakennus- ja kaukokäyttöprosessin eri vaiheista kattava käsitys sekä kartoittaa asiantuntijoiden kanssa vikaindikaattorien tuomat muutokset siihen. Tehdastesteissä saaduista tuloksista ja indikaattorien ohjeista saadaan muodostettua kuva indikaattorien toiminnallisuudesta ja ominaisuuksista.



## 2 ELENIA OY

Elenia on suomen toiseksi suurin sähkönjakeluyhtiö. Elenialla on noin 415 000 kotitalous-, yritys- ja yhteiskunta-asiakasta yli sadan kunnan alueella Kanta- ja Päijät-Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Elenia vastaa sähköverkon toimivuudesta ja uudistamisesta, asiakkaiden sähkönkulutuksen mittaamisesta ja energiatietojen toimittamisesta sähkönmyyjille. Sähköverkon ja -liittymien rakentaminen sekä verkon kunnossapito ja huoltotyöt toteutetaan yhdessä kumppaniyhtiöiden kanssa. (Säävarma 2014).



Kuva 1. Elenian verkkoalue (Sähköverkkoliiketoiminta 2015)

Vuonna 2006 Elenia aloitti sähköverkon kehittämiseksi Säävarma -hankkeen yliopistojen, laitevalmistajien ja urakoitsijoiden kanssa. Vuonna 2009 Elenialla tehtiin päätös pelkän maakaapeliverkon rakentamisesta. Tämän lisäksi Elenian verkossa on yli 3000 kauko-ohjattavaa erotinta ja verkkokatkaisijaa parantamassa sähkönlaatua. Taulukosta 1 nähdään Elenian jakeluverkon pituus sekä maakaapelointiaste. (Säävarma 2014).

Taulukko 1. Elenian maakaapelointiaste (Elenia, sisäinen materiaali 2015)

Elenian sähköverkko		
<b>Koko verkko</b>	67 675 km	34 %
<b>Keskijänniteverkko</b>	24 059 km	23 %
<b>Pienjänniteverkko</b>	42 079 km	42 %

## 2.1 Vikaindikointi jakeluverkossa

Vikaindikaattoreilla pyritään pienentämään pitkistä sähkökatkoista aiheutuvia KAH-kustannuksia sekä takaamaan parempi sähkön toimitusvarmuus asiakkaille. Vikaindikaattorien avulla pystytään paikallistamaan vikapaikat nopeammin, sekä havaitsemaan alkavat maakaapeliviat. Vuonna 2016 muuttuneessa regulaatiomallissa jakeluverkon automaattioratkaisut voidaan lisätä verkon arvoon. Tämän muutoksen jälkeen vikaindikaattorit ovat myös investointina hyödyllisempiä. Suomessa osa verkkoyhtiöistä on testannut sähköverkon vikaindikaattorien toimintaa, mutta niitä ei vielä ole kenelläkään laajamittaisessa käytössä. (Paananen 2016).

### 2.1.1 KAH-kustannus

Sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantamiseksi on luotu sähköverkkoyhtiöitä varten laatukannustin, jonka tarkoituksena on palkita heidät sähköverkon toimitusvarmuuden parantamisesta tai antaa sanktioita sen heikentymisestä. KAHin pienentäminen antaa verkkoyhtiöille mahdollisuuden saada verkkotoiminnastaan suurempaa tuottoa, mikäli verkkoyhtiö on pystynyt vähentämään toteutuneita keskeytyksiä alle asetetun keskeytyskustannusten vertailutason. Kannustimen toiminta perustuu Keskeytyksistä aiheutuneiden haittojen, eli KAHin laskentaan. (Diplomityö, Heikkilä 2013)

Erityyppisten keskeytysten kustannukset määräytyvät siirtämättä jääneen energian tai keskeytyneen sähkötehon funktiona. KAHin laskennassa huomioidaan keskeytysten määrä ja niiden pituus, irtikytkettävä teho, kulutuslaji sekä se, että onko keskeytys suunniteltu vai suunnittelematon. Kulutuslajeja on määritetty yhteensä seitsemän erilaisista mm. teollisuuden, kaupungin ja maaseudun mukaan. Haittojen arvot ovat sähkön käyttäjien näkemysten pohjalta määriteltyjä, ja vaihtelevat erittäin paljon yhtiöittäin. (Paananen 2016).

### 2.1.2 Vakiokorvaus

Verkkoyhtiöt joutuvat korvaamaan sähkön loppukäyttäjälle sähkönjakelun tai sähkötoimituksen yhtäjaksoisesta keskeytymisestä vakiokorvauksia. Mikäli jakelun tai toimi-

tuksen keskeytys pystytään osoittamaan verkkoyhtiön puolesta heistä riippumattomaksi syyksi, he eivät ole korvausvelvollisia. Vakiokorvauksen suuruus riippuu sähkökäyttäjän vuotuisen siirtopalvelumaksun suuruudesta taulukossa 2 olevien ehtojen mukaisesti. Enimmillään vakiokorvausta maksetaan 2 000 euroa vuodessa. (Vakiokorvaus 2015).

**Taulukko 2. Vakiokorvausten määrä sähkökäyttäjän vuotuisesta siirtopalvelumaksusta (Vakiokorvaus 2015).**

Korvausporras	Vakiokorvaus	Keskeytysaika
1.	10 %	12–24 h
2.	25 %	24–72 h
3.	50 %	72–120 h
4.	100 %	120–192 h
5.	150 %	192–288 h
6.	200 %	>288 h

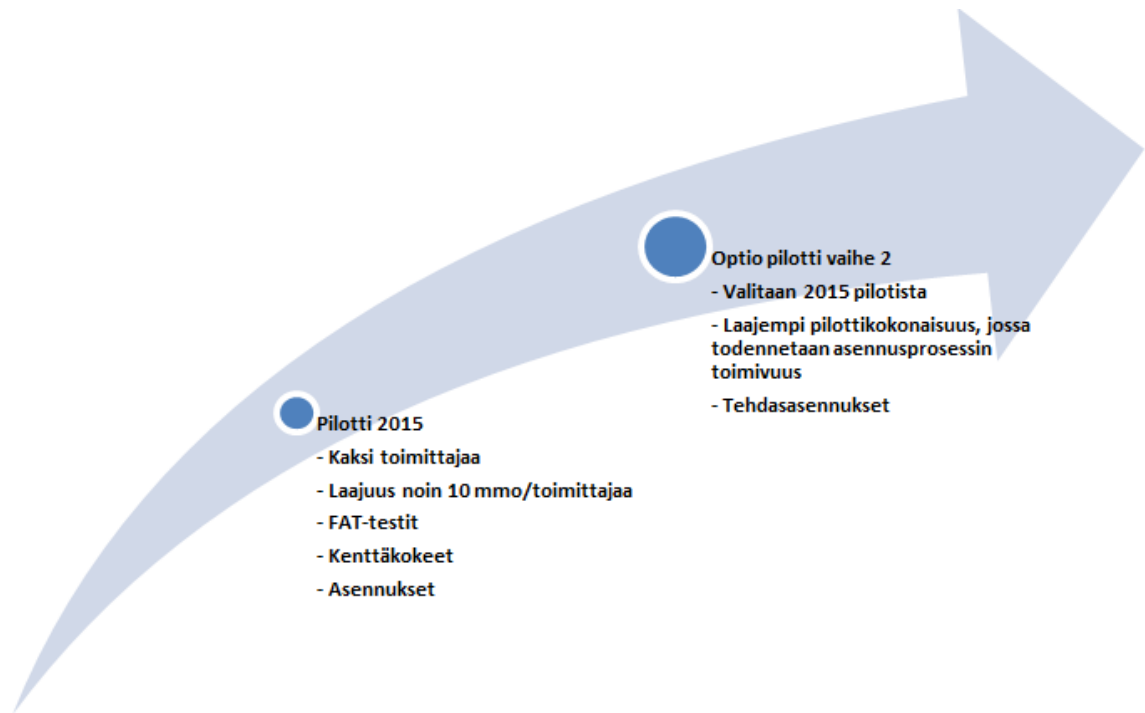
Elenia on vuodesta 2009 asti maksanut asiakkailleen aiheutuvista yli kuuden tunnin keskeytyksistä 3 %:in hyvityksen vuosittaisesta siirtopalvelumaksusta. Enimmillään tämä vapaaehtoinen hyvitys on 350 euroa. Asiakkaille nämä korvaukset näkyvät sähkölaskussa automaattisesti kuuden kuukauden kuluessa sähkökatkosta. Keskeytysajan laskeminen aloitetaan siitä, kun keskeytys on tullut Elenian tietoon ja heillä on ollut mahdollisuus alkaa korjaamaan sitä. (Hyvitykset ja korvaukset 2015).

## 2.2 Pilotin vaiheet

Elenian tarjouspyyntö pilottihankkeeseen oli kaksivaiheinen. Vuonna 2015 toteutetun pilotin aikana valittaisiin tarjousten perusteella kaksi eri indikaattorivalmistajaa. Nämä molemmat toimittaisivat noin kymmeneen uuteen muuntamoon vikaindikaattorilaitteistonsa. Vuoden 2015 aikana todettaisiin näiden valmistajien laitteiston toiminnallisuus ja sopivuus Elenian käyttötarkoituksiin sekä asennettavuus. (Elenia Oy 2015).

Toisessa vaiheessa oli tarkoitus valita optioneuvotteluihin vähintään yksi indikointilaitteiston toimittaja, mikäli ensimmäisestä vaiheesta päästäisiin läpi. Toinen vaihe ajoittuisi vuoden 2016 alkupuolelle. Lopullinen valinta tehtäisiin teknis-taloudellisten kriteerien pohjalta. Pilotin toisen vaiheen laajuus määriteltäisiin vuoden 2015 aikana. (Elenia Oy 2015).

Ensimmäinen vaihe viivästyi, eikä vuoden 2015 aikana ehditty saamaan tarvittavia tuloksia indikaattorilaitteistojen toimivuudesta. Indikaattorimuuntamoiden käyttöönotot ajoittuivat vuoden 2015 marras- ja joulukuulle ja niitä päästään testaamaan maastotesteissä vuoden 2016 aikana. Viivästyneen ensimmäisen vaiheen takia Elenia aloitti optioneuvottelut molempien valmistajien kanssa vuodesta 2016. (Vähäkuopus 2016).



Kuva 2. Havaintokuva pilotin suunnittelusta etenemisestä (Elenia Oy 2015)

### 2.3 Vaatimukset vikaindikaattoreille

Elenian jakeluverkosta noin 80 prosenttia on sammutettua ja loput 20 prosenttia maasta erotettua verkkoa. Osa sammutetusta verkosta on toteutettu pelkästään hajautetuilla kompensointimuuntajilla. Hajautettua kompensointia esiintyy sammutetussa verkossa poikkeuksetta lähes kaikkialla. Vaatimuksena indikaattorilaitteistolle oli, että se havaittisi verkon maadoitustavasta tai kytkentätilanteesta riippumatta oikosulun, alle 10 k $\Omega$ :n maasulkuvian sekä katkeilevan maasulun. Indikaattorien haluttiin myös indikoivan, missä suunnassa verkkoa vikapaikka on. Lisäksi vielä lähes kaikilla johtolähdöillä on ilmajohtoverkkoa, mikä ei saa vaikuttaa indikaattorien toimintaan. Käytettävät mittalaitteet valmistaja sai valita vapaasti, kunhan se vain oli asennettavissa Elenian käyttämiin puistomuuntamomalleihin. (Elenia Oy, sisäinen materiaali 2015).

Toimittajat saivat tarjota vikaindikoitintarkaisuun tietoliikennelaitteella tai ilman. Tietoliikennelaitteen oli tuettava mobiiliverkon langatonta yhteyttä ja sisällettävä kuormerottimien ohjaukset. Tietoliikenne tuli toteuttaa Elenian SCADA-järjestelmän protokollaa käyttäen. SCADAan tuotavat tiedot olivat vikaindikointi ja sen suuntatieto, teho-, virta- ja jännitemittaukset sekä laitteiston oma kunnonvalvonta. (Elenia Oy, sisäinen materiaali 2015).

### 3 KAUKOKÄYTTÖMUUNTAMOT

Tässä luvussa tutustutaan Elenian käyttämiin kaukokäyttömuuntamoihin sekä niissä käytettyihin keskijännitekojeistoihin. Elenia käyttää kolmen eri valmistajan tarjoamia muuntamoita kaukokäyttökohteissa. Käytettävän muuntamon tyyppi ja valmistaja riippuvat rakennuskohteesta ja käyttötarpeista.

#### 3.1 ABB

ABB Oy (myöhemmin ABB) on maailmanlaajuinen sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka toimii yli 100 maassa ja joka työllistää yli 140 000 henkilöä. ABB:n pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. Suomessa ABB on yksi suurimmista teollisista työnantajista työllistäen noin 5 200 henkilöä 21 paikkakunnalla. ABB:n tehdaskeskitymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa. ABB:n Suomessa sähkönjakeluun tuottamat ratkaisut kehitetään ja valmistetaan Vaasan tehtailla. Tähän kuuluvat mm. erikoismuuntajat, kytkintuotteet, releet, sähköverkon ohjaustuotteet sekä valvonta ja automaatio. (ABB 2015).

Elenia käyttää muutamaa erimallista ABB:n valmistamaa kaukokäyttömuuntamoa käyttötarpeen mukaan. Kojeistona niissä käytetään ABB:n valmistamia SafeRing tai SafePlus keskijännitekojeistoja. Molemmat kojeistot ovat SF6-kaasueristeisiä kojeistoja. SafeRing-kojeistoon voidaan valita neljästä, ja SafePlus kojeistoon kolmestatoista erilaisesta kennosta omaan käyttötarkoitukseen sopivat. Molempiin on valittavissa erilaisia erotin- ja katkaisijakennoja, sekä SafePlus-kojeistoon mittamuuntajilla varustettuja kennoja sekä kiskoerotinkenkoja. Elenia käyttää kaikissa ABB:n kaukokäyttömuuntamoissa kolmiasentoisella erottimella varustettuja erotinkenkoja. Näissä yksi erotin toimii kuorma- ja maadoituserottimena. 2+1+2 -erottimen muuntamoissa käytetään SafePlus-kojeistoa, koska vain siihen on tarjolla tarvittava kiskoerotinkenko. (ABB Product catalogue 2015).

### 3.2 Harju Elekter AB ja Satmatic Oy

Harju Elekter (myöhemmin Harju) on vuonna 1968 perustettu Virolainen yhtiö, jonka päätoimi on puistomuuntamoiden valmistus moniin eri tarkoituksiin. Koko Harju konsernissa on noin 500 henkilöä neljässä eri maassa. Harjulla on viisi tytäryhtiötä Virossa, Suomessa ja Liettuassa sekä myyntitoimipaikka Ruotsissa. (Harju Elekter 2015).

Satmatic Oy (myöhemmin Satmatic) on Suomalainen sähkö- ja automaatiotekniikan yritys. Satmatic on perustettu vuonna 1988. Sen toimipisteillä Ulvilassa ja Keravalla työskentelee noin 100 henkilöä. Satmatic omistaa Kurikassa toimivan Finnkumu Oy:n, joka on Suomen johtava muuntamovalmistaja. Vuonna 2002 Harju osti suomalaisen Satmaticin Siemens Oy:ltä. (Satmatic 2015).



Kuva 3. Harju Elekterin valmistama kaukokäyttömuuntamo

Harjun valmistamia muuntamoita käytetään vain liittymäkohteissa. Niissä on Siemens AG:n valmistama 8DJH keskijännitekojeisto, johon on tarjolla useita erilaisia kenno-vaihtoehtoja kuten kuormaerotin-, katkaisija- ja väliserotinkkenno sekä mittamuuntajilla varustettuja mittauskennoja. Harjun muuntamoissa Elenialla käytetään muuntajaerotinkennoa sekä kahta tai kolmea kuormaerotinkennoa. Muuntajaerotin ei ole kuormaerottimien tavoin kaukokäyttöinen.



Kuva 4. Siemensin valmistama 8DJH kojeisto (MV Ring Main Units, Harju Elekter 2016)

### 3.3 KL Industri AB

KL Industri AB (myöhemmin KL) on Ruotsalainen puistomuuntamovalmistaja. Toimintansa he aloittivat vuonna 1946 mittauskeskusten parissa. Vuonna 1960 he kehittivät ensimmäisen puistomuuntamonsa. Nykyään KL on Norjalaisen Møre Electric Groupin omistuksessa. (KL Industri AB 2015).

KL:n muuntamoita käytetään ABB:n muuntamoiden tavoin Elenian rakennuskohteissa. Kojeistona KL:n muuntamoissa on Schneider Electric Oy:n (myöhemmin Schneider



Electric) valmistama SM6 keskijännitekojeisto. SM6 kojeisto on SF6 kaasueristeinen kojeisto ilmaeristeisillä ISXU-päätteillä. Elenia käyttää KL:ltä yhtä muuntamomallia, joka kasataan aina samalla kojeisto kokoonpanolla. Keskijännitekojeistoon kuuluu kaksi kaukokäyttöerotinkennoa sekä muuntajan lähtökennoa ilman erotinta. Muuntajan lähtökennoon voidaan kytkeä muuntajan syötön lisäksi myös kaksi keskijännitekaapelia.



Kuva 5. Schneider Electricin kojeisto kuvattuna KL Industrin tehdasteissä

## 4 KAUKOKÄYTÖT JA VIKAINDIKAATTORIT

Elenian vikaindikaattoripilottihankkeesta lähetettiin tarjouspyyntö usealle eri laitetoimittajalle. Näistä valittiin kaksi vaatimukset täyttävää maakaapeliverkon vikaindikaattorivalmistajaa mukaan vuoden 2015 pilottihankkeeseen. Ilmajohtoverkon vikaindikaattorivalmistaja valittiin jo vuonna 2014, jolloin Elenialla alettiin tutkia erilaisia verkon vikaindikaattoriratkaisuja. Tässä luvussa tutustutaan Elenian käyttämiin kaukokäyttölaitteisiin sekä pilotissa käytettyjen valmistajien indikointiratkaisujen toiminnallisuuteen, ominaisuuksiin sekä suojausfunktioihin.

Elenian verkossa on käytössä kahta eri kaukokäyttöratkaisua. Vikaindikaattori pilotissa näistä kahdesta on mukana Viola Systems Oy:n tarjoama Arctic Control-kaukokäyttölaite. Pilotin toinen kaukokäyttölaite on Netcontrol Oy:n tarjoama Netcon 100, jota ei aikaisemmin ole käytetty Elenian verkossa. Ilmajohtoverkon indikaattorien toimituksesta vastaa Sipronika LTD.

Indikaattorien asetteluihin vaikuttavat verkon kuorma- ja oikosulkuvirta sekä verkon maadoitustapa. Kompensoitua verkkoa käytetään pääsääntöisesti kompensoituna, mutta poikkeuksiakin tapahtuu mm. rakennustöiden ja myrskyjen aikaan. Tästä johtuen pilotissa pyrittiin määrittämään asettelut siten, että ne sopivat lähes kaikkiin kohtiin verkkoa kaikissa kytkentätilanteissa. Tässä haasteita aiheuttaa erityisesti maasulun indikointi. Maasulkuvirta Elenian kompensoidussa verkossa on noin 5A:a. Pieni maasulkuvirta vaikeuttaa suuri impedanssisten vikojen havaitsemista, koska mitattava vikavirta jää matalaksi. Maasta erotetun verkon maasulkuvirta riippuu johtolähdöllä olevan maakaapelin ja ilmajohdon pituudesta ja poikkipinta-alasta.

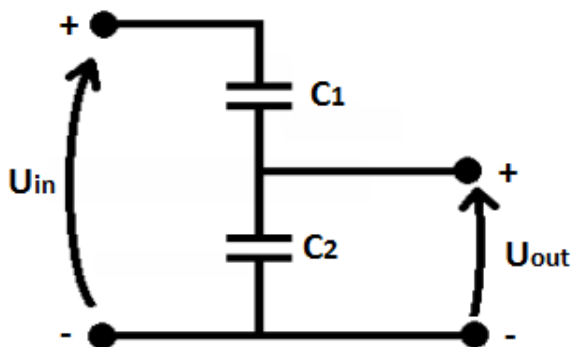
Ylivirtasuojauksen virtaraja on oltava verrattain pieni, jotta verkon oikosulkuvirta pitkän johtolähdön päässä riittää havahduttamaan indikaattorit korvaustilanteissakin. Mikäli virtaraja säädetään liian pieneksi, indikaattori saattaa jo kuormavirrasta tai kytkentäsäyksistä indikoida vikaa. Keskeytystietoon perustuvalla indikoinnilla voidaan välttää kytkentäsäyksistä johtuvat väärät indikoinnit. Havahtumisaikaan vaikuttaa lähellä sähköasemaa tapahtuva oikosulku. Tällaisissa tilanteissa oikosulkuvirta on niin korkea, että sähköaseman suojausleikat toimivat nopealla laukaisuportaalla. Nopeanlaukaisupor-taan toiminta-aika on määritetty verkon ominaisuuksien mukaan ja se on pienimmillään 0,15 sekuntia. Verkon maadoitustapa ei vaikuta ylivirta-asetteluihin.

## 4.1 Sensoritekniikka

Jännite- ja virtamittaukset ovat olleet pääsääntöisesti käytössä vain sähköasemien kojeistojen kennoissa, ja ne on toteutettu perinteisillä mittamuuntajilla. Verkon automaation lisääntyessä myös jakeluverkolta halutaan saada reaaliaikaisia mittaustietoja, jotka ovat vikaindikaattorien kannalta välttämättömiä. Mittamuuntajat ovat yksinkertaisia sensoreita kalliimpia, sekä kokonsa puolesta niin suuria, että puistomuuntamoihin niiden asentaminen olisi haastavaa tai jopa mahdotonta. (Diplomityö, Kauppi 2014). Nämä syyt johtavat siihen, että pilottiin valitut laitetoimittajat käyttävät sensoritekniikkaa.

Rogowski kelan tyypillisin mekaaninen ominaisuus on, ettei siinä ole ollenkaan ferromagneettista sydäntä. Ferromagneettinen sydän aiheuttaa kelassa kyllästymistä, minkä takia mittaus ei ole lineaarinen. Ferromagneeteissa esiintyy myös hystereesiä, eli aine jää magneettiseksi vaikka ulkoisen magneettikentän vaikutus on lakannut. Virran kulkiessa kelan läpi siihen indusoituu jännite, joka on suoraan verrannollinen mitattavan johdinten virran aikaderivaattaan. Kun mitattu jännite integroidaan, saadaan alkuperäiseen virtaan verrannollinen jännite. (Rogowski coil 2013).

Kapasitiivinen jännitteenjakaja perustuu kahden kondensaattorin väliseen jännitejakoon. Kondensaattorien koot määräytyvät mitattavan jännitteen ja halutun jännitteen suhteesta ja kondensaattorien jännitteen kestoisuudesta. Komponenttien jännitekestoisuus voi tulla joissain tilanteissa vastaan. Tällöin joudutaan käyttämään useamman kondensaattorin sarjaankytkentää. Resistiivinen jännitteenjakaja toimii samalla periaatteella, mutta kondensaattorien tilalla on vastukset. (Capacitive voltage divider 2014). Keskijänniteverkon jännitteen mittauksessa käytetään kapasitiivista sekä resistiivistä jännitteenjakajaa. Kuvassa 6 on esitetty periaatekuva kapasitiivisesta jännitteenjakajasta.



Kuva 6. Kapasitiivinen jännitteen jakaja

## 4.2 ABB

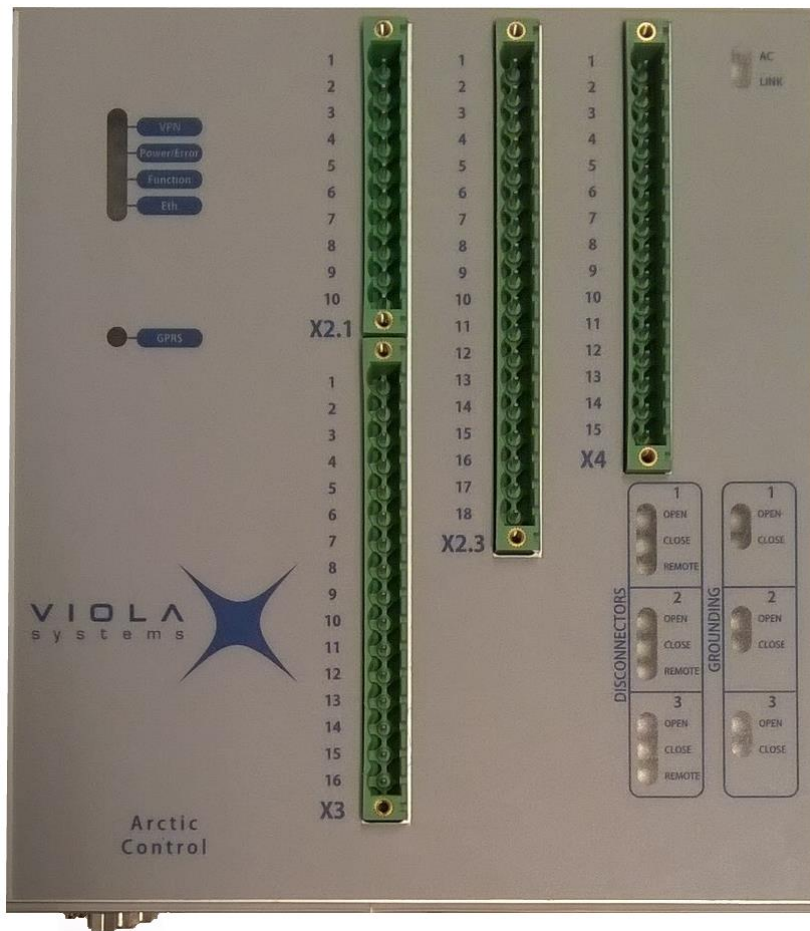
ABB:n vikaindikointi ratkaisu sisältää kaksi erillistä tuotetta. Vikaindikointi on toteutettu RIO 600:sen (Myöhemmin RIO) vikaindikointimoduuleilla. RIOa ei ole aikaisemmin käytetty Elenian jakeluverkossa. RIOssa itsessään ei ole tietoliikennelaitetta ollenkaan, vaan se on toteutettava jollain yhteensopivalla tietoliikennetuotteella. Pilotissa tietoliikenne toteutetaan ABB:n omistaman Viola Systems Oy:n (myöhemmin Viola) Arctic Control -tietoliikennelaitteella (myöhemmin ACO). ACOja on käytetty Elenian verkossa kaukokäyttömuuntamoissa ja ilmajohtoverkon kaukokäyttöerottimilla vuodesta 2009. Elenian jakeluverkon kaukokäyttöratkaisusta noin 80 prosenttia on toteutettu ACOilla. Tämä tarkoittaa noin 2000 laitetta.

### 4.2.1 Arctic Control

Arctic Control on Violan tietoliikenne ratkaisu keskijänniteverkon erottimien tai katkaisijoiden ohjaukseen ja valvontaan. Yhdellä ACOlla voidaan toteuttaa ohjaus enintään kolmelle kaukokäyttöerottimelle. Sillä valvotaan erottimien toimintaa kuten liikeaikaa ja erottimen ottamaa virtaa. Näiden tietojen perusteella ACO pystyy suojaamaan erotinta ”jumitilanteissa” rikkoutumiselta. (Arctic Control 2015). Elenian verkossa olevat ACOt ovat 2G-malleja, mutta vikaindikaattoripilotissa ja vuonna 2016 tulevat ACOt ovat 4G-yhteyttä käyttäviä LTE-malleja.

Pilotissa tulleet ACOt ja Netcon 100 kaukokäyttölaitteet ovat yhteydessä Violan M2M gatewayhin. M2M gatewaytä tarvitaan VPN yhteydenmuodostamiseen ja ACOjen konfigurointiin. Pilotissa tullessiin ACOihin kytkettiin Violan M2M gatewayn kautta Arctic-tuoteperheen laitteiden valvontaan tarkoitettu graafinen Viola Patrol-käyttöliittymä (myöhemmin Patrol) käyttöön.

Vikaindikaattorien tuottama lisäys tietoliikenteeseen ja tiedon prosessointiin saatiin toteutettua ACOon tehdyllä ohjelmistopäivityksellä ja konfigurointien lisäyksellä. Samalla päivitettiin myös Elenian vaatimuksia kommunikoinnin osalta, sillä tästä eteenpäin vanha 2G-malli korvataan uudella LTE-mallilla, joka käyttää nykyistä 4G-tekniikkaa tiedonsiirrossa.



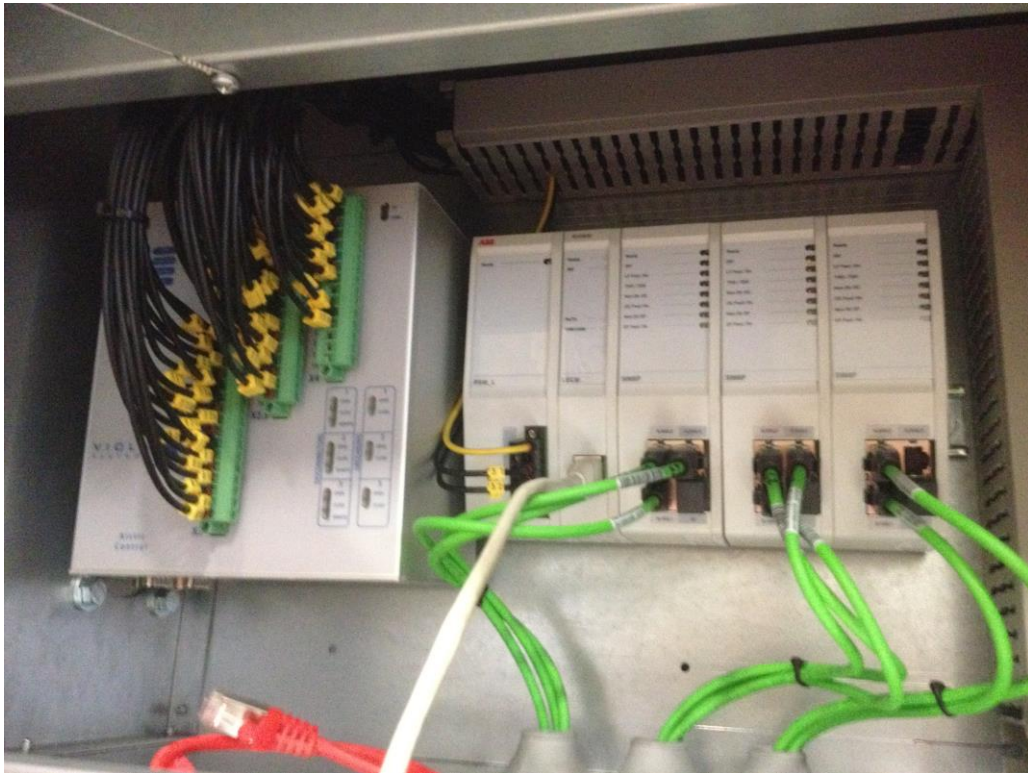
Kuva 7. Viola Systemsin valmistama Arctic Control

#### 4.2.2 RIO600

RIO600 on ABB:n kehittämä ja tarjoama tuote, joka on suunniteltu laajentamaan ABB:n Relion sarjan suojareleiden digitaalisia ja analogisia sisäänmenoja ja ulostuloja, sekä tarjoamaan ABB:n COM600 sähköasema-automaatio yksikölle sisäänmenoja ja ulostuloja käyttäen IEC 61850 ja modbus TCP kommunikaatiota. Sähköverkon automaattioratkaisuihin RIO tarjoaa vikaindikoitintoiminnon. Se mahdollistaa tarkan jännite- ja virtamittauksen keskijänniteverkolta. Mitattuihin virtoihin ja jännitteisiin perustuen RIO antaa suunnatun vikatiedon ja raportoi sen ylemmälle tasolle, joka tässä tapauksessa tarkoittaa ACOa. RIO mahdollistaa myös tehonmittauksen ja laadun tarkkailun. RIO:n sisäänmenoja ja ulostuloja voidaan laajentaa erilaisilla moduuleilla. Yksi RIO voi sisältää 40 sisäänmenoja tai ulostuloa. RIOon kuuluu aina tehomoduli ja kommunikaatiomoduli. Näiden lisäksi valittavissa on käyttötarpeen mukaan digitaalisia input- ja output-moduuleita, analoginen output-moduuli, ohjausmoduuleita, RTD-moduuli sekä sensorien input-moduuli. (RIO600 2015).



Kuvassa 8 nähdään ACO ja RIO asennettuna yhteen ABB:n kaukokäyttömuuntamoon. Tässä muuntamossa on kolme lähtöä, jolloin tarvitaan myös kolme SIM8F vikaindikointimoduulia. Sensorien mittaustiedot tuodaan vikaindikointimoduuleille vihreillä ethernet kaapeleilla lähtö- ja sensorikohtaisesti.



Kuva 8. Arctic Control ja RIO600 asennettuna ABB:n kaukokäyttömuuntamoon

### 4.2.3 Kombisensori

ABB:n vikaindikoinnilla varustetuissa muuntamoissa käytetään ABB:n tarjoamaa KEVCY 24-kombisensoria. Kombisensori on ABB:n tarjoama yhdistetty jännite- ja virtasensori, joka on tarkoitettu keskijännitemuuntamokojeiston kaapeliliityntään. Kombisensorit asennetaan ABB:n Norjan kojeistotehtaalla heidän valmistamaan Safe-Plus tai SafeRing kojeistoon. Molemmat kojeistomallit ovat SF6 kaasulla eristettyjä kojeistoja. Kombisensorin virran mittaus perustuu Rogowski kelaan ja jännitteen mittaus kapasitiiviseen jännitteenjakajaan. Kombisensorin mittaustarkkuus virralle on 0,5 % 630 ampeeriin asti ja jännitteelle 3 %. Virranmittaus yltää 8 000 ampeeriin asti, mutta mittatarkkuus huononee 5 %:iin. (Kombisensori 2011).



Kuva 9. ABB:n tarjoama KEVCY 24-kombisensori (Kombisensori 2011)

Jokaiselle kombisensorille on sensorivalmistajan toimesta määritetty kalibrointikertoimet virralle ja jännitteelle, jotka on asetettava RIOon oikean mittaustuloksen varmistamiseksi. Asettelut RIOon tehdään valmiiksi ABB:n muuntamotehtaalla Virossa. Kalibrointikertoimet on merkitty sensoreihin, sekä asennusten jälkeen dokumentoitu muuntamon dokumentteihin.

Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	Min	Max
Phase A					
Current Amplitude		1.0063		0.7000	1.3000
Current Phase		0.0167	deg	-3.0000	3.0000
Voltage Amplitude		1.0017		0.7000	1.3000
Voltage Phase		0.0050	deg	-3.0000	3.0000

Kuva 10. Yhden kombisensorin kalibrointikertoimet

#### 4.2.4 Retrofit sensorit

ABB tarjoaa myös jälkiasenteisia, Rogowski kelaan perustuvia virtasensoreita. Jälkiasennustarkoitukseen suunniteltuja sensoreita on kahta erimallista. KECA 80 C85 asennetaan kosketussuojatun pistokepäänteen ympärille ja KECA 80 D85 kaapelin ympärille. Molemmat sensorimallit ovat ”split core” -tyyppisiä, eli ne ovat halkaistavissa. Tämä helpottaa huomattavasti sensorien asennusta, koska niitä ei tarvitse pujottaa kaapelin ympärille. (Retrofit sensorit 2015).

Retrofit -tyypin sensorien mittausalue on huomattavasti kombisensoria suurempi. KECA 80 C85:ssä virranmittaus ylittää 0,5 % tarkkuuteen aina 2500 ampeeriin ja D85:ssä 4000 ampeeriin asti. 5 %:in tarkkuusluokassa molemmat sensorit pystyvät mittaamaan 50 kA:n virtaa. Virranmittausominaisuuksiltaan kaikki esitellyt ABB:n tarjoamat sensorityypit perustuvat samaan tekniikkaan, joten ominaisuudet ovat muuten samanlaiset. Kuvassa 11 nähdään sensorien mahdolliset asennustavat. (Retrofit sensorit 2015).



**Kuva 11. Vasemmalla pelkästään pistokepäätteeseen soveltuva KECA 80 C85 virtasensori. Keskellä ja oikealla kaapelin ympärille tuleva KECA 80 D85 virtasensori (Retrofit sensorit 2015)**

Retrofit virtasensorien lisäksi tarvitaan myös vaihekohtaiset jännitesensorit. Jännitesensori perustuu kombisensorista poiketen resistiiviseen jännitteenjakajaan. ABB:n retrofit jännitesensorin ja kombisensorin jännitteen mittaustarkkuus on sama, vaikka kyseessä onkin resistiiviseen ja kapasitiiviseen jännitteenjakoon perustuvat sensorit. (Retrofit sensorit 2015).



**Kuva 12. Kaapelipäätteeseen asennettu jännitesensori (Retrofit sensorit 2015)**



#### 4.2.5 SIM8F Suojausfunktiot

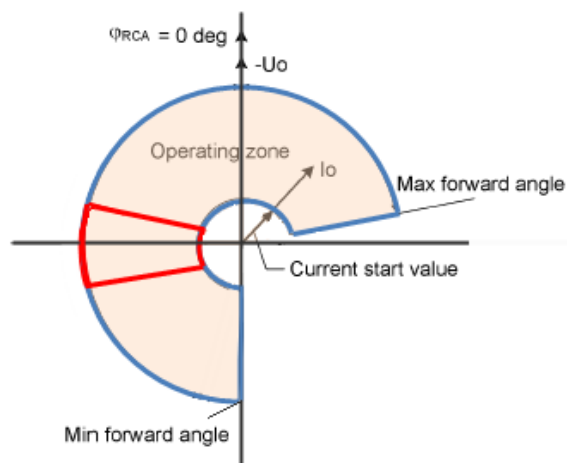
SIM8F-moduuli on sensorien input-moduuli, jota kutsutaan myös vikaindikointimoduuliksi. Sen kautta tuodaan kaapelilähtökohtaisesti sensoreilta saatavat jännite- ja virtasignaalit RIOlle. SIM8F moduulissa on jännite- ja virtasensoreille vaihekohtaiset RJ45 liittynät. Yhdessä RIOssa voidaan käyttää enimmillään viittä tai neljää SIM8F-moduulia, riippuen kommunikaatiomodulin ja tietoliikennelaitteen välillä käytetystä kommunikointitavasta. (RIO600 2015).

SIM8F vikaindikointimoduulista on suunnatut ja suuntaamattomat suojausportaat oikosululle ja maasululle. Suuntaamaton maasulkusuojaus perustuu jäännösvirran suuruuteen ja suunnattu maasulkusuojaus nollavirran ja nollajännitteen suuruuteen sekä näiden väliseen vaihesiirtokulmaan. Suojausportaiden toimintasuunta on valittavissa joko virran suuntaisesti (forward) tai sitä vastaan (reverse). Tällä hetkellä RIOssa on vain yksi suojausporras kutakin suojausta kohti, joten forward- ja reverse-toiminnot eivät voi olla samaan aikaan käytössä. Oikosulun indikointi perustuu virranmittaukseen ja määritettyyn raja-arvon ylitykseen. (RIO600 configuration manual 2015).

RIOon oli tavoitteena löytää asettelut maasta erotetulle ja kompensoidulle verkolle. Maadoitustapa ei vaikuta oikosulun indikointiin. Oikosulkuvirran raja-arvoksi asetettiin 150 A ja toiminta-ajaksi 40 ms, jolloin varmistetaan indikoinnin toimivuus lähes kaikissa verkon osissa. Suunnattuun maasulkuportaaseen kulma asetettiin laajalle sektorille. Min forward angle määritettiin 180 asteeseen ja max forward angle 80 asteeseen asti referenssikulmasta 0. Näillä asetteluilla mahdollistetaan maasulun indikointi maadoitustavasta riippumatta. Edellytyksenä toiminnalle on keskeytys, joten virhetoimintoja ei terveillä lähdoilla tule. Toiminta-ajaksi määritettiin 100ms, ettei katkaisija kerkiä avautumaan ennen vian indikointia. Virran toimintarajaksi asetettiin 1 A ja nollajännitteen raja-arvoksi 8 %:a. Kun virtaraja on vain 1 A, pystytään indikoimaan myös vaaditut 10 k $\Omega$ :n maasulkuviat sammutetussa verkossa. Indikointi suunnaksi valittiin forward. Suuntaamattomaan maasulkuportaaseen asetettiin  $I_o$  100 A:han ja toiminta-aika 100 ms:iin. Suuntaamattomalla portaalla havaitaan kaksoismaasulut. Taulukossa 3 on esitetty kaikki RIO:n oleelliset asetteluarvot.

Taulukko 3. RIO600:n suojausasettelut

Directional overcurrent	
Current start value	150 A
Operate delay time	40 ms
Directional mode	Forward
Characteristics angle	60 °
Max forward angle	80 °
Min forward angle	80 °
Directional earth fault	
Current start value	1 A
Voltage start value	1000 V
U <sub>0</sub>	8 %
Operate delay time	40 ms
Directional mode	Forward
Operation mode	Phase angle
Characteristics angle	0 °
Max forward angle	80 °
Min forward angle	180 °



Kuva 13. Maasulkusuojauksen toiminta-aluetta havainnollistava kuva

Kuvassa 13 on havainnollistettu suunnatun maasulkusuojauksen asetteluita. Sinisellä on rajattu kompensoidun verkon suojausalue ja punaisella maasta erotetun verkon suojausalue. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoitus tehdä kaksi suojausporrasta maadoitustavan mukaan. Näin ei kuitenkaan voitu tehdä, koska RIOssa ei tällä hetkellä ole kuin yksi suojausporras kutakin suojausta kohden.

### 4.3 Netcontrol

Netcontrol Oy (myöhemmin Netcontrol) on vuonna 1991 perustettu suomalainen yritys. Sen pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja neljä muuta konttoria Ruotsissa, Norjassa ja Britanniassa. Omien toimipaikkojen lisäksi Netcontrollilla on yhteistyökumppaneita ja jälleenmyyjiä Puolassa, Balkanilla, Lähi-idässä, Etelä-Afrikassa ja Malesiassa. (Netcontrol 2015).

Netcontrollin asiakkaisiin kuuluu mm. sähkönsiirto- ja jakeluyhtiöitä, voimalaitoksia, kaukolämpö- ja kaukokylmäyhtiöitä sekä öljy- ja kaasuyhtiöitä. Jakeluverkkoyhtiöille kuten Elenialle, Netcontrol tarjoaa laajan valikoiman tuotteita kuten kaukokäytön alaseamia, moottorin ohjaimia, radiomodeemeja, kytkimiä, keskittimiä ja katkaisijoita. Jakeluverkon ja sähköasemien valvontaan he tarjoavat älykkäitä ohjaus- ja valvontatyökaluja. Näihin lukeutuvat mm. kaukokäyttöerottimien ja katkaisijoiden etäohjauslaitteet, SCADA järjestelmä ja FLIR. (Netcontrol 2015).

#### 4.3.1 Netcon 100

Netcon 100 (myöhemmin Netcon) on Netcontrollin kehittämä laitteisto keskijänniteverkon valvontaan ja kaukokäyttöerottimien ohjauksiin. Netcon asennuskehikko eli ”räkki” sisältää asennuspaikat kuudelle moduulille. Räkkiin kuuluu aina pääprosessori ja virtalähdeyksikkö. Näiden lisäksi voidaan neljästä eri moduulista valita sopivat käyttötärpeen mukaan. Muut moduulit ovat kommunikaatio-, kaukokäyttö-, vianilmais- ja pienjännitteen valvontamoduuli. Yhdellä Netconin kaukokäyttömoduulilla on liitännät neljälle kaukokäyttöerottimelle. Netconin asennuskehikkoa on mahdollista laajentaa toisella asennuskehikolla, jolloin pystytään lisäämään eri moduuleita kaikkia käyttötarkoituksia varten. (Netcontrol 2015). Netconin tietoliikenne on vuonna 2015 tulleissa laitteissa toteutettu 3G-tekniikalla. Pilotin kohteissa Netconien SCADA-liikenne on toteutettu Viola M2M palvelimen kautta samalla tavalla kuin ACOissa.

Netcontrollin tarjoamassa kokoonpanossa Netconiin on asennettu yhteinen sähköisten ohjausten estokytkin kaikille erottimille. Elenian vaatimuksesta haluttiin kaikille erottimille omat kytkimet. Näin voidaan yhdellä lähdöllä työskennellessä estää vain sen lähdön sähköiset ohjaukset ja muut erottimet jäävät ohjattaviksi.



Kuva 14. Netcon 100 kaukokäyttölaiteisto (Netcontrol 2015)

Näiden lisäksi Netconiin on tarjolla HMI127 (myöhemmin HMI) paikalliskäyttöpaneeli, josta voidaan tehdä erottimien ohjaukset paikallisesti. HMI:tä käytettäessä keskijännitekojeistoon ei tarvitse asentaa erillisiä painonappeja paikallisia erotinohjauksia varten. Muuntamokohtaisesti päivitettävästä HMI:n mimiikasta nähdään kuormaerottimien ja maadoituserottimien tilat. HMI:ltä voidaan tarkastella jännite-, virta sekä tehomittauksia. Nähtävissä on myös jännite- ja virtasoittimet. Hälytyksiä varten näyttöpaneelissa on kymmenen punaista indikointilediä, joihin voidaan ohjelmoida käyttäjän haluamia indikaatioita ja hälytyksiä. Indikointiledeihin voidaan mm. määrittää indikointi erottimien ohjausestokytkimistä sekä hälytyksiä Netconin lauenneista johdonsuojakatkaisijoista ja verkkojännitteen puuttumisesta. (Netcontrol 2015).



Kuva 15. Netcon 100 kaukokäyttölaite (Netcontrol 2015)

### 4.3.2 Sensorit

Netcon ohjausyksikön ja FDM112 moduulin kanssa käytetään kaapelilähtökohtaisesti kahta vaihe- ja yhtä nollavirtasensoria. Vaihevirtasensorien ja nollavirtasensorin summasta Netcon määrittää kolmannessa vaiheessa kulkevan virran. Molemmat sensorimalit ovat Rogowski kelalla toteutettuja. Sensorit ovat ABB:n retrofit sensorien tapaan halkeavia asennuksen helpottamiseksi.

Kaikille virtasensoreille on tehtaalla määritetty sensorikohtainen kalibrointikerroin, joka on merkitty sensoriin. Sensorien kalibrointi Netconiin tehdään jo Netcontrollin toimipisteellä Helsingissä ennen laitteen toimitusta muuntamotehtaille. Kalibrointikerroin vaihtelee 10 - 14 mV:n välillä. Kalibrointikertoimen lisäksi sensoriin on merkitty myös suuntanuoli, jonka mukaan sensori asennetaan. Nämä on nähtävissä kuvassa 16.



Kuva 16. Sensoreihin merkatut kalibrointikertoimet ja suuntanuolet

Elenian jakeluverkkoon tulevat Netcon 100 ala-asetat asennetaan muuntamoihin, joissa jännitteen mittaus on toteutettu kolmivaiheisesti kapasitiivisellä jännitteenjakajalla. Jännite mitataan muuntamon 20 kV:n kiskosta, joten saatavilla ei ole kaapelilähtökohtaista jännitetietoa. Muuntamotehtailla parametroidaan Netconiin jännitesensorien kalibrointiarvot. Muuntamotehtailla on käytettävissä laitteisto, joilla muuntamon kiskoon syötetään 3 kV:n jännite. Netcontrollin Web GUI:n kautta syötetty jännite asetetaan kalibrointi ohjelmaan, joka laskee ja asettaa sensorien parametointi kertoimet Netconiin.

### 4.3.3 Web GUI

Web GUI on Netcontrollin selainpohjainen käyttöliittymä Netcon 100 kaukokäyttö laitteen etähallintaan. Sen avulla voidaan tarkastella yksittäisen Netconin konfigurointeja, parametrointeja, tapahtumia sekä mittauksia helposti VPN yhteyden avulla. Konfiguroinnit ja parametroinnit myös päivitetään Web GUI:n kautta. Web GUI:sta löytyvän Web HMI:n kautta Netcon on myös ohjattavissa samalla tavalla kuin maastossa. Web HMI on identtinen paikallisen HMI:n kanssa, ja niiden näkymät ovat aina samat. Kuvassa 17 nähdään Web käyttöliittymän kautta tarkasteltu HMI näkymä.

The screenshot shows the Netcontrol WebGUI interface for Netcon 100. On the left, there is a sidebar with a 'Protection OFF Updates ALLOWED' status and a 'Refresh' button. Below this, the substation is identified as 'NC100'. A list of 10 protection functions is shown, including 'Ylijännitesuoja toiminut', 'E1 lukittu', 'E2 lukittu', 'E3 lukittu', 'SF6-hälytys', '230 V latausjännite pois', 'Johdonsuoja lauennut', 'IEC summahälytys', and 'Setting Group 2 päällä'. The main display area shows a schematic of 'NC100 Switchgear U1' with components E1, E2, E3, and T1. The status is 'NORMAL' and there are buttons for 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'Local', 'Select', and a large '0' button. A navigation pad with 'OK', 'C', and 'i' buttons is also visible.

Kuva 17. Netcontrolin WEB GUI -käyttöliittymän kautta näkyvä HMI -ohjauspaneeli

#### 4.3.4 Konfiguraatio

Elenialla ei ollut aikaisemmin käytettyä Netcon kaukokäyttölaitetta, joten tälle ei ollut määritetty vakio konfiguraatiota. Pilotissa sen konfiguraatio luotiin ACO:n konfiguraation pohjalta, jolloin saatiin yhtenäistettyä niiden I/O osoitteet. Kaikkia samoja signaaleja laitteista ei kuitenkaan saada, joten eroavaisuuksiakin löytyy. Nämä eroavaisuudet vaikuttavat tietokantojen tekoon. Tällä hetkellä tietokantojen tekoa varten oleva makrotyökalu on tehty ACO:ja varten. Sitä joudutaan tulevaisuudessa kehittämään, jotta Netconin ja ACO:n tietokannat pystytään tekemään samalla työkalulla.

### 4.3.5 FDM112 Suojausfunktiot

FDM112 on Netconin vianilmaisumoduuli. Sen tehtävinä ovat vianilmaisuus, vikareaktanssin laskenta ja häiriötallennus. FDM112:dessä on 12 analogiatuloa virta- ja jännitesensoreille. Näillä tuloilla voidaan toteuttaa kiskojännitteen mittaus sekä enintään kolmen lähdön virtamittaukset. (Netcontrol 2015).

FDM-korttiin on mahdollista asettaa johtolähtökohtaisesti neljä eri oikosulun suojausporrasta ja kaksi maasulun suojausporrasta. Nämä asetukset voidaan määrittää erilaisiksi kahteen eri asetteluryhmään. Asetteluryhmillä voidaan helpommin valita vianilmaisuusasettelut tarpeen niin vaatiessa. Elenialla asetteluryhmiin on tehty asettelut kompensoidulle ja maasta erotetulle verkolle. Oletus asetteluina on kompensoituun verkkoon tarkoitettut asettelut. Oletusasetukset menevät automaattisesti päälle esimerkiksi Netconin uudelleen käynnistyksessä. (Netcon 100 Manual 2015). Alimmaisesta HMI:n indikointi ledistä on nähtävissä, mikäli maasta erotetun verkon asettelu on päällä.

Suuntaamattoman suojausportaan ollessa käytössä, oikosulkuindikointi tapahtuu heti kun mitattu virta nousee asetusarvon yläpuolelle. Suunnatussa oikosulkuportaassa indikointi tehdään kun pätötehoilla on oikea polariteetti. Jos halutaan indikoida indikaattorin jälkeen olevia vikoja, pätötehon polariteetti on vikatilanteessa positiivinen ja ennen indikaattoria olevissa vioissa negatiivinen. (Netcon 100 Manual 2015). Oikosulun suojausportaisiin asetellaan taulukossa 4 näkyvät parametrit suojausporras- ja lähtökohtaisesti. Samasta taulukosta on nähtävissä Elenian käyttämät asettelut asetteluryhmittäin. (Netcon 100 Manual 2015).

**Taulukko 4. FDM112-kortille oikosulkuvian indikointia varten aseteltavat parametrit**

Parameter name	Value range	Elenia SG1	Elenia SG2	Unit
Overcurrent enabled	yes/no	yes	yes	-
Overcurrent directional	Mode none/forward/reverse	forward	forward	-
Overcurrent operation delay	0...32767	40	40	ms
Overcurrent pickup value	10...5000	200	200	A
Overcurrent pickup current hysteresis	0...100	5	5	%

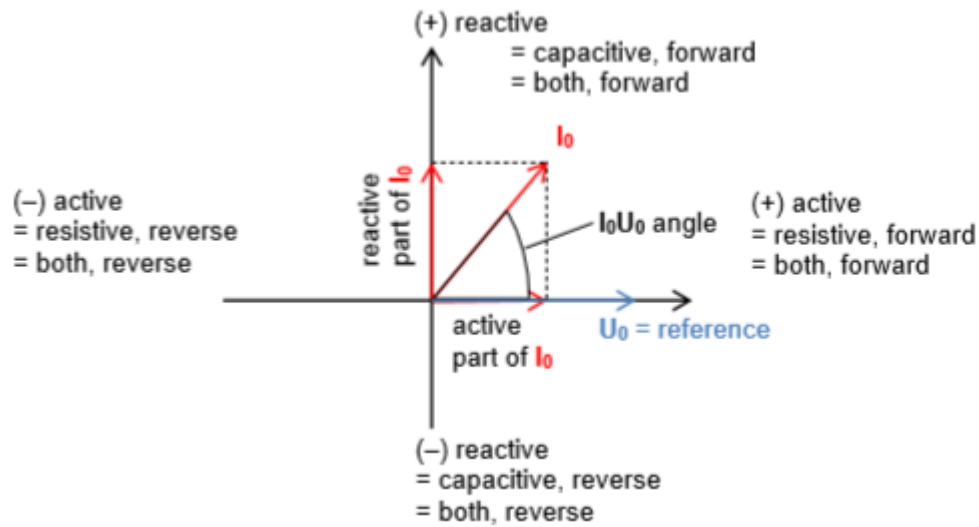


Suunnatun portaan toimintovaihtoehdot ovat samat kuin oikosulkuportaan, mutta lisänä on tullut vielä automaattitoiminto. Automaattiasettelulla Netcon määrittää kuormavirran suunnasta sähkön syöttösuunnan. Näin syöttösuunnan muuttuessaakin saadaan oikea indikointi vian suunnasta. Jotta automaattitoiminto toimisi, verkon perässä on oltava yli 10 kW:n kuorma. Muuten syöttösuuntaa ei pystytä määrittämään, eikä indikaattori indikoi ollenkaan. FDM-kortti pystyy havaitsemaan 0,5 A:n virtoja, mutta virtasensorien ominaisuudet eivät pysty samaan. Virtasensorit saattavat mitata kolmen ampeerin virran, vaikka sitä ei kulkisi mitattavassa kaapelissa lainkaan. (Netcon 100 Manual 2015). Taulukosta 5 nähdään maasulkuportaisiin aseteltavat parametrit sekä Elenian käyttämät parametrit.

**Taulukko 5. FDM112-kortille maasulkuvian indikointia varten aseteltavat parametrit**

Parameter name	Value range	Elenia SG1	Elenia SG2	Unit
Earth fault enabled	yes/no	yes	yes	-
Earth fault directional mode	Mode none/forward/reverse/automatic	forward	forward	-
Earth fault angle mode	capacitive/resistive/both	resistive	capacitive	-
Earth fault operation delay	0...32767	400	100	ms
Earth fault pickup voltage value	10...100	8	4	%
Earth fault pickup current value	0,5...500	1	1	A
Earth fault pickup voltage hysteresis	0...100	5	5	%
Earth fault pickup current hysteresis	0...100	20	20	%

Suunnatun portaan ollessa käytössä, myös vaihesiirtokulman havaitseminen on käytössä. Maasta erotetussa verkossa käytetään kapasitiivisen kulman asettelua. Tällöin verrataan vain vikavirran loiskikomponenttia vikavirran asetteluarvoon. Kompensoidussa verkossa käytetään resistiivisen kulman asettelua, jolloin vain pätökomponentin suuruutta verrataan vikavirran asetteluarvoon. Lisäksi näitä asetteluita voidaan käyttää samaan aikaan, jolloin pätö- ja loiskikomponenttia tarkastellaan jatkuvasti. Tämä asettelu sopii verkkoon, jota usein vaihdellaan maasta erotetun ja kompensoidun verkon välillä. Kuva 18 on periaatekuva, mistä nähdään vikavirran komponentit ja indikaattorin havahtumissuunnat eri vikavirroilla.



Kuva 18. Maasulkua ja Netcon 100:sen toimintaa havainnollistava kuva (Netcon 100 Manual 2015)

#### 4.4 Sipronika

Sipronika LTD (myöhemmin Sipronika) on Slovenialainen osakeyhtiö, joka on perustettu vuonna 1995. He aloittivat toimintansa sähköjakeluautomaation sekä erilaisten satelliittikellojen ja -vastaanottimien parissa. Sipronika on tehnyt tasaista kasvua ja laajentanut toimintaansa mm. automaattisiin nopeusnäyttö- sekä liikennevalojärjestelmiin. Sähköjakeluautomaatioon he tarjoavat ratkaisuja kaukokäyttöerottimien ohjaukseen ja tietoliikenteeseen sekä vian indikointiin ilmajohto- ja maakaapeliverkossa. (Sipronika 2015).



Kuva 19. Sipronikan LOK200 vikaindikaattori (Sipronika 2015)

#### 4.4.1 LOK200 toimintaperiaate

LOK200 on Sipronikan kehittämä ja valmistama ilmajohtoverkon vikaindikaattori, jolla havaitaan sähköverkossa tapahtuvat oiko- ja maasulkuviat. Sillä ei ole galvaanista yhteyttä tarkasteltavaan linjaan ollenkaan, vaan vikojen havaitseminen perustuu verkossa tapahtuviin magneetti- ja sähkökentän muutoksiin sekä algoritmeihin, jotka käyttävät digitaalisia signaalin prosessointitekniikoita määrittääkseen vaiheosoittimien muutokset ja vian tyypin. Jännite- ja virtaosoittimien muutokset havaitaan sisäänrakennettujen kelojen avulla. Kelat on aseteltu indikaattorien sisälle vaaka- ja pystyasentoon, jolloin pystytään mittaamaan magneettikenttää sekä sähkökenttää.

Maasulku havaitaan mittaamalla  $U_0$  sähkökentän avulla. Normaalitilanteessa sähkökentän voimakkuus on tasaista tai vaihtelee hitaasti. Maasulun tapahtuessa sähkökentän voimakkuus kasvaa voimakkaasti, jolloin tiedetään jossain verkolla olevan maasulku. Magneettikentän mittauksen ja algoritmien avulla määritetään maasulkuvian aikana havaittava  $I_0$ . Sen suuruuden perusteella saadaan selville, onko vika indikaattorin edessä vai takana.

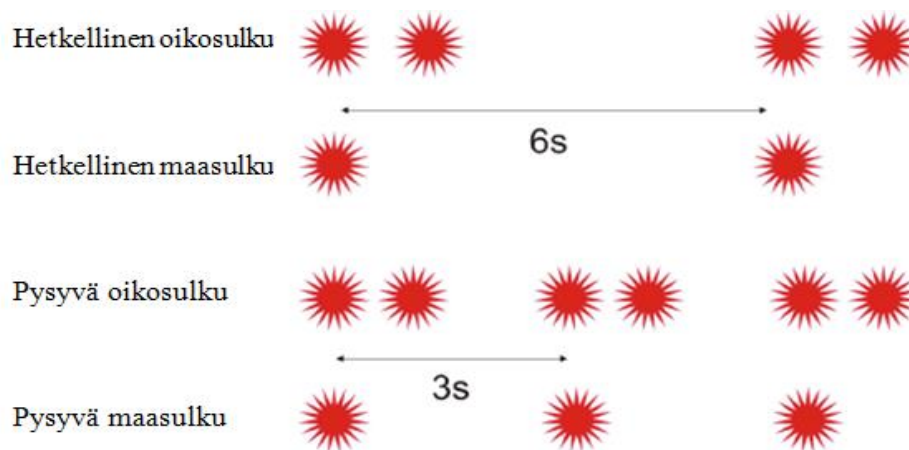
Koska mittaukset perustuvat sähkö- ja magneettikentän muutoksiin, indikaattorin lähietäisyydellä ei saa olla niitä tuottavia tai häiritseviä komponentteja. Indikaattorien asennusetäisyydet eri sähköteknisille komponenteille on esitetty taulukossa 6. Tarkemmat määrittelyt löytyvät ilmajohtoindikaattorien asennusohjeesta. (Liite 1). LOK200 indikaattorin toiminta perustuu keskeytystietoon, joten virheellisiä indikoiteja linjajännitteen olleessa päällä ei tule. (LOK200 User manual 2014).

**Taulukko 6. Indikaattorien asennusetäisyydet ja ehdot mittaukselta häiritseviin tekijöihin**

Kohde	Etäisyys
Tarkasteltava linja	3 m
Sähköasemat	300 m
Muuntamot	100 m
400 kV linja	200 m
100 kV linja	100 m
Toinen 20 kV linja	25 m
0,4 kV linja	15 m
Sähkörautatie	200 m
Asennettavassa pylväässä ei saa olla kaapelipäätettä, erotinta tai verkkokatkaisijaa	

LOK200 indikaattorien tiedonsiirto on tekstiviestipohjainen. Jokainen indikaattori on tekstiviesteillä suoraan yhteydessä LOK Server etähallintapalvelimeen ja UniFusion välityspalvelimeen, joissa protokolla muunnetaan Elenian SCADA-protokollan mukaiseksi. Indikaattoreille voidaan määrittää yhdestä neljään käyttäjää, joiden kanssa indikaattori on yhteydessä. Jokaiselle käyttäjälle voidaan valita erikseen tiedot, joita indikaattori lähettää. Indikaattoreille lisätyt käyttäjät voivat myös tekstiviestien välityksellä päivittää indikaattorien parametointia. (Sipronika User manual 2014).

Kun indikaattorin tarkastelemasta verkosta häviää jännite, indikaattori ilmoittaa tästä välittömästi käyttäjilleen. Mikäli indikaattori samalla havaitsee myös vian, se aloittaa vikatyypin määrittämisen. Indikaattorille on parametointi asetuksissa määritetty aika, jonka jälkeen indikaattori ilmoittaa siihen asti kerättyjen tietojen perusteella onko vika hetkellinen vai pysyvä. Yleensä aika säädetään niin pitkäksi, että jälleenkytkennät ehtivät toimia ja mahdollisesti palauttaa sähkön verkkoon. Vian indikointi aktivoituu ja indikaattori raportoi tiedon käyttäjälle indikointina SCADAssa sekä paikallisesti indikaattorissa olevan indikointiledin avulla. Vikaindikaattorin alalaidassa olevalla paikallisella indikointiledillä voidaan ilmaista kaikki neljä eri vikatyypistä kuvan 20 mukaisissa sykleissä. (Sipronika User manual 2014).



Kuva 20. LOK200 indikaattorin paikallisen indikoinnin syklit (Sipronika User manual 2015)

#### 4.4.2 Asettelut

Maakaapeli kasvattaa verkon kapasitiivista virtaa kaapelityypistä ja poikkipinta-alasta riippuen noin 1,5 – 3,5 ampeeria kilometrille. Ilmajohdon aiheuttama kapasitiivinen virta kasvaa kilometrille vain noin 0,07 ampeeria. Ilmajohdoverkon indikaattorien taka-

na olevan verkon kapasitiivinen virta on tiedettävä, koska asetteluarvon on oltava hie-  
man sitä suurempi. Suurinta mahdollista asetteluarvoa rajoittaa verkon maasulkuvirta,  
joka on Elenian kompensoidussa verkossa noin viisi ampeeria. Toisin sanoen asettelu-  
arvon on oltava enintään viisi ampeeria suurempi kuin indikaattorin takana olevan ver-  
kon kapasitiivinen virta.

Sipronikan tekemien päivitysten myötä indikaattoreihin on saatu uusia välttämättömiä ja  
vaadittuja ominaisuuksia käyttöön. Yksi vaatimuksenakin ollut päivitys oli suunnattu  
maasulkusuojaus. Sen avulla indikaattori pystyy indikoimaan onko vika ennen vai jäl-  
keen kyseistä indikaattoria. Suunnatun maasulkusuojauksen avulla voidaan suuremmal-  
la varmuudella todeta maasulkuvian paikka, kun kaikki lähdöllä olevat vikaindikaattorit  
näyttävät vikaa kohti. Pilotissa oleviin ilmajohtoverkon indikaattoreihin verkon kapasi-  
tiivinen virta laskettiin käsin DMS-käyttötukijärjestelmään dokumentoidun verkkomal-  
lin mukaan, mutta uusien päivitysten myötä indikaattorit määrittävät automaattisesti  
asetteluarvon maasululle. Näistä ominaisuuksista ja niiden toiminnasta ei kuitenkaan  
vielä ole käytännön kokemusta, koska Sipronika toistaiseksi testaa niitä Elenian verkos-  
sa olevilla indikaattoreilla.

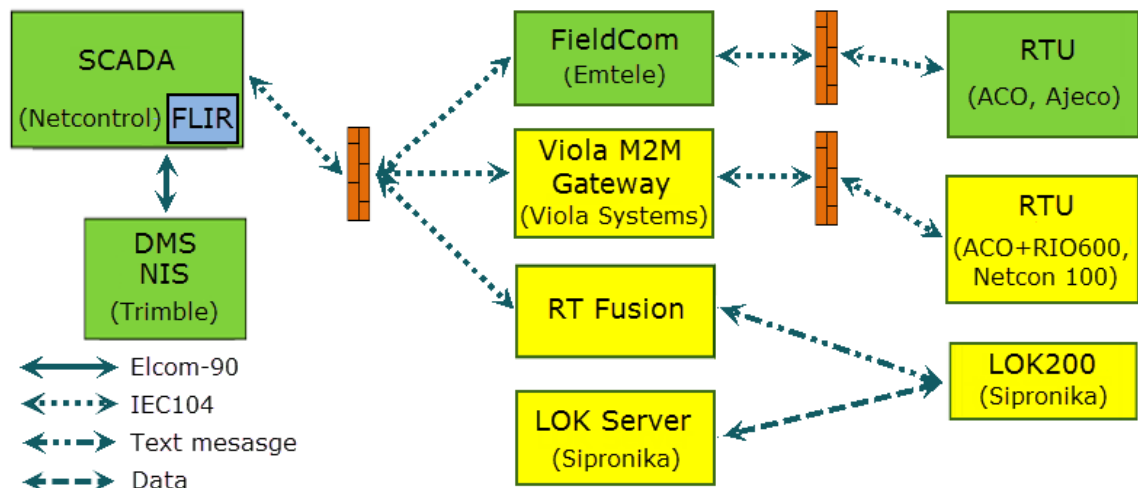
#### **4.4.3 Omakäyttö**

LOK200 indikaattori havaitsee pienetkin magneetti- ja sähkökentän muutokset, jotka  
aiheuttavat herkästi virheellisiä indikoiteja. Tästä johtuen mm. pienjännitejohto ei saa  
olla indikaattorin kanssa samalla pylväällä, eikä näin ollen indikaattorin sähkönsyöttöä  
voida toteuttaa PJ-verkosta.

Indikaattorin sähkönsyöttö on toteutettu akun ja aurinkopaneelin avulla. Täydellä akulla  
indikaattori pystyy toimimaan noin kaksi kuukautta. Tähän vaikuttaa oleellisesti indi-  
kaattorin lähettämän tietoliikenteen määrä, joka taas riippuu konfiguraatiosta ja verkon  
vikojen määrästä. Pilottiin otettiin kaksi suurempaa aurinkopaneelia testiin, jotta talven  
aikana saataisiin erilaisia kokemuksia latauksen riittävydestä.

## 5 JÄRJESTELMÄT

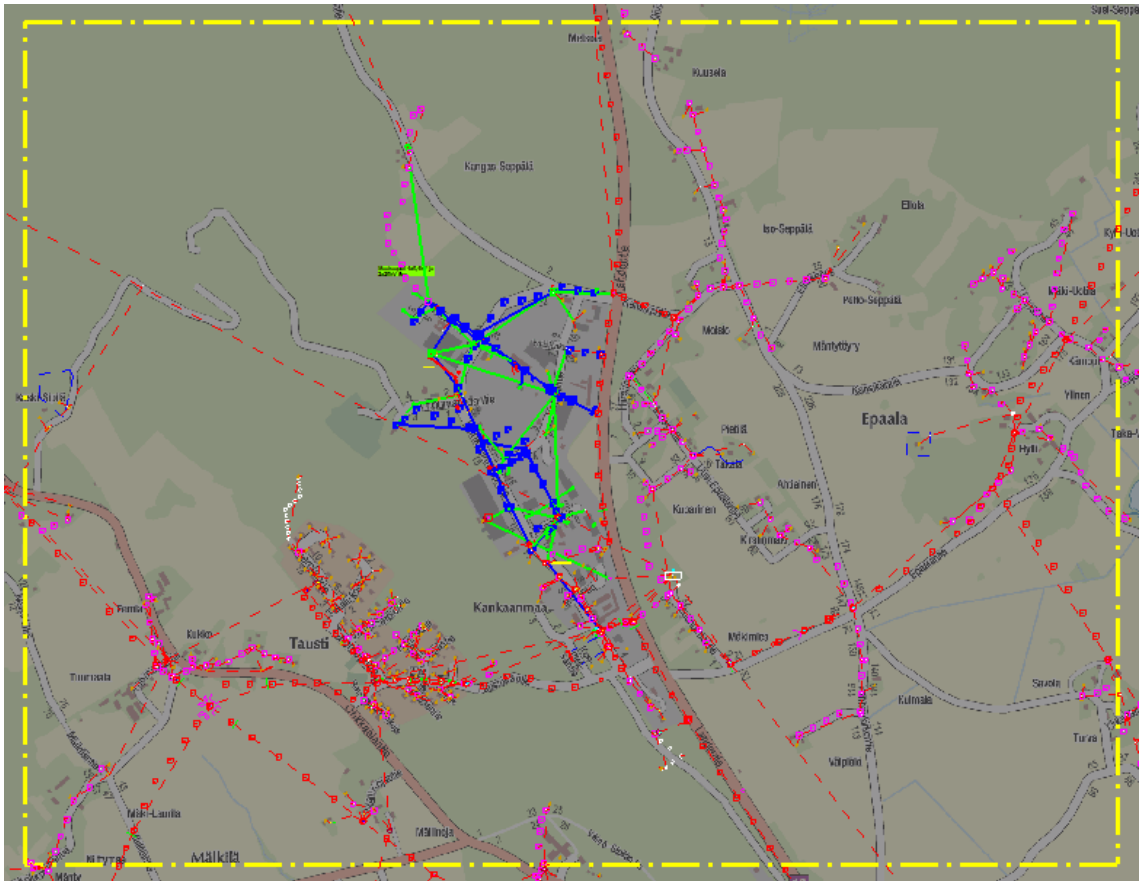
Tässä luvussa perehdytään Elenia Oy:n käyttämiin järjestelmiin, jotka vaikuttavat jakeluverkon operointiin. Esitellyillä järjestelmillä suunnitellaan uutta verkkoa sekä valvotaan ja ohjataan verkon kytkentätilannetta reaaliaikaisesti. Niistä nähdään koko Elenian jakeluverkko piirrettynä karttapohjalle mukaillen maastossa olevia johto- ja kaapelireittejä. Kuvassa 21 on esitetty periaatekuva Elenian käyttämien kaukokäyttölaitteiden ja järjestelmien kytkeytymisestä SCADAan. Järjestelmien välillä käytetyt protokollat on merkitty erilaisilla nuolilla ja keltaiset lohkot ovat vikaindikaattori pilotissa uutena tul-leita ohjelmia tai laitteita.



Kuva 21. Elenian käyttämien järjestelmien kytkeytyminen SCADAan

### 5.1 Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä

Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä (myöhemmin NIS) on energia- ja vesihuoltoyhtiöiden liiketoimintaan kehitetty järjestelmä, joka muodostuu älykkästä verkkomallista ja siihen integroiduista paikkatietotoiminnallisuuksista. NIS tukee sähkö-, vesihuolto-, kaasuverkko- ja kaukolämpöverkkoja, ja sitä voidaan laajentaa mm. asiakastiedoilla. NISin ominaisuuksia ovat verkostolaskenta, verkon suunnittelu ja rakentaminen, omaisuuden ja verkkoinvestointien hallinta sekä kunnossapito. (Trimble NIS. 2015)



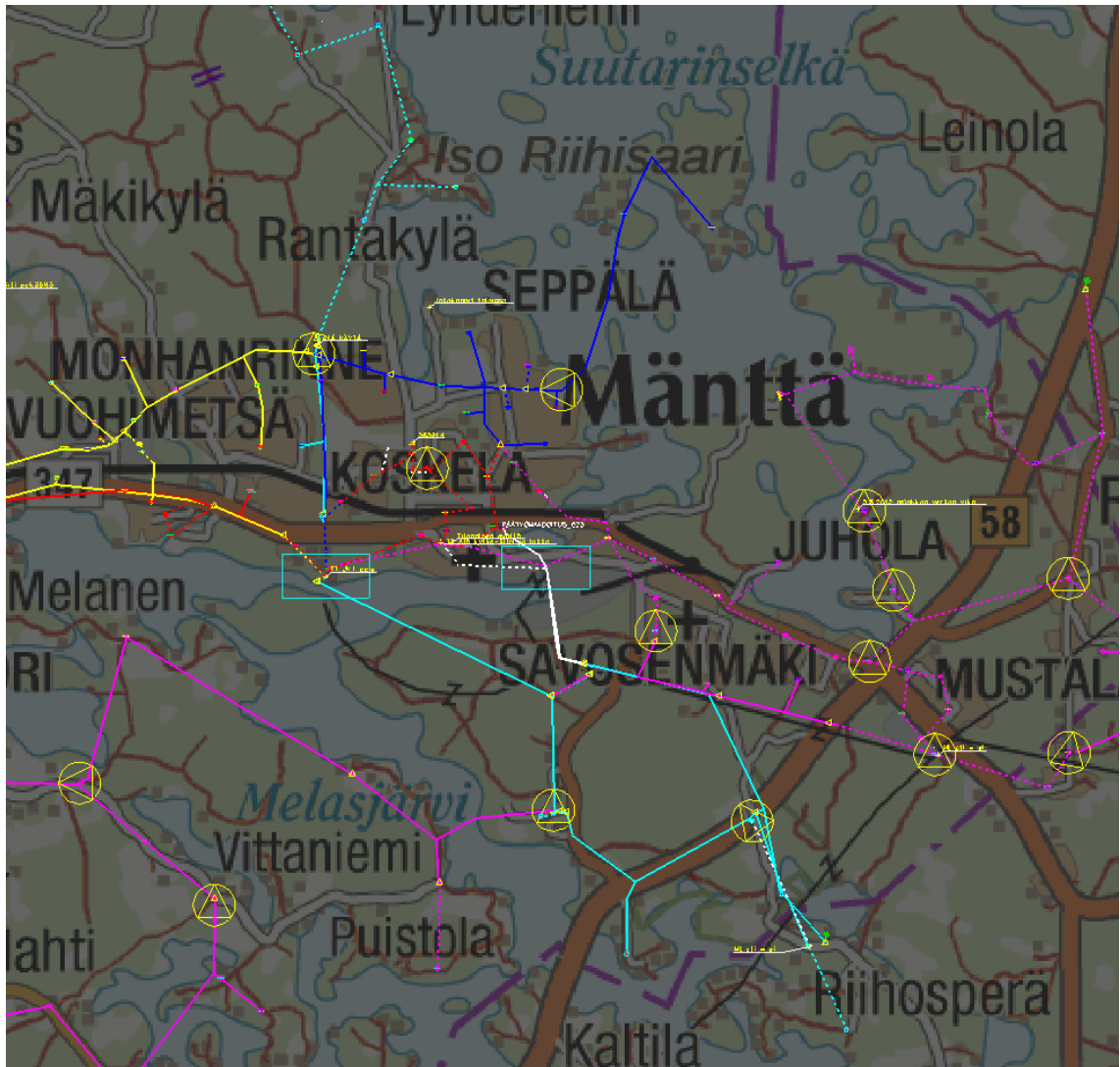
Kuva 22. NIS-verkkotietojärjestelmään verkon suunnittelijan toimesta luotu 6suunnitelma

## 5.2 Trimble DMS-käyttötukijärjestelmä

DMS-käyttötukijärjestelmä on Trimblen tarjoama järjestelmä sähköjakeluverkon kyt-  
kentätilanteen ylläpitoon ja valvontaan. DMS:stä nähdään koko ajan reaaliaikaisesti  
verkon kytkentätilanne aina sähköasemilta asiakkaiden sähkömittareille asti. DMS:stä  
voidaan tarkastella verkon kytkentätapahtumien, hälytyksien ja muiden tapahtumien  
historiatietoja. DMS:än kytkentätilanne muuttuu SCADAssa tehtyjen kytkentämuutos-  
ten perusteella. Urakoitsijoiden tekemiin kytkentätöihin tehdään DMS:llä kytkentäoh-  
jelmat Elenian käytönsuunnittelussa. Urakoitsija pystyy tulostamaan työlleen tehdyn  
suunnitelman suoraan DMS:stä ja käytönvalvoja pystyy käyttökeskuksessa askeltamaan  
ohjelman vaiheittain sitä mukaa kun työ maastossa etenee. Keskeytysviestintä asiakkail-  
le häiriötilanteissa tapahtuu DMS:n kautta tekstiviesteillä. (Trimble DMS. 2015)

Kuvassa 23 nähdään yleiskuva DMS:ään dokumentoidusta sähköverkosta. Sähköasemi-  
en johtolähdöt näkyvät käytön helpottamiseksi eri väreillä. Kuvasta on havaittavissa

kaksi sähköasemaa, sekä käsikäyttö- ja kaukokäyttöerottimia tai erotinasemia. Maakaapeliverkko näkyy kuvassa katkoviivalla ja ilmajohtoverkko jatkuvana viivana.



Kuva 23. Yleiskuva DMS:n verkkonäkymästä

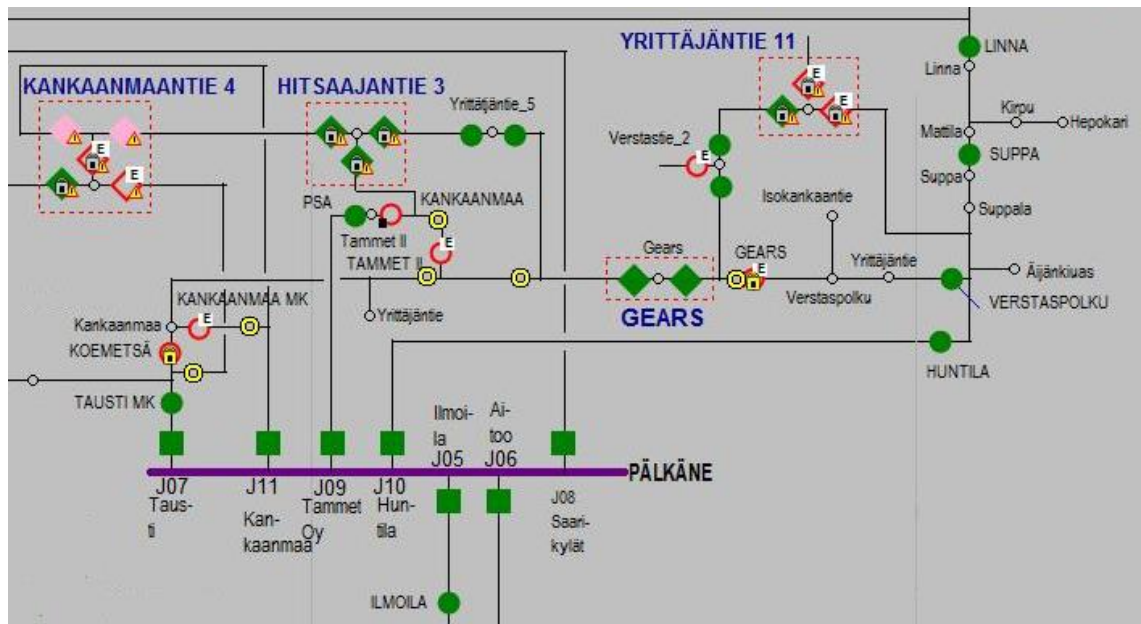
### 5.3 Netcon 3000 SCADA

Elenia käyttää Netcontrollin tarjoamaa Netcon 3000 SCADA-järjestelmää verkon kyt-  
kentätilan ja sähkönjakeluautomaation hallintaan ja valvontaan. SCADAan on do-  
kumentoitu kaikki Elenian jakeluverkon sähköasemat, erottimet, verkkokatkaisijat sekä  
verkkotopologia. Sen kautta tehdään kaikkien Elenian verkkoalueella olevien etäohjat-  
tavien komponenttien hallinta ja valvonta. Tuotantokäytössä oleva järjestelmä (SCADA  
A) on varmennettu toisella kokoonpanoltaan identtisellä järjestelmällä (SCADA B). Ne  
ovat maantieteellisesti hajautettuja, jolloin esimerkiksi tulipalo tai sähkönsyöttöhäiriö ei



normaalitilanteessa kohdistu molempiin järjestelmiin yhtä aikaa. (Netcon 3000 Manual 2013). Normaalitilanteessa SCADA A:ta käytetään aina masterina ja SCADA B on sen rinnalla varmennuksena. Kaikki tietokantojen päivitykset, lisäykset ja muutostyöt tehdään SCADA B:lle, jolloin vältetään järjestelmähäiriöitä. Tietokantojen päivitysten jälkeen tehdään SCADOjen ylläpito, missä SCADA B:lle tehdyt muutokset kopioidaan SCADA A:lle. Tämän jälkeen kaikki tehdyt muutokset tulevat tuotantokäyttöön.

Kuvassa 24 on esitetty SCADAssa näkyvää verkkotopologiaa. Kuvasta voidaan havaita Pälkäneen sähköasema katkaisijoinen, kaukokäyttö- ja manuaalierottimia sekä muuntamoita. Eri komponentit on dokumentoitu omilla symboleilla, joista on nähtävissä myös kyseisen erottimen tai katkaisijan tila. Keltaisilla katkopaikoilla hallitaan kytkentätilannetta rakenteilla olevan ja purettavan verkon tapauksissa.

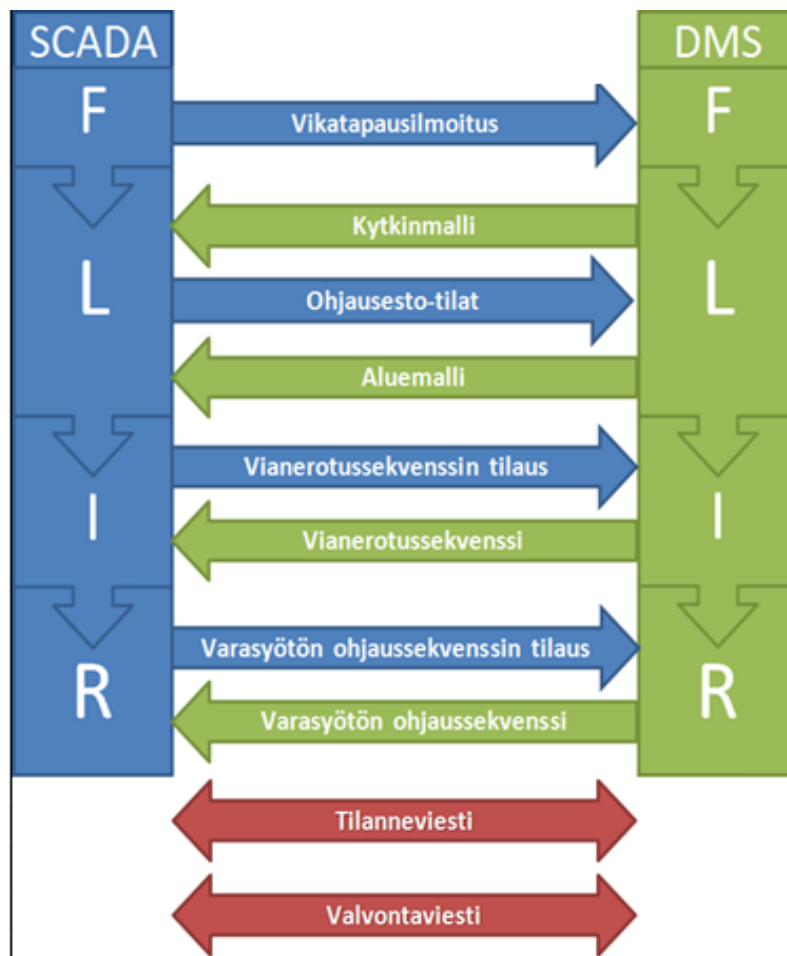


Kuva 24. SCADAssa näkyvää verkkotopologiaa

## 5.4 FLIR

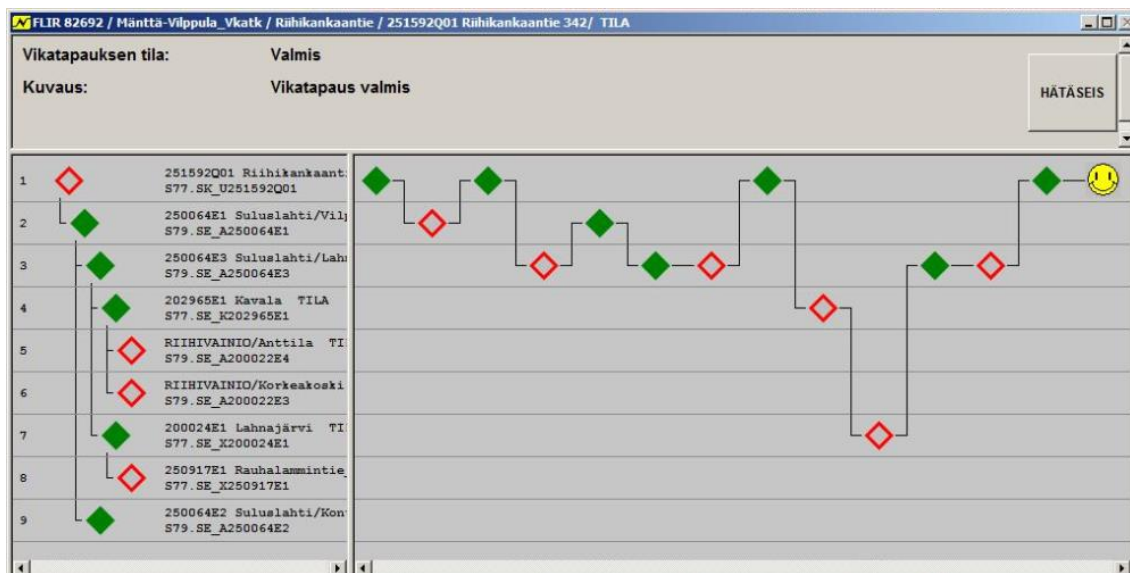
Tässä luvussa kerrotaan automaattisen vianraajaan eli FLIRin toiminnoista, joiden kanssa käytönvalvontatehtäviä tekevät joutuvat tekemisiin. FLIR toimii osana käytönvalvontaa ja käytöntukea, eli osana SCADA- ja DMS-järjestelmiä. FLIR on yksi Netcon 3000 käytönvalvontaohjelman järjestelmistä. (FLIR käyttäjän opas 2011).

FLIR havaitsee vian, jos katkaisija laukeaa jostain muusta syystä kuin käyttäjän tekemästä ohjauksesta. Viasta FLIR muodostaa vikatapauksen ja varaa vian vaikutusalueella olevat kytkinlaitteet käyttöön. Vikatapausta FLIR käsittelee automaattisin sekvenssein, jotka se saa käytöntukijärjestelmältä. Havaitulle vialle suoritetaan ensimmäisenä vianrajaus eli erotussekvenssi. Erotussekvenssissä vika-alue rajataan portaittain mahdollisimman pieneksi. Tämän jälkeen palautussekvenssi palauttaa jännitteen varasyötöistä rajaerottimien kautta erotetun verkko-osan ympärille. Tässä vaiheessa FLIR on tehnyt kaiken mihin automatiikalla vianhoidossa pystytään, ja käytönvalvoja jatkaa vianhoitoa. Kuvassa 25 nähdään FLIRin onnistuneesti suorittama erotussekvenssi.



Kuva 25. FLIRin toiminnan periaatekuva (Elenia, sisäinen materiaali 2014)

Jos FLIRin varaamien kytkinlaitteiden tiloja mennään käyttäjän toimesta muuttamaan kesken erotussekvenssin, sen toiminta keskeytyy ja käytönvalvojan on jatkettava vian rajaamista manuaalisesti. Jos kytkinlaitteiden tilat ennen erotussekvenssin alkua ovat esimerkiksi vanhamerkittyjä tai manuaalitulassa, FLIR jättää ne huomiotta.



Kuva 26. FLIRin erotussekvenssi kaavio, missä vianrajaus on suoritettu onnistuneesti

## 5.5 Keskitetyt etähallintapalvelimet

Vikaindikaattorien valvontaan ja joustavaan hallintaan vaaditaan keskitetty etähallintapalvelin kunkin valmistajan laitteille. Kun indikaattorit otetaan suurella volyymilla tuotantokäyttöön, niiden päivittäminen yksitellen tulisi olemaan aikaa vievää. Keskitetyn hallinnan kautta täytyykin pystyä tekemään laitteiden ohjelmisto- ja konfigurointipäivitykset massana kaikille indikaattoreille kerralla. Tässä luvussa esitellään keskitetyn hallinnan-työkalut valmistajittain. Kenelläkään pilotissa mukana olevista valmistajista ei keskitettyä hallintaa massoille vielä ole, mutta kehitys on menossa valmistajien osalta parempaan suuntaan.

### 5.5.1 Viola Patrol

Viola Patrol on Violan tarjoama etähallintapalvelin. Sillä voidaan tarkastella siihen kytettyjen ACOjen laitekohtaisia tietoja kuten IMEI-numeroa, puhelinnumeroa ja VPN-osoitetta. Patrollin kautta voidaan tarkastella myös laitteiden historiatietoja kuten kentän voimakkuutta tai ohjauksia tietyinä ajanjaksona. Patrol on kytkettävä kaukokäyttölaitteiden käyttöönoton yhteydessä erikseen päälle laitekohtaisesti. Patrol on valmiiksi asennettuna Violan M2M gatewayhin. (Viola Patrol 2015). Kuvassa 27 on esitetty kuva

Viola Patrollin etähallintapalvelimelta. Kuvassa nähdään myös pieni osa ABB:n tehdas-  
testeissä käytetystä ACO:n ja RIO:n konfiguraatiosta.

The screenshot displays the Viola Systems management interface. On the left is a navigation menu with options: System, Network, VPN, Firewall, Services, Serial Port and I/O, Serial Port Configuration, Serial Gateway (RS2), RTU, and Tools. A '[ show all ]' link is also present. The main content area is titled 'Serial Port and I/O:RTU' and includes a note: 'Stored changes will take effect after a [reboot](#).' Below this, it states 'Configuration Profile: aco-fpi stored'. The 'RTU configuration' section is expanded to show 'Basic Information', where 'Enabled' is set to 'Yes'. The 'RTU Config' section contains a text area with the following configuration text:

```
#####
#####
#
#   RTU CONFIGURATION FILE
#   Description:   configuration for ACO3 (A) + RIO FAT
#
#####
#####
#
#               PHYSICAL I/O
#
#####
#####
#
#   physical inputs
#
[PHYSICAL_DI]
query_interval_ms = 200
invalid_timeout_ms = 2000
reply_timeout_ms = 500
reply_retries = 2
debounce_filter_ms = 100
[PHYSICAL_AI]
query_interval_ms = 500
invalid_timeout_ms = 5000
reply_timeout_ms = 500
reply_retries = ?
```

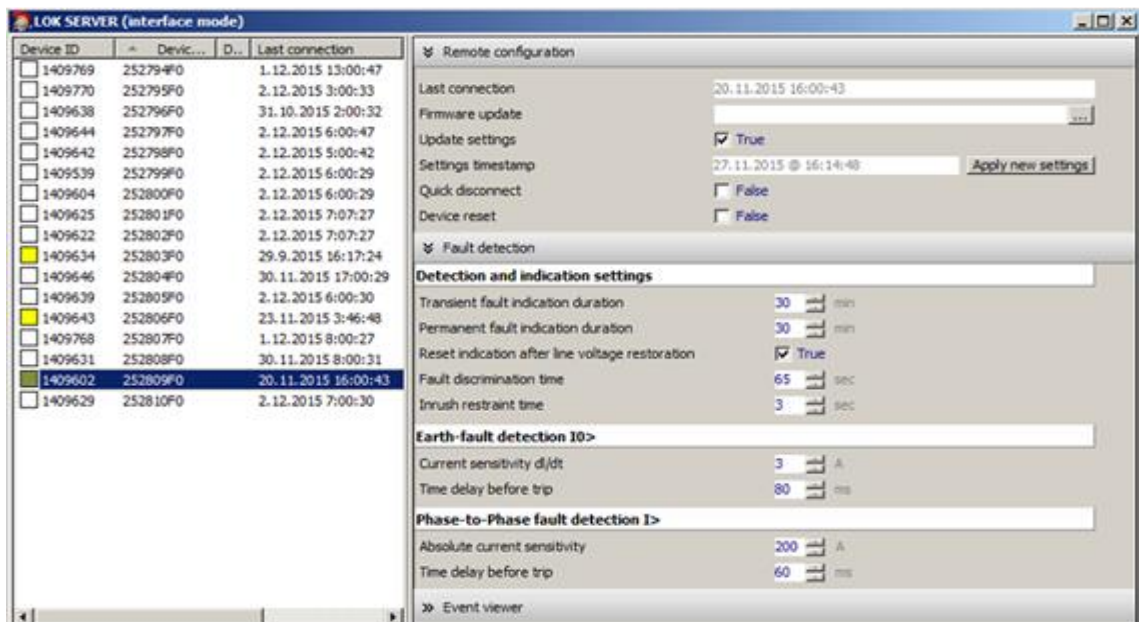
Kuva 27. Viola Patrol etähallintapalvelin

## 5.5.2 Netcon Application Manager

Netcontrol kehittää tällä hetkellä Netcon Application Manageria, joka on Netconien keskitetty etähallintajärjestelmä. Ensimmäinen prototyyppi versiosta on toimitettu Elenialle, mutta sitä ei ole vielä otettu käyttöön. Application Manageri valvoo kaikkien siihen liitettyjen Netconien ohjelmistoversioita ja konfigurointitiedostoja. Etäpäivitykset ja konfigurointimuutokset voidaan tehdä etähallinnan kautta yksittäiselle, usealle tai kaikille Netconeille kerralla. Application Managerissa laitteet voidaan jakaa selkeyttämisen vuoksi haluttuihin ryhmiin esimerkiksi konfiguraatioiden perusteella. (Netcon 100 Brochure 2015).

### 5.5.3 LOK Server

LOK Server on Sipronikan LOK200 indikaattorien etähallintapalvelin, jonka kautta tehdään konfiguraatio- ja ohjelmistopäivitykset, sekä tarkastellaan indikaattorien mittaus- ja tietoliikennehistoriatietoja. Sen kautta nähdään myös kaikki indikaattorien havaitsemat viat indikaattorikohtaisesti. Sipronikalla ei vielä ole keskitettyyn hallintaan tarkoitettua ohjelmaa, joten kaikki laitteiden konfiguroinnit ja päivitykset on tehtävä yksittellen LOK Serverin kautta. Kuvassa 28 nähdään LOK Server. Kuvan vasemmassa reunassa nähdään kaikki siihen yhdistettyjen laitteiden sarjanumerot, Elenialla käytetty laitetunnus sekä viimeisin yhteysaika.



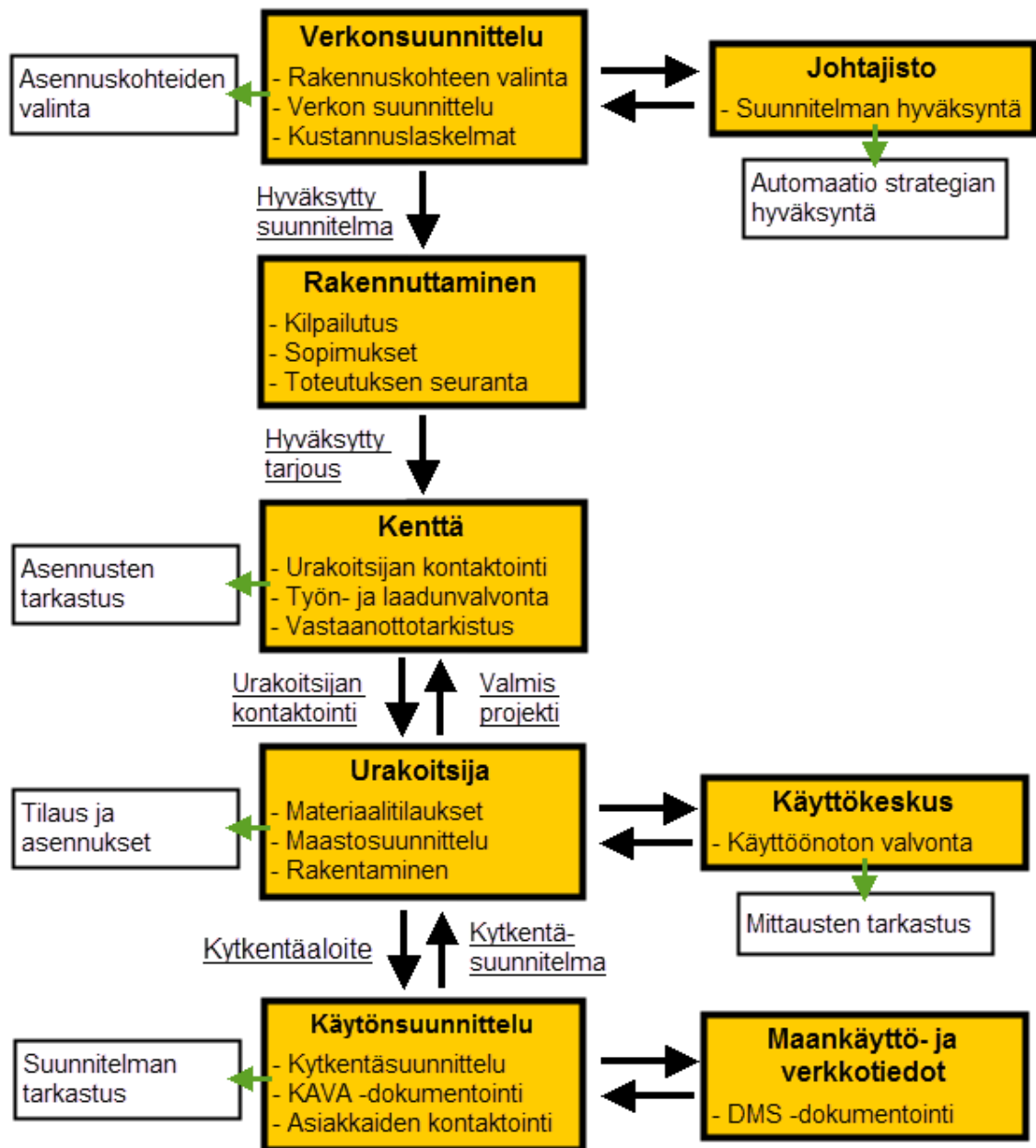
Kuva 28. LOK200 vikaindikaattorien etähallinta ohjelma

## 6 KAUKOKÄYTTÖ- JA RAKENNUSPROSESSI

Tässä luvussa käydään läpi Elenian uuden verkon rakennusprosessia ja eri yksiköiden tehtäviä siinä sekä kaukokäyttöprosessia. Kaukokäyttöprosessiin kuuluu kaukokäytöllä varustetun muuntamon suunnittelu kriittiseen paikkaan jakeluverkkoa, SCADA tietokantojen tekemisen sekä yhteyksien ja kaukokäyttöerottimien koestamisen käyttöönotto vaiheessa. Luvussa kerrotaan vikaindikaattorien tuomista muutoksista kaukokäyttömuuntamoihin asennuksen ja käyttöönoton kannalta.

Vuonna 2009 Elenia on siirtynyt rakentamaan pelkkää maakaapeliverkkoa parantaakseen asiakkaitten sähkönlaatua ja -toimitusvarmuutta. Samoista syistä jakeluverkkoon rakennetaan kaukokäyttöisiä erottimia, joilla myrskyissä tai muissa vikatilanteissa nopeutetaan vian rajaamista ja sähköjen palauttamista asiakkaille. Nyt pilotoitavat indikaattorit nopeuttavat vianrajausprosessia entisestään. Vuodessa Elenian verkkoon rakennetaan noin tuhat uutta kuormaerottimilla varustettua puistomuuntamoja ja niistä noin 20 prosenttia on kaukokäytettäviä. (Elenia, sisäinen materiaali 2015).

Elenian yhteistyökumppaneiden ja materiaalien hankinta kuuluu materiaali- ja logistiikkatiimille. Yhteistyökumppaneiden kanssa halutaan monivuotisia ja jatkuvia kumppanuuksia. Heidän kanssaan toimintaa kehitetään aktiivisesti kaikkien osapuolten osalta tehokkaammaksi. Kehityskohteita on kumppaneiden kanssa noin kolme vuosittain. Ura-koitsijoiden ja muiden yhteistyökumppaneiden kilpailutus kuuluu myös materiaali- ja logistiikkatiimille. (Kalliorinne 2015).



Kuva 29. Periaatekuva rakennusprosessin vaiheista ja vikaindikaattoreihin liittyvistä tehtävistä yksiköittäin

## 6.1 Verkon suunnittelu

Keskijänniteverkon kaikki komponentit kuten muuntamot, erottimet, kaapelit, kaapelipäätteet ja -jatkot tehdään suunnitelmalle omilla piirrosmerkeillä eli otuksilla. Suunnittelija määrittää saatavilla olevia tietoja käyttäen mm. kaapelireitit ja kaapelin poikkipinta-alan valmiiksi. Suunnitelmalle merkitään myös mahdollisesti betonoitava kaapeli tai louhittava kallio. NISIin on viety kaikkien keskijänniteverkon komponenttien ja kaapeliasennusten hintatiedot. Myös urakoitsijoiden keskimääräinen tuntiveloitus on määritel-

ty NISIin. Näiden tietojen avulla pyritään määrittämään mahdollisimman tarkasti kaikki rakennuskustannukset. Valmis keskijänniteverkon suunnitelma lähetetään johtajiston hyväksyttäväksi. Kun suunnitelma saa hyväksynnän, siihen suunnitellaan verkon suunnittelun toimesta myös pienjänniteverkko. Kun suunnitelma toimitetaan urakoitsijalle maastosuunniteluun, verkon suunnittelijan ei tarvitse enää käsitellä sitä. (Verkon suunnittelija A 2015).

Kaukokäytettävien erottimien sijoittelussa käytetään verkon suunnittelua varten tehtyä ohjetta. Sen mukaan kaapeliverkkoon rakennettavat kaukokäytöt rakennetaan verkon solmupisteisiin huomioiden eri kytkentätilanteiden joustava käyttötoiminta ja verkon tavoitetila. Näiden ehtojen lisäksi huomioidaan myös yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittiset tai tärkeät kohteet kuten voimalaitokset ja suuret yritykset. Haja-asutusalueille kaukokäytöt suunnitellaan kymmenen kilometrin välein tai joka toiselle erottimilla varustetulle muuntamolle. (Elenia, sisäinen materiaali 2015).

Edellä mainittujen korvausinvestointien yhteydessä osa johtolähdöstä jää vielä ilmajohtoverkoksi. Tällaisissa tilanteissa ilmajohtoverkkoon menevä syöttökaapeli varustetaan erottimella. Näissä tilanteissa huomioidaan ilmajohtohaaran vikaherkkyys. Vikalittiiseen haaraan asennetaan kaukokäyttöerotin. (Elenia, sisäinen materiaali 2015).

Kaukokäyttömuuntamoiden valinta tapahtuu Elenian verkon suunnittelun toimesta. Rakennuskohteissa käytetään pääsääntöisesti ABB:n valmistamia keskijänniteverkon muuntamoita, mutta myös KL:n tarjoamia 160 kVA:n muuntajalle tarkoitettuja muuntamoita. Harjun 1000 kVA:n muuntamoita käytetään liittymäkohteissa. Elenia on sopinut muuntamotoimittajien kanssa vuositoimitusmääristä eli volyyymeista. Sovittujen volyyymien ei ole pakko täytyä, mutta ne kuitenkin pyritään täyttämään. Taulukossa 7 on esitetty volyymit eri muuntamovalmistajien välillä. (Elenia, sisäinen materiaali 2015).

**Taulukko 7. Muuntamovalmistajien volyymit**

Valmistaja	Volyymi
ABB	70–80 %
Harju/Satmatic	10 %
KL Industri	10–20 %

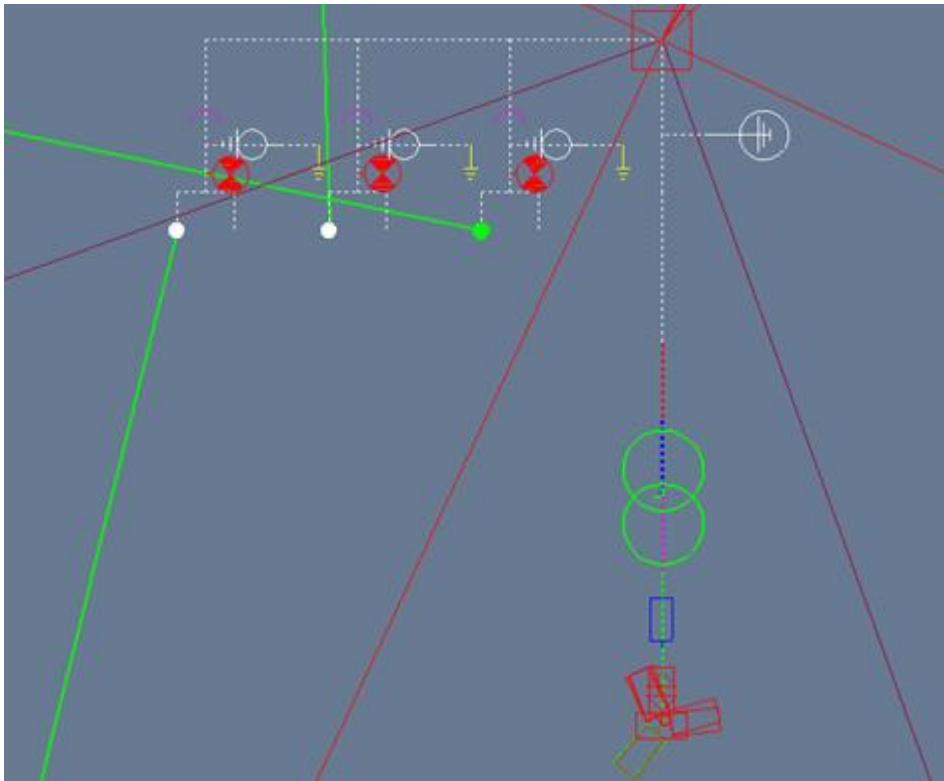


Verkon suunnittelija täyttää suunnitteluvaiheessa dokumentoitavat tiedot NISiin kuvassa 30 näkyvään komponenttikohtaiseen ikkunaan. Ikkunan kautta on nähtävissä kohteen sijaintitiedot sekä kunnossapitoon ja huoltoon liittyvät tiedot kuten komponenttien valmistaja ja malli. Urakoitsija päivittää maastosuunnittelun ja työn edetessä suunnitelmalta mm. komponenttien tarkat sijaintitiedot sekä kaapelireitit ja -pituudet. Käyttöönotto vaiheessa urakoitsija lisää käyttöönottopäivämäärän kaikille käyttöönotettaville komponenteille. Tämän jälkeen käytönsuunnittelussa suunnitelmalta tarkistetaan komponenttien käyttöönottopäiväykset ja mm. erottimien suunnat. Tämän jälkeen lähetetään dokumentointipyyntö Maankäyttö- ja Verkkotiedot tiimille, jossa suunnitelman osittainen dokumentointi DMS:ään tehdään.

Liitteet	Huomautus	Kunnossapitotiedot	Mittauseriä
Yleistiedot	Tekniset tiedot	Sijainti	Vapaat attribuutit -lista +
Tunnus	157486EF1	Alue	Pätkäne
Käyttöönottopäiväys	13.10.2015	Omistaja	Elenia
Osoite	Hitsaajantie 3	Valmistaja	ABB
		Valmistajan tyyppi	RIO 600

Kuva 30. Kaikista komponenteista dokumentoitava tieto löytyy NISistä ja DMS:stä kuvan kaltaisesta ikkunasta

Kuvassa 31 on esitetty NIS-verkkotietojärjestelmään suunniteltu muuntamo. Siitä on nähtävissä muuntamon kiskosto, kojeisto, kuorma- ja maadoituserottimet, muuntaja, keskijännitekaapelilähdöt, pienjännitekytkimet sekä vikaindikaattorit. Vikaindikaattorit on nähtävissä jokaisessa johtolähdössä pyöreinä punaisina otuksina.



Kuva 31. NIS-verkkotietojärjestelmään luotu vikaindikaattorimuuntamo

## 6.2 Kenttä

Projektivastaavat vastaavat isoista rakennuskohteista, joita on noin 100 kappaletta vuodessa. Näillä työmailla projektivastaava käy työmaan aikana tarkastamassa teknistä asiota siltä osin kuin on sillä hetkellä mahdollista. Jos jo tässä vaiheessa havaitaan puutteita esimerkiksi kaapelien asennus syvyyksissä, on syytä epäillä, että puutteita voi olla myös muualla. Samalla käynnillä tarkastetaan turvallisuuteen liittyvät asiat kuten urakoitsijan turvavälineiden käyttö ja kaapelikaivantojen riittävä suojaus. Joskus myös käytetään kolmatta osapuolta tarkastamaan maakaapeleiden syvyyksiä. Pienempiä liittymätöitä tehdään vuosittain yli kaksituhatta kappaletta. (Laakso 2015).

Isoille sekä osalle pienemmistä rakennuskohteista tehdään projektin luovutusvaiheessa vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastus on perusteellinen tarkastus, jossa tarkistetaan mm. dokumentointi, merkinnät ja asennukset. Kaukokäyttöistä vastaanottotarkastuksessa tarkistetaan, että kaukokäyttökoestukset on tehty hyväksytysti. Tässä yhteydessä tulee tarkistaa myös vikaindikaattorien oikea asennus Netconin virtasensorien osalta. Kaukokäyttöjen kokonaisvaltaiseen tarkastukseen tarvitsee luoda ohjeistus, josta selviää kaikki urakoitsijan ja vastaanottotarkastusta tekevän projektivastaavan tarvitsemat tiedot.

Kaikkineen eri rakennuskohteille tehdään vuosittain noin tuhat Elenian tilaajien tekemää ja noin sata sopimuskumppanin tekemää tarkastusta. Tilaajat tekevät tarkastuksista laaturaportin, johon sisältyy mm. työn tekninen ja toiminnallinen laatu sekä aikataulun noudattaminen. (Siniranta 2015).

### **6.3 Rakennuttaminen**

Rakennuttamisen tehtäviin kuuluu tuoteympäristön ja sähköisten rajapintojen ylläpitäminen. Tuoteympäristöön määritetään kaikille tuotteille yksikköhinta, jonka mukaan urakoitsijat laskuttavat Eleniaa tehdystä työstä. Yksikköhinta sisältää laitteen asennus-, huolto- ja kunnossapitotyöt. Sähköisillä rajapinnoilla tarkoitetaan eri järjestelmien välillä tapahtuvaa liikennöintiä. Sähköisten rajapintojen kautta kulkee mm. Elenian tilaukset, laskutus ja projektien seuranta. Sähköisiä rajapintoja käyttämällä reaaliaikainen tieto on kaikkien osapuolten saatavilla. (Mäkiranta 2015).

Jos ilmajohtoverkon vikaindikaattoreita aletaan asentaa suurella volyymilla, on sille luotava tuoteympäristöön tuoteyksikkö indikaattorin asennusta, kunnossapitoa ja huoltoa varten. Maakaapeliverkon vikaindikaattorien asennuksille ei tarvita omaa tuoteyksikköä, jos niiden asennukset pystytään tekemään kokonaisuudessaan tehtaalla. Tehdasasenteisten vikaindikaattorien käyttöönotot pystytään sisällyttämään kaukokäyttöyksikköön, mutta niiden kunnossapitoa ja huoltoa varten on luotava omat tuoteyksiköt. Tuoteyksiköistä sopiminen olisi hyvä tehdä ennen uuden sopimuskauden alkua, koska niistä sopiminen sopimuskauden aikana on työlästä ja aikaa vievää. (Mäkiranta 2015).

### **6.4 Urakoitsijat**

Elenian verkkoalue on jaettu kuuteen raamiurakointialueeseen ja 21 urakointialueeseen. Raamiurakoitsijat tekevät raamialueellaan olevat Säävarman verkon rakennustyöt, kunnes heidän volyyminsa on täyttynyt. Volyymin yli menevä osuus on vapaasti kilpailutettavissa muiden urakoitsijoiden kesken. Urakointialueittain jaettujen alueurakoitsijoiden töihin kuuluvat verkon huolto- ja kunnossapitotyöt. Erinäiset liittymätyöt kuuluvat myös alueurakoitsijoille. Näiden lisäksi alueurakoitsijoiden on mahdollista osallistua vapaiden töiden kilpailutukseen. (Verkonsuunnittelija B 2015).


Maakaapeliverkon vikaindikaattorien ja kaukokäyttöjen asennuksissa urakoitsijan on asennettava muuntamolle tietoliikenneantenni sekä Netconin tapauksissa virtasensorit. Sensorien asennuksen yhteydessä on tarkistettava, että sensorien johdotukset on tehty merkintöjen mukaisesti. Virtasensorien asennusohje nähdään liitteestä 2. Lisäksi kaukokäytön käyttöönotosta on tehtävä erikseen ilmoitus käytönsuunnitteluun liitteen 3 mukaisesti. Ilmajohtoverkon indikaattoreille valittiin asennuskohteet DMS:ään dokumentoidun verkon perusteella pilottiryhmän toimesta. Urakoitsijan tarvitsee kuitenkin ennen asennusta varmistaa, että asennuskohde täyttää asennusohjeessa määritetyt kriteerit. Ilmajohtoverkon indikaattorien asennusohje on liitteessä 1. Asennuksen yhteydessä tehdään myös ilmajohtoverkon indikaattorien käyttöönotto.

## 7 KÄYTTÖÖNOTTO

Kaukokäyttömuuntamoita asennetaan Elenian verkkoon vuosittain noin 200 kappaletta. Pääsääntöisesti yhdellä kaukokäyttömuuntamolla on kaksi tai kolme kaukokäyttöerotinta, mutta erikoiskohteissa niitä voi olla jopa kuusi. Tässä luvussa perehdytään kaukokäyttömuuntamoiden käyttöönottoon siihen liittyvien osapuolten kannalta. Käyttöönottoon kuuluvat vaiheet on esitetty työjärjestyksen kannalta loogisessa järjestyksessä.

### 7.1 Toimenpiteet käytönsuunnittelussa

Kun kaukokäyttöerottimilla varustettu muuntaja on kytketty verkkoon, urakoitsijan on pyydettävä kaukokäyttöjen käyttöönottoa eli koestusta. Tätä varten he lähettävät käytönsuunnitteluun sitä varten luotuun sähköpostiosoitteeseen kuvassa 32 näkyvän käyttöönottoilmoituksen. Sama ilmoitus lähetetään myös tietoliikennepalveluntarjoajalle, joka määrittää tietoliikennelaitteen DEC-numeron ja IP-osoitteen sekä konfiguroi ne. Konfiguroinnin jälkeen palveluntarjoaja koestaa laitteen tietoliikenteen. Tämän lisäksi urakoitsijan on tehtävä kytkentäaloite DMS:n kautta. Käyttöönottoilmoituksen on tultava vähintään viisi arkipäivää ennen muuntamon käyttöönottoa. Käyttöönottoilmoitukseen urakoitsija täyttää koestettavan muuntamon tunnuksen, osoitteen, nimen ja operatiivisen alueen. Tarvittavat erotinkohtaiset tiedot ovat niiden suunnat.

 <b>ELENIA</b>		Esitiedot
<b>Urakoitsija täyttää</b>		
Kohteen tunnus		157486
Kohteen nimi		Hitsaajantie 3
Kohteen rakenne (sähköasema, puistomuuntamo, verkkokatkaisija, pylväserotin tai muu)		Puistomuuntamo
Erottimien / katkaisijoiden määrä		3
Katuosoite		Hitsaajantie 3
Kunta		Pälkäne
Urakointialue		UA46
Operatiivinen alue		Häme
Erottimen 1 suunta		HITSAAJANTIE 3 / KANKAANMAANTIE_4
Erottimen 2 suunta		HITSAAJANTIE 3 / YRITTÄJÄNTIE 5
Erottimen 3 suunta		HITSAAJANTIE 3 / TAMMET II
Erottimen 4 suunta		
Erottimen 5 suunta		
Topologinen sijainti (missä erotin sijaitsee kytkennällisesti / 6-suunnitelman tunnus)		6KJPALTAUSTI2
Pääkaavio erotinasemasta/asemista, liite tarvittaessa		
<b>Tietoliikenne</b>		
DEC numero		
IP osoite		

Kuva 32. Urakoitsijan täyttämä kaukokäyttöjen käyttöönotto ilmoitus

Käyttönotoilmoituksessa esiintyvillä tiedoilla käytösuunnitteliija tai järjestelmävas-  
taava pystyy tekemään tietokannat KAVAAn, eikä tietoja tarvitse erikseen etsiä mistään.  
Tietokantojen tekoa varten on ohjelmoitu Excel-pohjainen makro, mihin täytetään käyt-  
tönotoilmoitukselta saatavat muuntamo- ja erotintiedot sekä tietoliikennepalveluntar-  
joajan määrittämä DEC-numero ja IP-osoite. Makro-työkalu tekee näistä automaattisesti  
Excel-tiedoston, joka tallennetaan CSV-tiedostomuodossa. Tämä tiedosto voidaan tuoda  
suoraan KAVAAn Data Base Managerilla. Käsi- ja kaukokäyttö muuntamoille on määri-  
tetty omat SCADat, joihin erotinkohtaiset tietokannat luodaan. Makro -työkalu tekee  
myös laitekohtaisen tietoliikenne konfiguraation, joka tallennetaan Tera Termillä ennal-  
ta määritetyille NFE:lle.

Tunnus	Asemanimi	AA		Erotin 1		Erotin 2		Erotin 3		CA	Dec	NFE	Ch	Kunta	Alue	IP-osoite
		A/B	E	Suunta	E	Suunta	E	Suunta								
157486	HITSAAJANTIE 3 A		E1	KANKAANMAANTIE 4 E2		YRITTÄJÄNTIE 5 E3	TAMMET II							Pälkäne Häme		

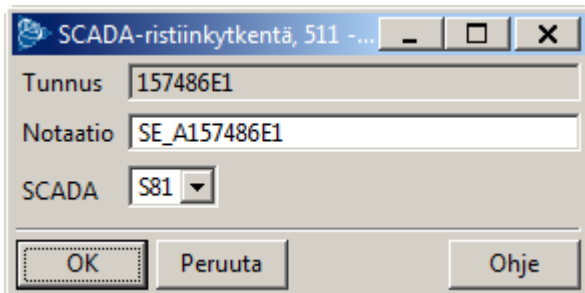
Kuva 33. Excelin makro-työkalua varten täytettävät kaukokäyttömuuntamon tiedot osittain täytettynä

	Tag Name	Type	Description	Scan	I/O	Curr
1	SE_A157486_STA	NGP	157486 Hitsaajantie 3 asemalohko	----	----	????
2	SE_A157486_BAT_U	MAX	157486 Hitsaajantie 3 latausjännite	10	NFE	28,7
3	SE_A157486_BAT_I	MAX	157486 Hitsaajantie 3 latausvirta	10	NFE	0,00
4	SE_A157486_TEMP	MAX	157486 Hitsaajantie 3 lämpötila	10	NFE	16
5	SE_A157486_BAT_TEST_I	MAX	157486 Hitsaajantie 3 akkustestin virta	10	NFE	0,00
6	SE_A157486_BAT_TEST_C	MAX	157486 Hitsaajantie 3 akuston kapasiteet	10	NFE	0,00
7	SE_A157486_LL_AC	MAX	157486A Hitsaajantie 3 jumisuojan energi	10	NFE	0,0
8	SE_A157486_LL_AT	MAX	157486A Hitsaajantie 3 jumisuojan toim.a	10	NFE	0,00
9	SE_A157486_IEC104	MAX	157486A Hitsaajantie 3 IEC104-yhteys	10	NFE	0
10	SE_A157486E1_TIME	MAX	157486E1 Hitsaajantie 3/Kankaanmaantie 4	10	NFE	0,00
11	SE_A157486E1_CHARGE	MAX	157486E1 Hitsaajantie 3/Kankaanmaantie 4	10	NFE	0,0
12	SE_A157486E1_IMAX	MAX	157486E1 Hitsaajantie 3/Kankaanmaantie 4	10	NFE	0,0
13	SE_A157486E1_UMIN	MAX	157486E1 Hitsaajantie 3/Kankaanmaantie 4	10	NFE	0,0
14	SE_A157486E2_TIME	MAX	157486E2 Hitsaajantie 3/Yrittäjöntie 5 1	10	NFE	0,00
15	SE_A157486E2_CHARGE	MAX	157486E2 Hitsaajantie 3/Yrittäjöntie 5 e	10	NFE	0,0
16	SE_A157486E2_IMAX	MAX	157486E2 Hitsaajantie 3/Yrittäjöntie 5 I	10	NFE	0,0
17	SE_A157486E2_UMIN	MAX	157486E2 Hitsaajantie 3/Yrittäjöntie 5 U	10	NFE	0,0
18	SE_A157486E3_TIME	MAX	157486E3 Hitsaajantie 3/Tammet ii liikea	10	NFE	0,00
19	SE_A157486E3_CHARGE	MAX	157486E3 Hitsaajantie 3/Tammet ii energi	10	NFE	0,0
20	SE_A157486E3_IMAX	MAX	157486E3 Hitsaajantie 3/Tammet ii Imax	10	NFE	0,0
21	SE_A157486E3_UMIN	MAX	157486E3 Hitsaajantie 3/Tammet ii Umin	10	NFE	0,0
22	SE_A157486_BAT_RS	NDI	157486 Hitsaajantie 3 akku kytketty	1	NFE	OK
23	SE_A157486_BAT_LVA	NDI	157486 Hitsaajantie 3 akkujännite	1	NFE	OK
24	SE_A157486_AC_RS	NDI	157486 Hitsaajantie 3 laturin kytkentä	1	NFE	PÄÄLLÄ
25	SE_A157486_HEAT	NDI	157486 Hitsaajantie 3 lämmitys	1	NFE	POIS
26	SE_A157486_LL_TC	NDI	157486A Hitsaajantie 3 jumisuojan.toim.syy	1	NFE	-
27	SE_A157486_BAT_EXT_LOAD	NDI	157486 Hitsaajantie 3 24 UDC lähtö	1	NFE	OK
28	SE_A157486_DDP	NDI	157486 Hitsaajantie 3 syväpurkausuoja	1	NFE	-
29	SE_A157486_AC_S	NDI	157486 Hitsaajantie 3 230 V	1	NFE	OK
30	SE_A157486_COMM	NDI	157486A Hitsaajantie 3 yhteys	1	NFE	OK
31	SE_A157486_YHTHAL	NDI	157486A Hitsaajantie 3 yhteyshälytys	1	NCS	OK
32	SE_A157486E1_LR	NDI	157486E1 Hitsaajantie 3/Kankaanmaantie 4	1	NFE	PAIKAL
33	SE_A157486E2_LR	NDI	157486E2 Hitsaajantie 3/Yrittäjöntie 5 P	1	NFE	PAIKAL
34	SE_A157486E3_LR	NDI	157486E3 Hitsaajantie 3/Tammet ii P/K	1	NFE	PAIKAL
35	SE_A157486_GI	NIO	157486A Hitsaajantie 3 yleiskysely	1	NFE	0
36	SE_A157486_LL_S	NIO	157486A Hitsaajantie 3 jumisuoja	1	NFE	OK
37	SE_A157486_LINE	NIO	157486A Hitsaajantie 3 liikennöinti	1	NFE	PÄÄLLÄ
38	SE_A157486_BAT_TEST_S	NIO	157486A Hitsaajantie 3 akustotesti	1	NFE	UAPAA
39	SE_A157486E1	NIO	157486E1 Hitsaajantie 3/KankaanmaantieTILA	1	NFE	KIINNI
40	SE_A157486E2	NIO	157486E2 Hitsaajantie 3/YrittäjöntieTILA	1	NFE	KIINNI
41	SE_A157486E3	NIO	157486E3 Hitsaajantie 3/Tammet ii TILA	1	NFE	KIINNI
42	SE_A157486_RESET	NDO	157486A Hitsaajantie 3 reset OHJAUS	----	NFE	?????

Kuva 34. KAVAAn tuodut yhden kaukokäyttömuuntamon tietokannat

KAVAn verkkokuvaan piirretään rakenteilla oleva verkko etukäteen kokonaisuudessaan tai pienemmissä osissa verkon osittaisten käyttöönottojen yhteydessä. Kaukokäyttöerottimien tietokannat luodaan kaukokäyttöjen käyttöönottovaiheessa. Tämän takia kaukokäyttöerottimet piirretään aluksi käsin ohjattavien erottimien piirrosmerkeillä ja tietokannoilla. Kun kaukokäyttöjen tietokannat on tehty, käytönsuunnittelijat muuttavat käsikäyttöiset erottimet kaukokäyttöisiksi KAVAAan ja poistavat samalla käsikäyttöisten erottimien tietokannat kuormittamasta KAVAAa. Tässä vaiheessa on muutettava myös erotin piirrosmerkkien notaatiot vastaamaan uusia tietokantoja. Nämä toiminnot tehdään käytönsuunnittelijoiden toimesta yleensä samassa yhteydessä käyttöönottoa varten tehtävän kytkentäohjelman kanssa.

Kun tietokannat, KAVA-piirustukset ja notaatioiden muutokset on tehty, käytönsuunnittelijan on vielä muutettava sama notaatio DMS:n ristiviittaukseen. Ristiviittaukset tehdään jokaiseen muuntamon erottimeen erikseen. Samalla voidaan tehdä myös vikaindikaattorien ristiviittaukset. Koska vikaindikaattorin DMS -otus ei ole näkyvässä kuin vikatilanteessa, ristiviittaukset tehdessä on käytettävä DMS:n hakukenttää. Hakukenttään kirjoitetaan ristiviittattavan indikaattorin tunnus ja valitaan se. Kun tunnus on valittu, voidaan siirtyä ristiviittaus-ikkunaan. Kuvassa 35 nähdään DMS ristikytkentä-ikkuna, johon tässä vaiheessa lisätään erottimen notaatio sekä SCADA.



Kuva 35. DMS:n ristiviittausikkuna

## 7.2 Kaukokäyttöjen koestus

Kaukokäyttöerottimia koestettaessa urakoitsija on muuntamon luota yhteydessä käyttökeskuksen kanssa. Koestuksessa käytönvalvoja tarkistaa KAVAn erotinasemakuvaan tulevat mittaukset ja hälytykset. Kaukokäyttöerottimien oikea toiminta varmistetaan käyttökokeella. ABB:n muuntamoissa erottimet kiinni- ja aukiohjataan paikalliskäytöllä

ohjausnapeista tai Netconin tapauksissa HMI-paneelilta sekä kaukokäytöllä käyttökeskuksesta. Netconin mukana muuntamossa on HMI:n käyttöä varten tehty pikaohje. (Liite 4). Tässä vaiheessa tarkistetaan myös että erottimilta tulevat tilatiedot sekä paikallisia kaukokäyttötieto ovat oikein. Koestuksesta käytönvalvoja täyttää koestuspöytäkirjan. (Liite 5). Pöytäkirjaan merkitään siihen pyydettyt asiat sekä lopuksi määritetään onko käyttöönotto hyväksytty. Kuvassa 36 nähdään kaukokäyttömuuntamon asemakuvaluonnos, johon kaikki muuntamolta tarvittavat mittaukset, tilatiedot ja ohjaukset on tuotu.

**157486 HITSAAJANTIE 3**

**Tietoliikenne** Yleiskysely

Yhteys: OK  
 Liikennöinti: PÄÄLLÄ  
 IEC104 Valvonta: 7 846

**Muut** Reset

230 V: OK  
 Lataus: PÄÄLLÄ  
 Lämmitys: POIS  
 Lämpötila: 19 °C

**Jumisuoja**

Toimintavaraus: 0,0 As  
 Toiminta-aika: 0,00 s  
 Tila: OK  
 Toiminnan syy: -

**Akku**

Latausjännite: 28,4 V  
 Latausvirta: 0,00 A  
 Laturi: OK  
 Testivirta: 0,00 A  
 Kapasiteetti: 0,00 Ah  
 Testin tila: VAPAA

**E1 E2 E3**

E1  
 KAUKO

**Jännitemittaus**

UL12: 20,4 kV  
 UL23: 20,4 kV  
 UL31: 20,4 kV

**Virtamittaus**

IL1: 0 A  
 IL2: 0 A  
 IL3: 0 A

**Näennäisteho**

L1: 0 VA  
 L2: 0 VA  
 L3: 0 VA

**Pätöteho**

L1: 0 W  
 L2: 0 W  
 L3: 0 W

**Loisteho**

L1: 0 VAr  
 L2: 0 VAr  
 L3: 0 VAr

**Indikointi**

Vika havaittu: POIS  
 Oikosulku: POIS  
 Maasulku: POIS

FC IP:

Kuva 36. Vikaindikaattorimuuntamon asemakuvaluonnos



### 7.3 Vikaindikaattorit

Vikaindikaattorit otetaan käyttöön kaukokäytön käyttöönoton yhteydessä. Koestusvaiheessa käytönvalvojan on tarkistettava SCADAan tuotavista virran vaihekulmamittauksista, että sensorit on asennettu oikein päin ja oikeisiin kennoihin. Maastossa asennusvirheitä ei voi tapahtua kuin Netconin sensorien kanssa, koska ABB:n sensorit ovat integroituna kojeistoon. Koestuksessa saadut tulokset täytetään käyttöönottopöytäkirjaan pyydetyllä tavalla.

Ilmajohdoverkon indikaattorien asennus ja käyttöönotto tehdään samalla kertaa. Asennettaessa on tarkistettava, että kaikki asennusohjeessa (Liite 1) määritetyt ehdot täyttyvät. Asennuksen jälkeen urakoitsija on yhteydessä käyttökeskukseen, josta varmistetaan indikaattorin oikea asennus sekä tarkistetaan indikaattorien asemakuvaan tulevat tiedot kuten yhteys, linjajännite, GSM-signaalin voimakkuus ja akkujännite. Kuvassa 37 on ilmajohdoverkon indikaattorien SCADAssa näkyvä asemakuva. Tarkistetut tiedot kirjataan ilmajohdoverkon indikaattorien käyttöönottopöytäkirjaan (Liite 6).

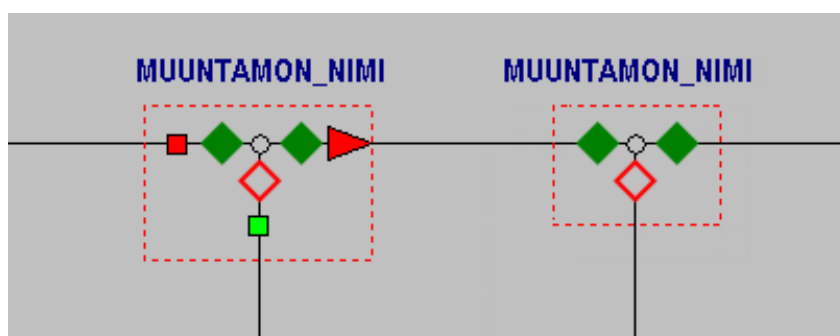


Kuva 37. Ilmajohdoverkon vikaindikaattorin asemakuva

## 7.4 Indikaattorien käyttö

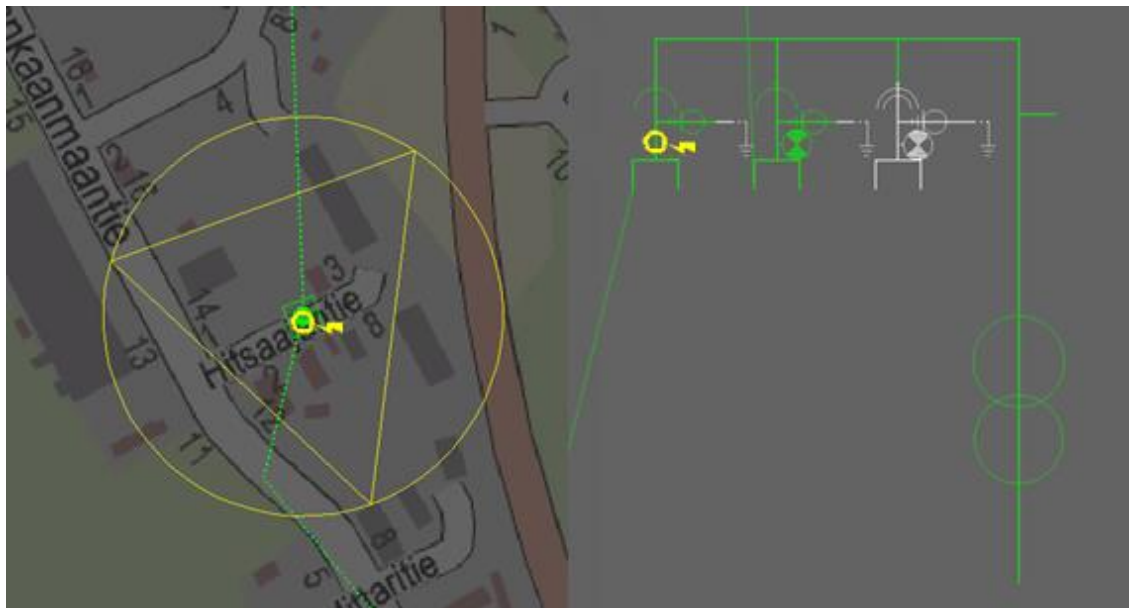
Vikaindikaattoreilla pyritään saavuttamaan mahdollisimman lyhyet sähköjakelukeskeytykset nopean vianrajauksen ja vianpaikannuksen kautta. Vikaindikaattoreilta saatavien vikatiетоjen perusteella käytönvalvojat pystyvät rajaamaan vika-alueen aikaisempaa nopeammin, jolloin sähkön toimitusvarmuus paranee ja asiakkaille ilmenevät sähkökatkot lyhenevät. Vikaindikaattorien avulla myös urakoitsijat pystytään ohjaamaan maastossa nopeammin oikealle paikalle ilman ylimääräistä vian etsintää. Vikaindikaattorien vikatiетоa tullaan käyttämään myös FLIRin kanssa, mutta vikatiөdon hyödyntäminen FLIRillä vaatii vielä kehitystyötä.

SCADAssa indikaattoreilla varustetut muuntamot erottuvat selkeästi tavallisista kaukokäyttömuuntamoista. Tällöin vian tapahtuessa nähdään havahtuneet indikaattorit sekä havahtumattomien indikaattorien sijainnit, jolloin vikapaikka voidaan rajata nopeasti näiden välille. Kuvassa 38 vasemmalla puolella oleva kaukokäyttömuuntamo on varustettu vikaindikaattoreilla ja oikealla puolella oleva on tavallinen kaukokäyttömuuntamo. Kaukokäyttöerottimien piirrosmerkki on kuvassa näkyvät suuret neliöt. Erottimen ollessa vihreänä, se on kiinni tilassa. Vikaindikaattorit on dokumentoitu pienemmillä neliöillä. Vihreä neliö indikoi kaapelissa olevan jännite päällä ja punainen neliö jännitteettömyyden. Punainen indikointinuoli indikoi oikosulusta sekä näyttää sen suunnan. Maasulun indikointi on toteutettu samalla tavalla, mutta keltaisella nuolella.



Kuva 38. Kaukokäyttömuuntamo vikaindikaattoreilla ja ilman vikaindikaattoreita

DMS:ään SCADAn kautta tuleva indikointi näkyy indikaattorikohtaisesti muuntamoilla, joihin indikaattorit on asennettu. Indikointi DMS:ssä tapahtuu kuvassa 39 näkyvällä otuksella. Käyttäjälle se kertoo vain havahtuneen indikaattorin. Vian laatu on tarkistettava SCADasta indikoivan muuntamon asemakuvasta.



Kuva 39. DMS -näkyvä kaukokäyttö muuntamosta, joka on varustettu vikaindikaattoreilla

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Vikaindikaattoripilotti oli siinä mukana olleille normaalien työtehtävien päälle tullut projekti, eikä siihen keritty keskittymään niin paljoa kuin olisi pitänyt. Tietoliikennelaitteiden konfigurointeja ei saatu vuoden 2015 aikana viimeistelyä tarvitulle tasolle. Tästä johtuen myös SCADAn päässä indikaattorien tietokannat sekä asemakuvan muokkaus siirtyivät, eikä maakaapeliverkon indikaattoreista vuoden 2015 aikana saatu mitään tietoja SCADAan asti. Vuoden 2015 aikana ei ennätetty saada riittäviä tuloksia vikaindikaattorien toiminnallisuudesta käytännössä, joten pilottihanketta päätettiin jatkaa samalla tavalla vuoden 2016 ajan.

Pilotissa vuoden 2016 alkuun mennessä saatujen tulosten perusteella kenenkään valmistajan ratkaisut eivät ole valmiita massa-asennuksiin. Laitteiden toimintavarmuus ei vielä ole tarvittavalla tasolla ja niiden asennuksissa ja käyttöönotoissa on ilmennyt lukuisia haasteita. Nykyisen kaltaiset haasteet aiheuttavat erilaisia piilokustannuksia ja nykyisellään elinkaarikustannukset on todettu kasvavan niin korkeiksi, että niistä saatava hyöty katoaa. Vikaindikointilaitteistojen ominaisuuksissa sekä ohjelmistoissa on vielä kehitettävää, jotta ne saadaan vastaamaan Elenian tarpeita. Ongelmia aiheuttavat asiat on tiedostettu, ja niiden mukaan pilotissa mukana olleet valmistajat jatkavat laitteiden kehitystyötä.

### 8.1 Havainnot

Vikaindikaattoripilotin aikana havaittiin kaikkien toimittajien vikaindikaattoreissa puutteita toiminnallisuuksissa ja ominaisuuksissa. Pilotin aikana niistä osa on korjattu yhteistyössä laitetoimittajien kanssa, mutta kaikissa laitteissa on vielä kehitettävää. Elenian sisäiseen käyttöön on tehty toimenpidelistä, mihin on listattu pilotin aikana havaittuja teknisiä puutteita sekä korjattavia tai kehitettäviä asioita. Tässä kappaleessa käydään korjattavia tai huomioitavia asioita läpi toimijakohtaisesti.

### 8.1.1 Elenia

#### **Kaukokäyttömuuntamoiden käyttöönotto ja koestus**

Vikaindikoinnin ja kaukokäytön ohjetta määrittäessä huomattiin nykyisessä kaukokäytön käyttöönotto- ja koestusohjeessa olevan puutteita. Ohjeistuksiin on myös lisättävä vikaindikaattorien takia tulevat muutokset urakoitsijoiden toiminnan selkeyttämiseksi eri tilanteissa.

Nykyisen toimintatavan mukaan kaukokäyttömuuntamoiden käyttöönotto tapahtuu kaksivaiheisesti. Muuntamo otetaan ensimmäisessä vaiheessa normaaliin käyttöön ja toisessa vaiheessa tehdään kaukokäyttöjen koestukset. Kaukokäyttöerottimia ei pystytä käyttämään muuta kuin paikallisesti ennen niiden koestusta ja oikean toiminnan varmistamista. Ennen kaukokäytön koestusta saatetaan kääntää PJ-asiakkaita uuden muuntamon perään ja jos verkkoa ei saada rengassyötettyä mistään, asiakkaille aiheutuu koestuksista muutama lyhyt katko tilanteesta riippuen. Tällaisissa tilanteissa koestusta monesti siirretään, kunnes rengassyöttö on mahdollista. Suuremmissa rakennuskohteissa tämä saattaa kestää jopa muutaman kuukauden, ennen kuin kaukokäyttöjä saadaan normaaliin käyttöön. Lisäksi tällainen toimintatapa kuormittaa loppuvuodesta jo valmiiksi kiireisiä käytönsuunnittelijoita ja käytönvalvoja. (Viholainen 2016).

Vikaindikaattoripilotin aikana muuntamoiden käyttöönottojen yhteydessä kokeiltiin kaukokäyttöjen koestusta samaan aikaan. Kaukokäyttölaite kytkettiin akkujen varaan päivää ennen käyttöönottojen tekemistä, jonka jälkeen tietoliikennekoestukset tehtiin. Pilotissa tuli vastaan useita hidastavia tekijöitä tietoliikenteen toimivuuden sekä kaukokäyttöjen toiminnan kanssa. Laitteita käytiin muutamassa kohteessa paikanpäällä konfiguroimassa ja vaihtamassa eri syiden takia. Tällaiset ongelmat aiheuttavat viivästyksiä sekä lisätöitä käytönsuunnittelulle, käyttökeskukselle ja urakoitsijalle. Lisätöitä aiheuttivat myös kaukokäyttölaitteiden ohjelmistopäivitykset, jotka jouduttiin tekemään tähänastisesta mallista poiketen vasta käyttöönoton yhteydessä.

#### **Sensorien kalibrointikertoimet**

Kaikissa virta- ja jännitesensoreissa olevien korjaus- tai kalibrointikertoimien dokumentointi on keskinkertaisella tasolla, eikä toimivaa tuotantokäyttöön tulevaa ratkaisua ole vielä kehitetty. Tällä hetkellä kalibrointikertoimet on dokumentoitu laitevalmistajien toimesta omiin Excel-taulukoihin, jotka on toimitettu vikaindikaattoripilottiryhmälle.

Excel-taulukko ei kuitenkaan ole oikea tapa hallita niitä. Kalibrointikertoimien oikea dokumentointi paikka olisi etähallintapalvelin, mistä ne olisi suoraan nähtävissä ja päivitettävissä laitteiden konfigurointiin.

Urakoitsijan tilatessa varaosasensorin rikkinäisen sensorin tilalle, korjauskertoimet on muutettava laitteiden konfigurointiin kehitteillä olevien etähallintapalvelimien kautta. Tässä toimenpiteessä on monta mahdollisuutta, että sensorien korjauskertoimet menevät sekaisin, tai että ne jäävät päivittämättä. Uusien sensorien kalibrointikertoimet on toimitettava Elenialla tai laitteiden konfiguroinnit päivittäväälle taholle. Tällöin pitäisi myös saada tieto siitä, mihin mikäkin sensori on asennettu. Luontevin tapa olisi, että sensorin vaihtava urakotus päivittää itse laitteen konfiguroinnin sitä varten tehtyjen rajapintojen kautta. Dokumentointiprosessia on kuitenkin mietittävä vielä tarkoin, jotta saadaan optimaalinen toimintamalli kalibrointikertoimien hallintaan. Toivottu ja tavoiteltu toimintamalli on, ettei kalibrointikertoimia tarvittaisi ollenkaan. Nykyisin ei tiedetä sensorien virhemarginaalin suuruutta ilman kalibrointikertoimia, mutta tämä halutaan vielä pilotin aikana selvittää.

### **Kaksi maakaapelia samassa kennossa**

Joihinkin muuntamomalleihin on mahdollista asentaa kaksi maakaapelia samaan lähtöön. Tätä mahdollisuutta hyödynnetään Elenian jakeluverkolla joissain tapauksissa. Vikaindikointiin tämä tuo kumminkin oman haasteensa. Kombisensorin tyyppisellä kojeistoon integroidulla sensorilla ei saada vian suuntaa selville ollenkaan indikaattorin indikoidessa. Jos indikointi haluttaisiin molemmista kaapeleista, täytyisi myös molempiin kaapeleihin saada erilliset sensorit ja indikaattorit. Käytännössä näissä tapauksissa jouduttaisiin käyttämään Netconin tyylistä erillistä virtasensoria. Se ei kuitenkaan ole toivottu ratkaisu, koska ABB:n muuntamoissa kombisensori jouduttaisiin korvaamaan tällaisella sensorilla ja näistä aiheutuisi aina haasteita ja lisäkustannuksia. Selkeämpi vaihtoehto tällaisiin tapauksiin on, ettei kahta kaapelia kytkettäisi missään tilanteessa samaan kennoon. Mikäli näin toimittaisiin ja kahta kaapelia ei saisi kytkeä enää samaan kennoon, verkon suunnittelu vaikeutuisi ja se aiheutuisi tapauskohtaisesti myös lisäkustannuksia. Näin ollen olisi hyvä määrittää toimintatapa suunnitteluvaiheessa kohdekohtaisesti, koska kummankaan ratkaisun kokonaan hylkääminen ei olisi kustannusten kannalta optimaalinen.

## **Suuret kaukokäyttömuuntamot**

Elenia käyttää ABB:n valmistamia viiden ja kuuden erottimen kaukokäyttömuuntamoita erityiskohteissa. Näissä kohteissa kaukokäyttö- ja indikointiratkaisut ovat haasteellisia ja vaativat kehitystä. Nykyään näiden kohteiden ala-asevilla on kaksi ACOa, koska yhden ACO:n ohjaukset riittävät vain kolmelle erottimelle. Kahdella ACOlla tai millään muullakaan kaukokäyttölaitteella toteutettu ratkaisu ei ole optimaalinen kustannusten eikä käyttäjien kannalta. Kahden kaukokäyttölaitteen tilalle optimaalinen ratkaisu on yksi laite, jolla voidaan järjestää kaikki kaukokäyttömuuntamolla tarvittavat erotinohjaukset, ja sieltä tulevat kunnossapitotiedot. Tällaista kaukokäyttölaitetta kehitettäessä olisi hyvä miettiä myös siihen integroitua vikaindikointia.

### **8.1.2 ABB RIO 600**

#### **Indikointiasettelut**

ABB:n tehdasteissa päädyttiin käyttämään alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen SIN/COS karakteristiikkaa, koska sen toiminta oli parempi yhdistetyn asetteluihin verrattuna. Pilotissa olevat kohteet ovat kaikki sammutetussa verkossa, joten samat asettelut käyvät joka paikkaan. Aluksi vaatimuksena oli, että jokainen indikaattori havaitsee viat eteen ja taaksepäin. RIO600:ssa ei kuitenkaan ole tarpeeksi suojausportaita, jotta tällaiset asettelut voitaisiin tehdä. Pilotin aikana todettiin myös, ettei tällaisia asetteluita välttämättä tarvita. Kaikki lähdöt on varustettu indikaattoreilla ja samoilla asetteluilla, joten normaalitilanteessa yksi indikointimoduuli tarkastelee verkkoa väärään suuntaan, eli taaksepäin. Taaksepäin tarkasteleva indikointi ei indikoi normaalissa kytkentätilanteessa ollenkaan, mutta kytkentätilanteen ja syöttösuunnan muuttuessa se tarkasteleekin eteenpäin. Näin voidaan indikoida myös verkon korvaustilanteessa aiheutuvat viat.

#### **Kombisensorit**

Kojeistoon integroiduissa sensoreissa haittatekijänä on niiden vaihdettavuus. ABB:n kombisensorit on asennettu SF6-kaasusäiliön läpivientiin siten, että niitä on käytännössä mahdoton vaihtaa maastossa. Pilotissa tuleekin kartoittaa, mitä rikkoutuneiden sensorien kanssa joudutaan tekemään ja miten niiden vaihdosta saadaan kulullisesti järkevä. Tällä hetkellä sensorien rikkoutuessa on vaihdettava koko erotinkeno tai kojeisto, mikä ei ole järkevä eikä kustannustehokas ratkaisu.

### **Laitteiden dokumentointi toimitusvaiheessa**

Pilotissa Viola toimitti SIM-kortilliset ACOt Viroon ABB:n muuntamotehtaalle, missä ne asennettiin kaukokäyttömuuntamoihin. Siellä niitä ei kuitenkaan millään tavalla dokumentoitu muuntamokohtaisesti, joten emme tienneet mitkä laitteet ja SIM-kortit olivat missäkin. ACOjen sijainnit saatiin tietää vasta käyttöönottovaiheessa, kun urakoitsijat ilmoittivat maastosta niiden sarjanumerot. Kaikessa yksinkertaisuudessaan muuntamotehtaalla ACO:n sarjanumero ja muuntamon ostotilaus olisi pitänyt liittää toisiinsa esimerkiksi Excelissä, joka olisi toimitettu Elenialle.

Muutaman laitteen ja SIM-kortin sijaintitietoa pyydettiin myös teleoperaattorilta, jonka kautta saatiin tietää solu, minkä alueella SIM-kortti on. Näissä tapauksissa solun avulla laitteiden sijainnit saatiin tietää noin kilometrin tarkkuudella. Koska indikaattorit on hajautettu laajalle alueelle, jo tämän tiedon avulla pystyttiin varmuudella kartoittamaan niiden sijainnit.

### **8.1.3 Netcontrol Netcon 100**

#### **Netcon 100 ja jännitesensorin yhteensopivuusongelma**

KL:n muuntamossa käytetyn Schneider Electricin kojeiston jännitesensori ei ole yhteensopiva Netconin FDM-kortin kanssa. Jännitesensorissa olevat jännitteellisyydestä indikoivat ledit säröyttävät FDM-kortille menevän signaalin, jolloin jännitemittaus ei näytä luotettavasti oikein. Tämä ongelma tuli Elenian tietoon vasta ensimmäisen KL:n muuntamon käyttöönoton yhteydessä.

#### **Syväpurkaussuojan toiminta**

Kaukokäyttölaitteissa on syväpurkaussuoja estämässä akun purkautumisen varakäyttötilanteessa kokonaan. Netconissa huomattiin, että sen virran kulutus on syväpurkaussuojan toimimisen jälkeen edelleen 10 mA. Netcontrollin tekemissä laboratoriotesteissä havaittiin sama asia ja todettiin sen johtuvan Netconin virtalähteessä tapahtuvasta hystereesistä. Jännitteen laskiessa lähelle 21 voltia virrankulutus putoaa alle 1 mA:iin, joten akut eivät pääse purkautumaan kokonaan. Tällainen syväpurkaussuojan toimintaratkaisu on hyväksytty Elenialla toimivaksi ratkaisuksi, mutta sitä tullaan vielä testaamaan laboratorio olosuhteissa.



### **Aikasynkronointi**

Kolmeen ensimmäiseen Netconin kohteeseen kaukokäyttölaitteen aikasynkronointi oli konfigurointiin määritetty synkronoitavaksi SCADA:n kanssa. Ennen oikean ajan saamista Netcon ei kuitenkaan pysty muodostamaan VPN yhteyttä, minkä kautta tietoliikenne- ja SCADA -yhteys muodostuu. Yhteyden muodostamiseksi aikasynkronointi piti tehdä NTP serverin kanssa. Konfigurointi täytyi käydä muuttamassa paikallisesti Netconin muistikortin avulla, koska yhteyttä ei pystytty muodostamaan. Uusien toimitettavien Netconien konfiguroinnissa aikasynkronointi on valmiiksi aseteltu otettavaksi NTP serveriltä, jolloin vältetään edellä mainituilta ongelmilta.

### **Virtasensorien asennus**

Maastoasennusten yhteydessä huomattiin, että Netconin mukana tulevan nollavirtasensorin suuntanuoli on epäselvä ja se asennetaan helposti väärinpäin. Nuoli on näkyvissä vain sensorin lenkin sisäpuolella, ja aiheuttaa väärinymmärryksiä. Suuntanuoli pitäisi näkyä molemmin puolin sensoria, jolloin epäselvyyttä ei voi syntyä. Pilotikohteissa tämän virheen välttämiseksi tarkennettiin alussa määritettyä asennusohjetta. Asennusten yhteydessä huomattiin myös, että virtasensorien asennus on vaikeaa. Pilotin kohteissa jouduttiin sensoreita kiinnittämään erilaisilla nippusideviritelmillä niiden oikean asennon ja sitä kautta luotettavan mittauksen saavuttamiseksi. Netcontrol on myöhemmin kehittänyt asennusta helpottavan tuen, jonka päälle sensorit saadaan asennettua helpommin oikeaan asentoon. Sensorien oikea asennus tarkistetaan käyttöönottovaiheessa SCADA:n tuotavista vaihesiirtokulmamittauksista. Käyttöönottovaiheessa tehtävistä mittauksista pystytään toteamaan myös mahdolliset laiteviat tai konfigurointi puutteet.

### **Varakäyttöaika**

Kaukokäyttömuuntamoiden varakäyttöaika on Elenian vaatimuksen mukaan oltava 36 tuntia. Netconin alkuperäisillä 17 Ah:n akuilla savutettiin noin 21 tunnin varakäyntiaika. Netcontrollilta on saatavissa myös suuremmat 28 Ah:n ja 40 Ah:n akut. 28 Ah:n akuilla tehdyssä testissä varakäyttöajaksi saatiin hieman alle 36 tuntia. Tässä ei ole otettu huomioon ollenkaan akun iän myöten tullutta kapasiteetin heikentymistä. Akun elinkaaren lopussa sen kapasiteetista on noin 80 % jäljellä, mikä tarkoittaa 28 Ah:n akuilla noin 28 tunnin varakäyttöaikaa.

### **Laitekaapin optimointi**

Pilotin aikana Netcon 100 kaukokäyttölaitteen laitekaappia optimoitiin kustannustehokkaammaksi ja Elenian vaatimusten mukaiseksi. Ensimmäisissä kymmenessä laitekaapissa on asennettuna riviliittimet johdotuksia varten. Seuraavissa kohteissa laitteiden johdotukset tehdään suoraan komponentilta komponentille. Laitekaappi on muutoinkin optimoitu siten, että samaan tilaan mahtuu suurimmat 40 Ah:n akut. Näillä muutoksilla saadaan toteutettua kustannustehokkaampi kokonaisuus sekä Elenian vaatima varakäyttöaika täyttymään.

### **Hidas tiedonsiirto**

Netconin vasteajat olivat tiedonsiirtonopeutta testatessa normaalilla tasolla, mutta paketteja siirrettäessä sen todettiin olevan erittäin hidaskäyttö. Testattujen laitteiden mukaan niillä oli hyvä 3G-yhteys, mutta tiedonsiirtonopeus oli enimmillään vain 500 b/s. Vanhalla GPRS-tekniikallakin normaali tiedonsiirtonopeus on 15 - 40 kb/s välillä, mikä on monta kertaa enemmän kuin testeissä 3G-yhteydellä saatu tulos. (Radio Electronics 2016). Tiedonsiirto nopeuden on oltava vähintään 1 Mb/s, jolloin voidaan varmistaa tietoliikennenyhteyden sujuva toiminta konfigurointeja tehtäessä sekä datapaketteja siirtäessä. (Viholainen 2016).

Nykyisen COM103-kortin 3G yhteys tullaan uusissa kohteissa korvaamaan LTE yhteydellä. Netcontrol tarjoaa tätä varten ulkoista 4G modeemia COM103-kortin tilalle. Netcontrol ei aio tehdä uutta 4G-yhteydellä varustettua kommunikaatiokorttia, koska se ei olisi uusien tiedonsiirtotekniikoiden jatkuvan kehityksen takia kustannustehokasta. LTE-modeemia tullaan testaamaan vuoden 2016 pilotin aikana jossain vikaindikaattoripilotin kohteista.

#### **8.1.4 Sipronika LOK200**

##### **Hajautetun kompensoinnin vaikutukset**

Hajautettu kompensointi aiheuttaa omat ongelmansa maasulun indikoinnissa. Sipronika ei ollut aikaisemmin testannut indikaattoriaan hajautetun kompensoinnin kanssa, joten heidän ei pitänyt tulla pilotin alussa tietoisiksi sen vaikutuksesta maasulun indikointiin. He aloittivat hajautetun kompensoinnin vaikutusten tutkimisen vikaindikaattoripilotin aikana, ja niistä on saatu jo joitain tuloksia.

Ylikompensoidussa verkossa LOK200 indikaattorit eivät pysty havaitsemaan maasulkuvikaa sen ominaisuuksien takia. Tästä mahdollisesti aiheutuu se, ettei niitä voida asentaa hajautetun kompensoinnin läheisyyteen. Kyseisessä pilottikohteessa on kolme indikaattoria yhden kompensointimuuntajan vaikutusalueella. Kompensointimuuntajan kompensoima kapasitiivinen virta otettiin huomioon sen alueella olevien indikaattorien asetteluissa, mutta koska kompensoinnin vaikutuksia ei täysin tunnettu, asetellut voivat olla väärin. Kompensointimuuntajan vaikutusalueella olevat indikaattorit eivät ole havainneet maasulkuvikoja, vaikka niitä on ollut indikaattorien vaikutusalueella. Ennen kuin hajautetun kompensoinnin vaikutukset indikaattorien toimintaan tunnetaan tarkkaan, voitaisiin jo asennettujen indikaattorien asetteluita muuttamalla etsiä niille oikeat asetellut. Käytännössä indikaattorien asetteluarvoa pienennettäisiin kunnes indikaattorit havahtuu. Tällöin saataisiin tietää kompensoinnista ja verkon kapasitiivisesta virrasta aiheutuva todellinen kapasitiivinen virta. Tarkan arvon löytyessä indikaattorien havahdumisasettelua nostettaisiin noin 2 A.

### **Vikaindikaattorien heikko GSM-signaali**

Suomessa on pääsääntöisesti kaiken kattava puhelinverkko. Maaseudulla saatetaan kuitenkin olla GSM-signaalin ulkopeittoalueella, jolloin voi ilmetä katvealueita myös 2G-verkossa. Osa Urjalaan asennetuista ilmajohdoverkon indikaattoreista oli gsm-signaalin ulkopeittoalueella. Kun indikaattorien asennukset oli tehty suunnitelluille paikoille, yhteen indikaattoriin ei saatu ollenkaan yhteyttä. Lisäksi usean indikaattorin signaali oli heikko eivätkä ne aina liikenneineet oikein. Indikaattorin GSM-antenni herätti myös huomiota, koska se on vain lyhyt johdin indikaattorin sisällä. Siksi signaalin voimakkuutta kokeiltiin myös kännykän avulla, jolloin paljastui suurempi kentätön alue. Heikon signaalin takia osa laitteista saattoi saada vain kerran viikossa yhteyden SCADAan. Heikolla ulkopeittoalueella oleviin indikaattoreihin tullaan kokeilemaan toisen operaattorin liittymiä vuoden 2016 aikana, mutta myös LOK200:sen antennin toiminta olisi syytä tutkia tarkemmin.

### **Käyttöönotto**

Käyttöönottovaiheessa indikaattorin indikointi ledin erilaisilla sykleillä ilmoitetaan asentajalle indikaattorin toimivuus. GSM-signaalin ollessa heikko, indikaattori ei asennusvaiheessa indikoinut paikallisesti mitään. Asentajan oli mahdoton tietää oliko indikaattorissa mekaanista vikaa vai oliko hän tehnyt jotain väärin. Elenian pyynnöstä Sip-

ronika lisäsi indikaattorin lediin syklin kertomaan laitteen oikeasta toiminnasta, vaikka signaali olisi heikko.

Käytönvalvojan pitäisi käyttöönottoaiheessa pystyä määrittämään, onko käyttöönotto hyväksytty vai tarvitaanko joitain korvaavia toimenpiteitä. Suurimmat tekijät käyttöönoton hyväksymiseen on GSM-signaali ja laitteen oikea toiminta. Siprofonin mukaan GSM-signaalin ollessa alle 30 %:a, indikaattorien tiedonsiirrossa saattaa esiintyä katkoksia, eivätkä ne välttämättä toimi oikein. Tätä 30 %:in rajaa voitaisiin käyttää myös hyväksytyt käyttöönoton rajana. Laitteen oikea toiminta pystytään varmistamaan indikaattorien asemakuvaan tuotavista tiedoista. Samassa yhteydessä pitäisi määrittää myös korvaavat toimenpiteet tällaisissa kohteissa. Signaalin voimakkuutta voitaisiin näissä kohteissa yrittää parantaa esimerkiksi erilaisella antenniratkaisulla tai operaattoria vaihtamalla. Nämä toimenpiteet aiheuttavat kuitenkin lisäkustannuksia. Indikaattorien asennuskohteita suunniteltaessa olisi mahdollista kartoittaa eri operaattorien kentän voimakkuudet asennusalueella, jolloin välttyttäisiin ei-toivotuilta lisäkustannuksilta, ja saataisiin indikaattorit toimimaan heti oikein.

### **Aurinkopaneelien riittävyys**

Indikaattorien toimiminen pelkkien aurinkopaneelien varassa herätti useita kysymyksiä. Kesällä latauksen riittävyys ei tuota ongelmia, mutta pitkä ja pimeä talvi sekä lumi voivat aiheuttaa niitä. Vaikka indikaattori toimiikin kaksi kuukautta täydeksi ladatun akun varassa, voi tarvittavan latauksen saanti silti olla vaikeaa. Vuoden 2015 loppuun mennessä indikaattorien akkujen kapasiteetti oli vielä hyvällä tasolla, vaikka indikaattorit ovat säädetty ottamaan yhteyttä pilotin takia normaalia useammin. Suomen pimeästä talvesta ei näyttäisi olevan liiallista haittaa riittävän latauksen saamiseen. Huonon lumi-tilanteen takia paneelien päälle kertyvistä lumi- ja jääkuormista ei ole saatu vielä kokemuksia, joten täyttä talven toimintavarmuutta ei vielä tiedetä.

## **8.2 Toimintamallit**

Vikaindikaattoripilotin aikana pyrittiin pilottiryhmän toimesta kehittämään Elenian nykyisiä toimintatapoja ja menetelmiä tehokkaammiksi kaukokäyttöjen käyttöönoton osalta, sekä luomaan uudet optimoidut toimintatavat vikaindikaattorien asennusta ja käyttöönottoa varten. Kaukokäyttöjen osalta on kehitettävä, ja vikaindikaattorien osalta on

luotava uusi dokumentointiprosessi. Luotuja toimintatapoja testataan ja pyritään kehittämään vielä vikaindikaattoripilotin aikana ennen niiden käyttöönottoa.

Vikaindikaattorien asennustiheyttä verkossa ei ole vielä määritetty. Mahdollisuuksina on, että niitä aletaan asentaa kaikkiin kaukokäyttöläisiin muuntamoihin sekä joihinkin ilman erottimia oleviin 0+0 muuntamoihin. Kaukokäyttömuuntamoita rakennetaan lähes kaikkiin saneeraus- tai rakennuskohteisiin ympäri Elenian verkkoaluetta. Näin ollen vuodessa rakennettavat, noin 200 kaukokäyttömuuntamoita menevät erittäin laajalle alueelle. Kun indikaattoreita aletaan asentaa laajalti, niitä kannattaisi ainakin alussa asentaa jokaiseen kaukokäyttömuuntamoon. Tällöin saataisiin nopeasti koko Elenian verkkoaluetta kattava vikaindikointijärjestelmä. 0+0 muuntamoihin vikaindikointi laitteen lisäksi jouduttaisiin kehittämään kustannustehokas ratkaisu tiedonsiirtoa varten. Nykyiset laitteistot kattavat myös erotinohjaukset, joita ei 0+0 muuntamoissa tarvitse. Netconin räkistä voidaan karsia ylimääräisiä kortteja pois, jolloin sen kustannustehokkuus näissä tapauksissa paranisi. ACOsta ylimääräisiä komponentteja ja toimintoja ei pystytä karsimaan. RION toteutus taas vaatii ACON kommunikointia ja protokolla muunnosta varten, joten niiden käyttö 0+0 muuntamoissa ei välttämättä tule olemaan kustannustehokasta. 0+0 muuntamoita asennetaan enimmillään neljä peräkkäin, eikä niiden yhteenlaskettu teho saa ylittää 200 kVA:a. (Elenia, sisäinen materiaali 2015). Näissä kohteissa vianrajausta pystyttäisiin nopeuttamaan merkittävästi indikoinnin avulla, jolloin Energiamarkkinaviraston määrittelemät 6h:n ja 36h:n lupaukset ovat helpommin toteutettavissa. Sähköteho ja asiakkaiden määrä näissä tapauksissa on kuitenkin verrattain pieni, joten KAH-kustannukset eivät nouse häiriötilanteissa suuriksi. Määritettäessä vikaindikaattorien asennustiheyttä, niiden hintaa onkin verrattava juuri KAH-kustannuksien kautta tulevaan säästöön.

Ennen vikaindikaattoripilotissa tulleita ACOja, ne kaikki olivat tietoliikennepalveluntarjoajan hallinnassa. Muut kaukokäyttölaitteet ja nyt tulleet vikaindikaattorimuuntamot ovat Elenian omassa valvonnassa ja hallinnassa. Kahden erilaisen toimintamallin käyttäminen ei ole kestävä ratkaisu tulevaisuuden kannalta. Se on monen eri tekijän kannalta epäselvä, kun laitteita joudutaan käyttöönottamaan monella eri tavalla. Prosessin sujuvuuden kannalta olisi parempi, että kaikkien laitteiden kohdalla olisi samat toimintaperiaatteet. Myöhemmin tullaan harkitsemaan vaihtoehtoista toimintatapaa, missä kaikki laitteet tulisivat Elenian omaan valvontaan ja hallintaan. Jos kaikki laitteet siirretään

Elenian valvontaan, niin laitteiden huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet tulisivat suurella todennäköisyydellä Elenian urakoitsijoiden tehtäviksi.

Edellä mainittuja valvontamenetelmiä käytetään ainakin toistaiseksi. Tämä aiheuttaa muutamia huomioon otettavia asioita käyttöönottaessa. Silloin urakoitsijan on maastossa pystyttävä tunnistamaan jotenkin kaukokäyttölaitteen toimittaja oman toimintansa varmistamiseksi. Tätä varten kaukokäyttölaitteisiin on tehtävä selkeät merkinnät laitteen toimittajasta jo ennen niiden toimittamista muuntamotehtaille. Nykyään kaikissa tietoliikennepalveluntarjoajan toimittamissa ACOissa on heidän logo, minkä perusteella tunnistaminen pystytään tekemään. Tämän lisäksi laitetoimittaja olisi hyvä näkyä myös esimerkiksi NIS-dokumentoinnissa, jolloin tarvittava tieto olisi kaikkien saatavilla.

Pilotin alusta asti virtasensoriratkaisuja on ohjattu kombisensori tyyppiseen, integroituun sensorimalliin, jolloin ei tulisi mitään lisäasennuksia maastossa. Tällä pystyttäisiin välttämään myös mahdollisia virheasennuksia sekä nopeuttamaan ja selkeyttämään urakoitsijan toimintaa maastossa. Lisäksi kombisensorin tapaisesta sensorista saataisiin jännitemittaukset kaikille lähdöille erikseen. Jännitemittauspisteiden lisäys toisi kuitenkin lisäkustannuksia ja kehitystyötä Netconin kanssa, koska yhdellä FDM-kortilla voitaisiin toteuttaa vain kahden lähdön virta- ja jännitemittaukset. Näin ollen kolmen erotimen kohteissa jouduttaisiin lisäämään yksi FDM-kortti. Kaikkien lähtöjen erillisillä jännitemittauksilla pystyttäisiin tekemään lisävarmistuksia verkon käyttöönotto- ja korvaustilanteissa. Kun kaikilta lähdöiltä on saatavilla lähtökohtainen jännitetieto, niin erottimien kiinniohjaukset voitaisiin ohjelmallisesti estää vaihejärjestyksen ollessa väärä.

Kaukokäyttölaitteet dokumentoidaan tietoliikennepalveluntarjoajan toimesta heidän tietokantoihinsa. NISIin dokumentoinnin tekee verkonsuunnittelu. Ala-asemien NIS-dokumentoinnista ei ole virallista ohjeistusta, joten se on epämääräinen ja puutteellinen. Tällä hetkellä NISIin on dokumentoitu vain ala-aseman olemassaolo kaukokäyttömuuntamoilla, ja tämäkin on tehty usealla eritavalla. NISIin dokumentoitujen tietojen perusteella pitäisi pystyä määrittämään vikaindikaattorien ja kaukokäyttölaitteiden huolto-, korjaus- ja laitevaihtotöihin tarvittavat varaosat.

Vikaindikaattorien dokumentoinnista ei vielä ole tehty tuotantokäyttöön tulevaa linjausta. NISIin on dokumentoitava muuntamolla oleva kaukokäyttölaite eli RTU, tietoliiken-

nelaide sekä virta- ja jännitesensorien mallit, jotta edellä mainittuja töitä varten saadaan tarvittavat tiedot. Lisäksi virta- ja jännitesensoreista on dokumentoitava niiden muun-  
tosuhteet ja kalibrointikertoimet. Ilmajohdoverkon indikaattoreista on RTU-laitteen li-  
säksi dokumentoitava aurinkopaneelin tyyppi. Lisäksi kaikkien indikaattorien SIM-  
kortit on dokumentoitava ja yhdistettävä tiettyyn laitteeseen, mutta se tieto ei ole oleel-  
linen NISiin vietäväksi. Elenian valvonnassa olevien laitteiden SIM-kortit dokumentoi-  
daan nykyään epämääräisesti muutamaan eri Excel-taulukoon. Tällä hetkellä ei ole tie-  
dossa parempaa tapaa niiden dokumentointiin, mutta sitä pystytään helposti paranta-  
maan keräämällä ja järjestelemällä dokumentoidut SIM-kortit samaan taulukkoon.

Suurempaan ilmajohdoverkon indikaattorien investointiin vaikuttaa merkittävästi jatku-  
va maakaapeliverkon rakentaminen ja vanhan ilmajohdoverkon purkaminen. Pilotin ai-  
kana Sipronika on kehittänyt vikaindikaattoriaan omien tarpeidensa ja Elenialla tehtyjen  
huomioiden ja kehitysehdotusten perusteella. Heidän tekemällään kehitystyöllä indi-  
kaattorien käyttöönotto on helpottunut ja tulee vielä helpottumaan merkittävästi pienen-  
täten työmäärää ja tätä kautta myös kustannuksia. Jos LOK200 indikaattorit todistavat  
toimivansa luotettavasti sekä muutamat puutteet ja keskeneräiset asiat saadaan vaaditulle  
tasolle, niin ne voisivat jossain määrin olla hyvä investoinnin kohde. Tällä hetkellä  
hankintaa tukee myös ilmajohdoverkkoon asennettavien kaukokäyttöerottimien hanke,  
jonka yhteydessä vikaindikaattoreita kannattaisi asentaa.

### **8.3 Pilotin jatkoaskeleet**

Kaikkien valmistajien indikaattoreita, järjestelmiä ja Elenian toimintamalleja on kehitet-  
tävä vielä ennen kuin indikaattoreita voidaan ottaa tuotantokäyttöön. Vuoden 2016 ai-  
kana määritetään indikaattorien toiminnallisten edellytysten taso sekä niiden valmius  
tuotantokäyttöä ajatellen. Määritettävänä on myös minkälaisiin muuntamoihin ja kohtei-  
siin niitä tullaan jatkossa asentamaan.

Laitteiden keskitetty etähallinta on yksi suurimmista kehityskohteista. Kaikki laitetoimittajat ovat kehittämässä omia etähallintapalvelimiaan, mutta tulevaisuudessa tällainen toimittajakohtainen etähallinta ei ole oikea ratkaisu. Laitetoimittajia on Elenian vikaindikaattoripilotissa mukana kolme, ja Elenialla halutaan pilotoida näiden lisäksi vielä uusien laitetoimittajien vikaindikointi- ja kaukokäyttöratkaisuja. Tämä tarkoittaa sitä,

että Elenian käytössä on myös kolme eri etähallintapalvelinta. Kun laitetoimittajien määrä kasvaa, samalla kasvaa myös etähallintapalvelimien määrä. Yhteinen etähallintapalvelin ei tule toteutumaan lyhyellä aikavälillä, koska sitä varten tarvitaan paljon eri tahojen kehitystyötä sekä yhteistä standardia, missä määritellään tarvittavat toiminnot ja protokollat. (Viholainen 2016).

RIO600:n asennuksia jatketaan vuoden 2016 toisella tai kolmannella neljänneksellä riippuen siihen tehtävän rev1.7 -versiopäivityksen julkaisuajankohdasta. Netcon 100:sen seuraavat toimitukset tehdään suuremman rakennuskohteen yhteydessä, mihin on tulossa kaksi Netconia ja noin kymmenen RIOa. Samassa kohteessa tullaan myös testaamaan vikaindikaattorien toimintaa ABB:n valmistamalla testilaitteistolla. Testillä halutaan saada tietoa ja kokemusta indikaattorien toiminnasta maa- ja oikosulkuutilanteissa oikeassa jakeluverkossa. Sipronikan LOK200 -indikaattorien testejä jatketaan pilottimuodossa toistaiseksi vain Urjalassa olevien 17 indikaattorin kanssa. Näistä halutaan saada enemmän kokemuksia toiminnallisuuden ja luotettavuuden kannalta. Pilottiin etsitään myös uusia maakaapeli- ja ilmajohtoverkon vikaindikaattoreiden toimittajia, joiden laitteiden toiminnallisuuksia ja ominaisuuksia halutaan pilotoida.



## LÄHTEET

ABB Oy. Luettu 26.10.2015.

<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

ABB Product catalogue. 2015. ABB Oy. Luettu 22.12.2015.

[https://library.e.abb.com/public/e068f52ec5444f0a8e219f7267be78c3/1VDD006104%20GB%20Catalogue%20SafeRing\\_SafePlus\\_rev\\_November%202015.pdf](https://library.e.abb.com/public/e068f52ec5444f0a8e219f7267be78c3/1VDD006104%20GB%20Catalogue%20SafeRing_SafePlus_rev_November%202015.pdf)

Arctic Control. 2015. Viola Systems Oy. Luettu 26.10.2015.

[http://www.violasystems.com/sites/default/files/viola\\_assets/solutions/arctic\\_control\\_solution\\_web\\_20120921.pdf](http://www.violasystems.com/sites/default/files/viola_assets/solutions/arctic_control_solution_web_20120921.pdf)

Capacitive voltage divider. 2014. Electronics Tutorials. Luettu 3.11.2015.

<http://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/capacitive-voltage-divider.html>

Diplomityö. Heikkilä, Tuukka. 2013. Sähköverkon toimintavarmuuteen liittyvien valvontamenetelmien kehittäminen.

Diplomityö. Kauppi, Matti. 2014. Muuntamoautomaation hyödyntämismahdollisuudet Elenian jakeluverkossa.

Elenia Oy. 2013. Sisäinen materiaali.

Elenia Oy. 2015. Sisäinen materiaali.

FLIR käyttäjän opas. 2011. Netcontrol Oy.

Harju Elekter AB. 2015. Luettu 9.11.2015.

<http://www.harjuelekter.ee/en>

Hyvitykset ja korvaukset. 2015. Elenia Oy. Luettu 22.12.2015.

<http://www.elenia.fi/sahko/korvaukset>

Kalliorinne, T. Hankinta-asiantuntija. Haastattelu 10.12.2015. Elenia Oy. Tampere.

KL Industri AB. 2015. Luettu 9.11.2015.

<http://klindustri.se/>

Kombisensori. 2011. ABB Oy. Luettu 30.10.2015.

[http://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/instrument-transformers-and-sensors-id/products/sensors-new/indoor-combined-sensors-kevcy\\_r](http://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/instrument-transformers-and-sensors-id/products/sensors-new/indoor-combined-sensors-kevcy_r)

Laakso, J. Projektivastaava. Haastattelu 16.12.2015. Elenia Oy. Tampere.

LOK200 User manual. 2014. Sipronika.

MV Ring Main Units. 2016. Harju Elekter AB. Luettu 7.1.2016.

<http://www.harjuelekter.com/en/content/mv-ring-main-units-rm6-8djh-8dj20-8dh10-xiria>

Mäkiranta, M. Rakennuspäällikkö. Haastattelu 16.12.2015. Elenia Oy. Tampere.

Netcon 100 Brochure. 2015. Netcontrol Oy. Luettu 30.12.2015.

[http://www.netcontrol.com/files/8513/5046/9807/M00104-BR-EN-2\\_Netcon\\_100.pdf](http://www.netcontrol.com/files/8513/5046/9807/M00104-BR-EN-2_Netcon_100.pdf)

Netcon 100 Manual. 2015. Netcontrol Oy.

Netcon 3000 Manual. 2013. Netcontrol Oy.

Netcontrol Oy. Luettu 3.11.2015.

<http://www.netcontrol.fi/fin/etusivu>

Paananen, H. Käytön suunnittelupäällikkö. Haastattelu 25.1.2016. Elenia Oy. Tampere.

GPRS Tutorial. 2016. Radio Electronics. Luettu 12.2.2016.

[http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gprs/gprs\\_tutorial.php](http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gprs/gprs_tutorial.php)

Retrofit sensorit. 2015. ABB Oy. Luettu 1.12.2015.

<http://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/instrument-transformers-and-sensors-id/products/sensors-new>

RIO600. 2015. ABB Oy. Luettu 26.10.2015.

<http://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/numerical-relays/remote-io/remote-io-unit-rio600>

RIO600 Configuration manual. 2015. ABB Oy

Rogowski coil. 2013. Power Electronic Measurements Ltd. Luettu 30.10.2015.

<http://www.pemuk.com/how-it-works.aspx>

Satmatic Oy. 2015. Luettu 9.11.2015.

<http://www.satmatic.fi/fin/satmatic.html>

Siniranta, J. Kenttäpäällikkö. Haastattelu 16.12.2015. Elenia Oy. Tampere.

Sipronika Ltd. Luettu 3.11.2015.

<http://www.sipronika.si/>

Sähkömarkkinalaki 1.9.2013/588.

Sähköverkkoliiketoiminta. 2015. Elenia Oy. Luettu 21.12.2015.

<http://www.elenia.com/fin/liiketoiminta/sahkoverkkoliiketoiminta>

Säävarma. 2014. Elenia Oy. Luettu 21.12.2015.

[https://www.elenia.fi/sahko/saavarma\\_tarina](https://www.elenia.fi/sahko/saavarma_tarina)

Trimble DMS. 2015. Tekla. Luettu 6.11.2015.

<http://www.tekla.com/fin/tuotteet/trimble-dms>

Trimble NIS. 2015. Tekla. Luettu 6.11.2015.

<http://www.tekla.com/fin/tuotteet/trimble-nis>

Vakiokorvaus. 2015. Energiavirasto. Luettu 21.12.2015.

<https://www.energiavirasto.fi/vakiokorvaus>

Verkon suunnittelija A. Haastattelu 7.12.2015. Elenia Oy. Tampere.

Verkon suunnittelija B. Haastattelu 7.12.2015. Elenia Oy. Tampere.

Viholainen, M. Järjestelmävastaava. Haastattelu 13.1.2016. Elenia Oy. Tampere.

Viola Patrol. 2015. Luettu 15.12.2015.

[http://www.violasystems.com/sites/default/files/viola\\_assets/docs/viola-patrol-user-guide.pdf](http://www.violasystems.com/sites/default/files/viola_assets/docs/viola-patrol-user-guide.pdf)

Vähäkuopus, S. Asiantuntija. Haastattelu 13.1.2016. Elenia Oy. Tampere.

**LIITTEET**

Liite 1. LOK200 -ilmajohtoverkon indikaattorien asennusohje.

1 (6)

**LOK 200 vikaindikaattori**

Asentajan ohje





## 1. YLEISTÄ

### 1.1 Paketin sisältö

Sipronika LOK200 -vianilmaisin  
Aurinkopaneeli  
Asennus tarvikkeet (ei johtimen kiinnikkeitä)

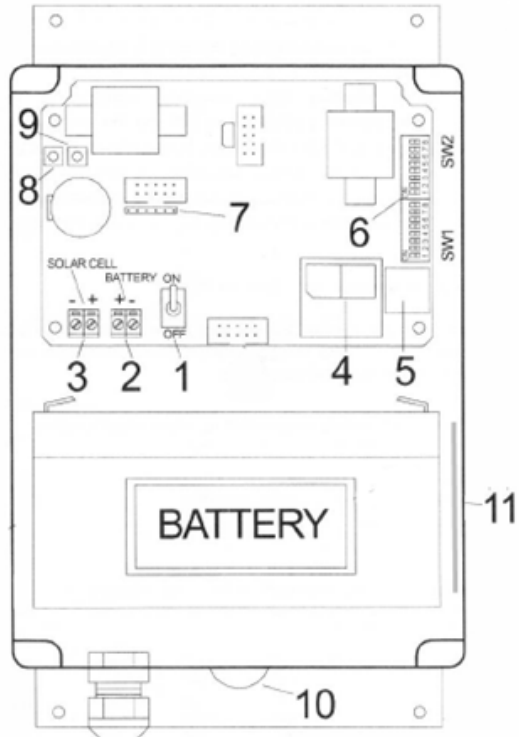
### 1.2 Asennus kohteet

**LOK200 vikaindikaattori saa asentaa:**  
Säteittäisverkkoon,  
Sammutettuun verkkoon,  
Eristettyyn verkkoon,  
Puiseen ja metalliseen pylvääseen,  
Pylvääseen, missä on taso- tai kolmio-orisi sekä koukkulinjaan

**LOK200 vikaindikaattoria ei saa asentaa:**  
Kaapeli verkkoon,  
Pylvääseen, missä on johto haara, kaapeli päätte, erotin,  
pylväskatkaisija, JT-katkopaikka, 0,4 kV:n verkkoa, toisen  
lähden johtimet,  
Jos etäisyys sähköasemiin < 300 m,  
Jos etäisyys muuntamoihin < 100 m,  
Jos etäisyys 0,4 kV:n linjaan alle 15 m,  
Jos etäisyys toiseen 20 kV:n linjaan alle 25 m,  
Jos etäisyys 100 kV:n linjaan alle 100 m,  
Jos etäisyys 400 kV:n linjaan alle 200 m,  
Jos etäisyys sähkörautatiehen alle 200 m,  
Muun voimakkaan magneettikentän läheisyyteen



### 1.3 Vikaindikaattorin osat



Kuva 1. Vikaindikaattori

1 - ON / OFF kytkin	2 - Akun liitin
3 - Aurinkopaneelin liitin	4 - GSM moduuli
5 - Micro SD kortin lukija	6 - DIP -kytkimet
7- Sarjaportti liitäntä	8 - TESTI -painike
9 - RESET -painike	10 - Vianilmaisin (valo)
11 - Antenni	



## 2. ASENNUS

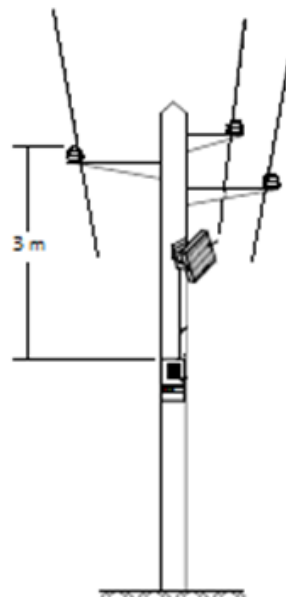
### 2.1 Indikaattorin asennus

Oikean vianilmaisun saamiseksi indikaattori on asennettava oikealle etäisyydelle johdoista.

Taso-orsi:	3,0 m	
Kolmio-orsi:	2,7 m	Alimmat johtimet
Koukkulinja:	3,0 m	Keskimmäinen johdin

Indikaattorin etäisyyden ollessa eri kuin ohjeessa määritetty, indikaattorin mittaustieto ei ole oikein.

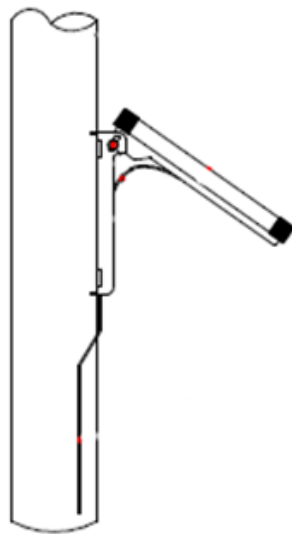
- Indikaattorin etäisyys mitataan indikaattorin ylälaidasta.
- Indikaattori tulee asentaa johdon suuntaisesti siten, että indikaattorin kansi on kohtisuorassa linjaan nähden. (kuva 3).
- Indikaattorien on oltava syöttösuuntaan nähden samalla puolella pylvystä (Määritelty asennuskuvissa vihreällä pisteellä).
- Mikäli suunnitelmassa oleva pylväk on kiipeämiskiellossa tai asennus ei muuten onnistu, määritetään uusi pylväk (seuraava tai edellinen pylväk).



Kuva 2. Indikaattorin asettelu

## 2.2 Aurinkopaneelin asennus

- Aurinkopaneeli tulee asentaa pylvääseen etelän puolelle. Tiheässä linja-aukossa aurinkopaneeli asennetaan osoittamaan linja-aukon suuntaan etelään.
- Aurinkopaneeli viedään niin korkealle kuin paneelin johdossa on varaa huomioiden kuitenkin riittävä työskentely etäisyys jännitteisiin osiin (1,0 m).
- Aurinkopaneeli on asennettava mahdollisimman pystyasentoon kiinnitystelineen sallimissa rajoissa, lumikuorman välttämiseksi (kuva 3).
- Aurinkopaneelin punainen johdin kytketään liittimen 3 plus -napaan ja musta johdin GND -napaan (sivu 3). Avaa indikaattorin kansi varovasti kannessa kiinni olevan sensorin takia. **(HUOM! Irrottaessa sensori indikaattorin kannessa olevasta telineestä, tulee huomioida sensorin asennus. Mikäli sensori asennetaan väärin päin, indikaatio ei toimi oikein)**
- Kiinnitä aurinkopaneelin johto pylvääseen.
- Aurinkopaneeleita on kahta eri kokoa. Asennuskartoista nähdään minne nämä tulevat.



Kuva 3. Aurinkopaneelin asennus





### 2.3 Käyttöönotto

Käyttöönotettaessa indikaattorille tehdään seuraavat toimenpiteet:

- Täytä käyttöönottopöytäkirja asennuskohteen tarkastusten osalta.
- Avaa indikaattorin kansi varovasti kannessa kiinni olevan sensorin takia.  
(HUOM! Irrottaessa sensori indikaattorin kannessa olevasta telineestä, tulee huomioida sensorin asennus. Mikäli sensori asennetaan väärin päin, indikaatio ei toimi oikein)
- Tarkistetaan, että indikaattorin DIP -kytkimet ovat kaikki **OFF** -asennossa.
- Soitto käyttökeskukseen.
- Kytetään indikaattorille virta On/Off – kytkimellä.
- Indikaattori ilmaisee toimivuuden:
  - o Valo vilkkuu 3 kertaa – Toimii oikein
  - o Valo vilahtaa kerran – Akun varaus matala
  - o Ei valoa – Laiteongelma tai GSM -signaali matala
- Mikäli indikaattori ei saa yhteyttä, yhteydenottoa koitetaan vielä painamalla indikaattorin tai kaukosäätimen testipainiketta (Kuva 1). Käyttökeskus tarkistaa tietoliikenne yhteyden, tarvittavat mittaukset ja pyydä käyttöönottopöytäkirjaan tarvittavat tiedot ja mittaukset käytönvalvojalta.
- Jos käyttöönotto on hyväksytty, sensorin voi kiinnittää kanteen ja kannen sulkea.

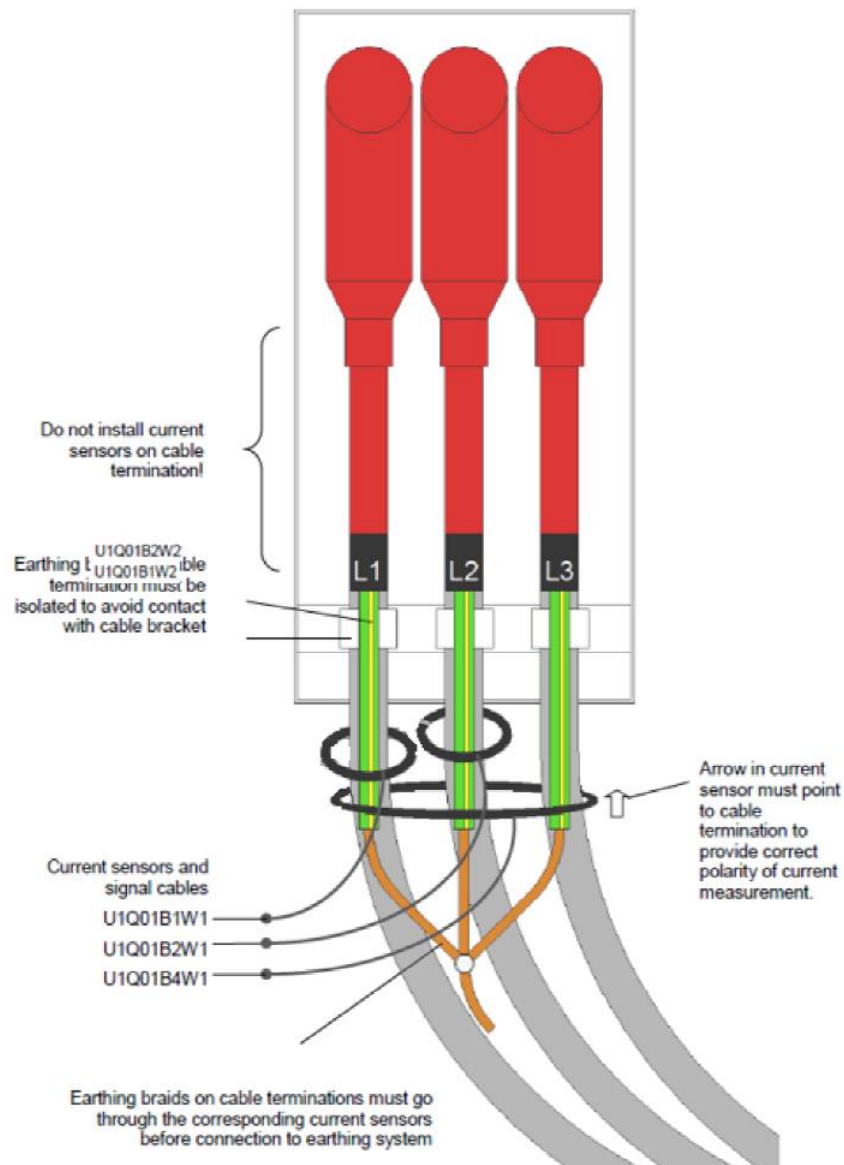


## Virtasensorien asennusohje

Sensorit ovat kojeistotyypistä riippuen joko kennon sisällä tai erillisessä laatikossa.

Virtasensorit asennetaan vaiheiden L1 ja L2 ympärille kaapelin **eristettyyn osaan**. Punainen summavirtasensori IO asennetaan kaikkien kolmen vaiheen ympärille. **Virtasensoria ei saa asentaa kaapelipääteeseen**. Virtasensorit **eivät siedä kovaa puristusta tai taivutusta**, sensorin alkuperäinen muoto pitää säilyttää. Sensorit voidaan avata liitoskohdista, joten sensoria ei tarvitse pujottaa kaapeliin ennen kaapelin asennusta.

1. Kaapelipäätteiden maadoitusjohdot eristetään siten, että kuparipunos ei ota kiinni sensoriin tai kojeiston metalliosiin ennen sensoria.
2. Kaapelinmaadoituspunosten pitää kulkea myös vastaavan vaiheen virtasensorin ja summavirtasensorin läpi. Kaapelipäätteen maadoitus eikä muutkaan johdot saa mennä sensorin läpi (kuva 1)



**Kuva 1. Asennuksen periaatekuva**

3. Sensorit asennetaan siten, että sensorissa oleva nuoli osoittaa kohti kaapelipäätettä, kiskon suuntaan. Sensoreissa olevat katkoskohdat eivät saa osua kaapeliin.



Kuva 2. Vaihevirtasensorin suuntanuoli



Kuva 3. Summavirtasensorin suuntanuoli

4. Virtasensoreissa oleva kalibrointiarvo (mV) on sensorikohtainen.
5. Sensorit kytketään merkintöjen mukaisesti kojeistokohtaisiin liittimiin ja sensoriin merkittyyn vaiheeseen.
6. **Harju Elektrikin** muuntamolla sensorit asennetaan kuvan 4 kaltaisella tavalla. Summavirtasensori tulee kytkentätilan takaosassa oleviin reikiin kahdella nippusiteellä kiinni. Nippusiteitä **ei saa kiristää**.
7. **KL Industrin** muuntamoissa sensoreita ei kiinnitetä, vaan ne jäävät roikkumaan kaapelin maadoituspunoksia vasten. Varmista, ettei sensorin katkoskohta osu kaapeliin.



**Kuva 4. Harjun muuntamon asennuskuvaa**

**Lähteet: Netcontrol asennusohje, 17.9.2015**

### Liite 3. Vikaindikaattori muuntamon käyttöönotto-ohje.



## Vikaindikaattorikohteen käyttöönotto

**Tämä ohje koskee vain vikaindikaattoreilla ja kaukokäytöllä varustettuja muuntamoita.**

Urakoitsija ilmoittaa vähintään viittä työpäivää ennen suunniteltua käyttöönottoa ja koestuspäivämäärää koestettavat kohteet Elenia Oy:lle osoitteeseen [vikaindikaattori@elenia.fi](mailto:vikaindikaattori@elenia.fi).

**Postissa mainitaan suunniteltu käyttöönottopäivä ja muuntamon valmistaja (ABB, KL, Harju) ja kohteen nimi ja tunnus. Lisäksi mainitaan tietoliikennelaitteiden sarjanumerot ao. kuvien mukaisesti.**

**Sähköpostin otsikkoon kirjoitetaan tietoliikennelaitteen sarjanumero ja muuntamon tunnus ( esim. "käyttöönotto [sarjanumero] [muuntamon tunnus], 154896 Muuntamon\_nimi"). Sähköpostin liitteeksi laitetaan ao esimerkkien kaltainen kuva tietoliikennelaitteesta.**

Tämän lisäksi urakoitsijan tulee tehdä normaalisti kytkentäaloite Elenian sähköiseen järjestelmään.

Kohteen käyttöönoton yhteydessä urakoitsija soittaa Elenian käyttökeskuksen numeroon [020 586 11788](tel:02058611788) ja suorittaa kohteen toiminnallisen testauksen yhdessä käyttökeskuksen kanssa.

Urakoitsija täyttää kohteen kaukokäytön koestuspöytäkirjan, (liite 2) ja liittää sen loppudokumenttien liitteeksi.

**Huom. Näistä kohteista ei tehdä ilmoitusta Emtelen servicedeskiin sähköpostilla eikä myöskään soiteta Emtelen numeroon käyttöönotossa.**

### Käyttöönotto tarkastus

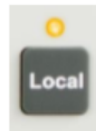
Kaukokäytön ja indikaattorien käyttöönoton yhteydessä tarkastetaan virtasensorien oikea asennus. Tarkennetaan myöhemmin.



## Liite 4. Netcon 100:n HMI-ohjauksen pikaohjeet (Netcontrol 2015).

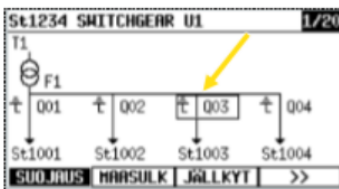


- 1 Jos Netcon 100 -yksikössä on mekaaninen **Ohjaus**-kytkin, varmista että se on käännettyä oikealle, asentoon **Sallittu**. (Toinen asento estää kaiken ala-asehasta annetun ohjauksen.)



- 2 Kytke HMI-paneelin kautta tehtävä ohjaus päälle paneelin **Local**-painikkeesta. Painikkeen yläpuolelle syttyy oranssi valo. Valvomosta tehtävät kauko-ohjaukset on nyt estetty.

- 3 Paina **Select**-painiketta, jolloin nestekidenäyttöön vaihtuu ensimmäinen kytkinkojeistojen kuvista. Selaa kuvia painikkeilla ← ja →. Tarkkaile otsikkoriviä ja johtolähtöjen tunnuksia, kunnes löydät haluamasi kojeiston kuvan. **Huom.** Jos näyttökuva ei vaihdu nuolipainikkeista, jokin valinta on päällä: poista se ensin **C**-painikkeella.



- 4 Kun näytössä on oikea kuva, varmista että jokin kuvan kytkimistä on valittuna eli sen ympärillä näkyy suorakaide. Jos ei, paina joko **OK**- tai **Select**-painiketta.

Valitse nyt haluamasi kytkin (jos se ei ole jo valittuna) joko painikkeilla ← ja → tai **Select**-painikkeella. Nuolipainikkeet siirtävät valintaa kuvan sisällä. **Select** siirtää sitä yhden askeleen kerrallaan eteenpäin, myös seuraavaan kuvaan.



- 5 Kun suorakaide on haluamasi kytkimen ympärillä, paina joko **I**- tai **O**-painiketta sen mukaan, haluatko sulkea vai avata kytkimen. Kuvan päälle avautuu paikallisen ohjauksen ikkuna, joka pyytää: "Aseta tila". Käyttämäsi painikkeen mukainen komento on automaattisesti valittuna (tumma pohja), mutta voit vielä vaihtaa ohjauksen suuntaa painamalla **O**-painiketta kun valittuna on "kiinni" tai **I**-painiketta kun valittuna on "auki".

**Kun valinta on oikea, paina uudestaan sen mukaista painiketta, joko I tai O.** Netcon 100 lähettää komennon kytkimelle. Jos komento onnistuu, kytkimen symboli osoittaa kytkimen uuden tilan.

Jos olet avannut paikallisen ohjauksen ikkunan mutta et haluaakaan antaa komentoa, sulje ikkuna **C**-painikkeella. Komentoa ei lähetetä.

- 6 Kytke lopuksi paikallinen ohjaus pois päältä **Local**-painikkeesta. Oranssi valo sammuu, ja valvomosta tehtävät kauko-ohjaukset on jälleen sallittu.

**VAROITUS** Näytössä oleva **SF6-symboli** merkitsee, että SF6-kaasun paine kytkimessä on alhainen ja **ohjaukseen liittyy turvallisuusrisi**. SF6-indikaatiota ei kuitenkaan saada kaikista kojeistomalleista. Kaasun paine tulee aina tarkistaa kojeiston mittarista.

Liite 5. Kaukokäyttöjen koestuspöytäkirja (Elenia, sisäinen materiaali. 2015).

Erotinaseman / Verkkokatkaisijan nimi	
Erotinaseman / Verkkokatkaisijan tunnus	
<b>Yhteiset tiedot</b>	
Tietoliikennelaitteen sarjanumero	
Tietoliikennelaitteen asennus pvm.	
Koestaja Urakoitsija	
Koestaja Elenia	
Koestus pvm.	
Laitteen rakenne (pylväser./puistommo. valmistaja)	
<b>Käyttöönotto</b>	
Estetty / Ohjattavissa tilatieto	
Mittaustietojen Tarkistus	
Verkkosähkön testaus	
Hälytystietojen tarkastus	
Ohjainputken eristin (Kyllä/Ei)	
Mekaaniset viat	
<b>Erotinkohtaiset koestukset</b>	
Erotin 1 auki /kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Erotin 2 auki/kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Erotin 3 auki/kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Erotin 4 auki/kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Erotin 5 auki/kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Erotin 6 auki/kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Erotin 7 auki/kiinni ohjaus valvomosta/ napeilla ja tilatiedot	
Akustotestin toiminnallisuus	
Akustotestin tulos (ei tehdä koestuksen yhteydessä)	
Maadoituserotin 1 tilatieto	
Maadoituserotin 2 tilatieto	
Maadoituserotin 3 tilatieto	
Maadoituserotin 4 tilatieto	
Maadoituserotin 5 tilatieto	
Maadoituserotin 6 tilatieto	
Maadoituserotin 7 tilatieto	
<b>Verkkokatkaisijakohtaiset koestukset</b>	
Katkaisijan auki/kiinni ohjaus valvomosta/napeilla ja tilatiedot	
Taustaverkon asettelun ohjaus ja tilatiedot	
Jälleenkytkentöjen ohjaus päälle/ pois ja tilatiedot	
Suojauksien ohjaus päälle/pois ja tilatiedot	
<b>Muistiinpanot</b>	
Muuntamon sarjanumero jos jäi reklamoitavaa:	
Käyttöönotto hyväksytty kyllä/ei	



Liite 6. Ilmajohtoverkon vikaindikaattorien käyttöönottopöytäkirja.

Yhteiset tiedot	
Vikaindikaattorin tunnus	Koestaja urakoitsija
Vikaindikaattorin nimi	Koestaja Elenia
Puhelinnumero	Käyttöönotto pvm.
<b>Asennus kohteen tarkastukset</b>	
Orren rakenne	
Indikaattorin oikea etäisyys (muut linjat/asemat/haarat/ym.)	Väärä etäisyys estää käyttöönoton. (Korjattava) m
Indikaattorin oikea etäisyys linjasta	Väärä etäisyys estää käyttöönoton. (Korjattava) m
Indikaattorin oikea suunta	
Aurinkopaneelin oikea suunta	
Indikaattorin ja aurinkopaneelin kiinnitys	
<b>Kaukokäyttö tiedot</b>	
SCADA -yhteys	Arvo käytönvalvojalta
Hardware -testi	Arvo käytönvalvojalta
Akun jännite (min. 5V)	Arvo käytönvalvojalta
GSM signaali (CSQ min. 30%)	Arvo käytönvalvojalta
Linjajännite	Arvo käytönvalvojalta
<b>Muistiinpanot</b>	
Käyttöönotto hyväksytty kyllä/ei	