



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

NELLI FRIMAN

Ennakoivan vianpaikannuksen kehittäminen sähköjakeluverkossa

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä Friman, Nelli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 34+1	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Ennakoivan vianpaikannuksen kehittäminen sähköjakeluverkossa		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena oli selvittää, voidaanko Dlaboratoryn häiriöanalysointijärjestelmää hyödyntää ennakoivassa vianpaikannuksessa ja voidaanko järjestelmän avulla saada kattavaa tietoa verkon häiriötilanteista.</p> <p>Työssä käytiin läpi vuonna 2013 voimaan tullutta sähkömarkkinalakia ja sen vaikutuksia toimitusvarmuuteen. Työn taustoiksi esitettiin keskijänniteverkon yleisimpiä vikatilanteita ja tutkittiin niiden vaikutuksia sähköjakeluverkkoon. Työssä perehdyttiin vianpaikannuksen perinteisiin menetelmiin ja tutkittiin niiden käyttötarkoitusta jakeluverkon vikatilanteissa.</p> <p>Ennakoivan vianpaikannuksen parantamiseksi tutkittiin Dlaboratory häiriöanalysointijärjestelmän ominaisuuksia ja soveltuvuutta vianpaikannukseen ja kunnossapitoon Vakka-Suomen Voima Oy:n sähköjakeluverkossa. Samalla perehdyttiin ennakoivan vianpaikannuksen tarpeellisuuteen sähköjakeluverkossa. Työn edessä selvitettiin Dlaboratory järjestelmän toiminnan perusteet ja järjestelmän toimivuus vianpaikannustilanteissa.</p> <p>Dlaboratoryn toimivuudesta vianpaikannuksessa tultiin johtopäätökseen, että häiriöanalysointijärjestelmällä on hyvä sähköasematason mittaus, mutta vianpaikannus ei ole mahdollista järjestelmällä. Sähköasematason mittauksena Dlaboratory on kattava ja analyysit jännite- ja virtamittauksista saatujen arvojen avulla ovat hyödyllisiä. Yhteenvedonä työssä todettiin, että tarkan vianpaikannuksen onnistumiseksi Dlaboratoryn järjestelmä tarvitsee vikapaikkalaskennan.</p>		
Asiasanat toimitusvarmuus, vianpaikannus, sähköjakeluverkko		

<p>Author Friman, Nelli</p>	<p>Type of Publication Bachelor's thesis</p>	<p>Date May 2021</p>
	<p>Number of pages 34+1</p>	<p>Language of publication: Finnish</p>
<p>Title of publication Proactive fault location development in electric distribution network</p>		
<p>Degree program Electrical and Automation engineering</p>		
<p>Abstract</p> <p>The thesis purpose was to find out if its possible to use Dlaboratory interference analysis system for proactive fault locationing. And also investigate if the system can produce accurate knowlidge if the grid has faults.</p> <p>The thesis goes through the Electricity Markets Act, which came into force in 2013 and its effects on reliability of electricity supply. Background of the thesis presented the most common faults of the medium voltage network and their effects on the electricity distribution grid. The thesis was acquainted with the traditional methods of fault location and examined their purpose in case of distribution network failures.</p> <p>To improve predictive fault positioning was examined the features and suitability of Dlaboratory interference analysis system in proactive fault location and predictive maintenance in Vakka-Suomen Voima Oys electric power network. At the same time familiarized the need for proactive fault locationing in electric power network. As the thesis progressed, the basic operation of the Dlaboratory system was established and the functionality of the system in fault location.</p> <p>In conclusion, the Dlaboratory interference analysis system has a good electrical aposition measurement, but the functionality of the fault location is not working. In summary, the thesis stated that for the success of the exact fault location of the Dlaboratory system needs fault location calculation.</p>		
<p><u>Key words</u> reliability of electricity supply, fault location, electric power network</p>		

ALKUSANAT

Tämä työ tehtiin sähköverkkoyhtiö Vakka-Suomen Voima Oy:lle. Työn ohjausryhmään kuuluivat Juho Jussila, Tuure Nuotio ja Mikko Heinonen. Satakunnan ammattikorkeakoulusta tarkastajana toimi Yliopettaja Kari Laine.

Osoitan kiitokseni Tuure Nuotiolle rakentavasta palautteesta, hyvistä kommentteista ja työn ohjaamiseen käytetystä ajasta. Kiitokset myös Juho Jussilalle, Mikko Heinoselle ja Kari Laineelle työn kommentoinnista. Haluan kiittää Vakka-Suomen Voimaa mielenkiintoisesta aiheesta ja mahdollisuudesta työn tekemiseen.

Laitila, 3.5.2021

Nelli Friman

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn taustat	7
1.2 Työn tavoitteet	8
2 VAKKA-SUOMEN VOIMAN SÄHKÖNJAKELUVERKKO JA TOIMITUSVARMUUS	9
2.1 Vakka-Suomen Voima Oy:n sähkönjakeluverkko.....	9
2.2 Toimitusvarmuus	10
3 KESKIJÄNNITEVERKON VIAT JA VIANPAIKANNUS	12
3.1 Keskijänniteverkossa esiintyvät viat ja häiriöt	12
3.1.1 Oikosulku.....	12
3.1.2 Maasulku	12
3.1.3 Jännitekuoppa	13
3.2 Vikojen paikantaminen perinteisin menetelmin	14
3.3 Vianpaikannus Vakka-Suomen Voima Oy:n verkossa	16
4 DLABORATORY ASENNUS JA KÄYTÄNTÖ	18
4.1 Dlaboratory häiriöanalysointijärjestelmän laitteisto ja toimintaperiaate.....	18
4.2 Järjestelmän asennus ja käyttöönotto	19
4.3 Häiriöanalysointi ja raportointi	21
4.4 Vikojen paikannus Vakka-Suomen Voimalla Dlaboratoryn analyysien avulla	25
4.5 Dlaboratorin käyttökokemukset.....	26
4.6 Referenssit ruotsalaisilta verkkoyhtiöiltä	28
5 DLABORATORY TAPAHTUMAT JA REFERENSSIT	29
5.1 Dlaboratory case-esimerkit.....	29
6 YHTEENVETO.....	31
LÄHTEET	
LIITTEET	

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Dlab	Dlaboratory
htp	Henkilötyöpäivä
I	Virta
Kj	Keskijännite
kV	Kilovoltti
Pj	Pienjännite
U _v	Vaihejännite
VSV	Vakka-Suomen Voima Oy
Z _f	Vikaimpedanssi
Z _i	Verkon impedanssi vikakohtasta laskettu

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat

Vuonna 2013 säädetty sähkömarkkinalaki velvoittaa sähköverkkoyhtiöitä parantamaan toimitusvarmuutta. Toimitusvarmuuden parantaminen on saanut sähköverkkoyhtiöt rakentamaan säävarmaa jakeluverkkoa. Koska koko verkkoalueen kattavan säävarman verkon rakentaminen ei ole teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa sähkömarkkinalain asettamiin määräaikoihin mennessä, täytyy verkon toimitusvarmuutta kehittää ja ylläpitää muilla tavoilla kuin kaapeloimalla.

Vakka-Suomen Voima Oy:lla (jatkossa VSV) otettiin kokeiluun uusi häiriöanalysointijärjestelmä Dlaboratory (jatkossa Dlab). Syksyn 2020 aikana tehtiin asennukset ja käyttöönotto Ketunkallion 110/20 kV:n (kilovoltin) sähköasemalle Uuteenkaupunkiin. Dlab -järjestelmä otettiin parantamaan ennakoivaa vianpaikannusta VSV:n jakeluverkossa. Dlabin hankinnan taustalla oli toimitusvarmuuden parantaminen Uudenkaupungin rannikkoalueella ja keskustan maakaapeliverkossa. Sekä saaristoalue että Uudenkaupungin keskusta-alueella on tarve verkon kunnonvalvontaan. Uudenkaupungin keskustaan on asennettu 1960-luvulta 1990-luvulle paljon paperieristeisiä kaapeleita. Paperieristeisten kaapeleiden tekninen käyttöikä alkaa tulemaan päätökseen ja ikäänntyvien kaapeleiden ja komponenttien kuntoa halutaan valvoa entistä tehokkaammin mahdollisten vikojen ehkäisemiseksi.

Verkon kunnossapito on aina ollut suurilta osin korjaavaa, jonka vuoksi VSV:lla halutaan viedä kunnossapitoa enemmän ennakoivaan suuntaan. Rannikolla ja saaristossa verkko on suurelta osin ilmalinjaa, jolloin verkko on altis sääilmiöille. Saaristossa meren takia sääilmiöt ovat yleensä voimakkaampia ja tapahtuvat useammin kuin sisempänä mantereella. Sääilmiöt aiheuttavat häiriötilanteita jakeluverkossa ja monesti sääilmiöiden armoilla oleva jakeluverkko on syytä kaapeloida toimitusvarmuuden

parantamiseksi. Koko saaristoalueen kaapelointi ei ole kuitenkaan taloudellisesti kannattavaa, sillä suurin osa maaperästä on kalliota. Kaapelointi mahdollisuuden puuttuessa verkon toimitusvarmuuden parantamiselle on keksittävä muita tehokkaita ratkaisuja.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tarkoituksena on selvittää, miten Dlab -järjestelmää pystytään hyödyntämään sähköjakeluverkon vianpaikannuksessa ja onko vikoja mahdollista ennakoida järjestelmän avulla ennen, kuin ne aiheuttavat keskeytyksiä. Dlab -järjestelmästä saatujen analyysien avulla halutaan löytää vikaherkät paikat, joihin kannattaa kohdentaa investointeja. Järjestelmän avulla halutaan viedä myös nykyistä korjaavaa kunnossapitoa ennakoivan kunnossapidon suuntaan. Ennakoivan kunnossapidon avulla vikaherkkien komponenttien kuntoa voidaan valvoa, jotta välttyttäisiin turhilta keskeytyksiltä. Työn tavoitteena on selvittää, soveltuuko Dlab häiriöanalysointijärjestelmä ennakoivaan kunnossapitoon ja vianpaikannukseen.

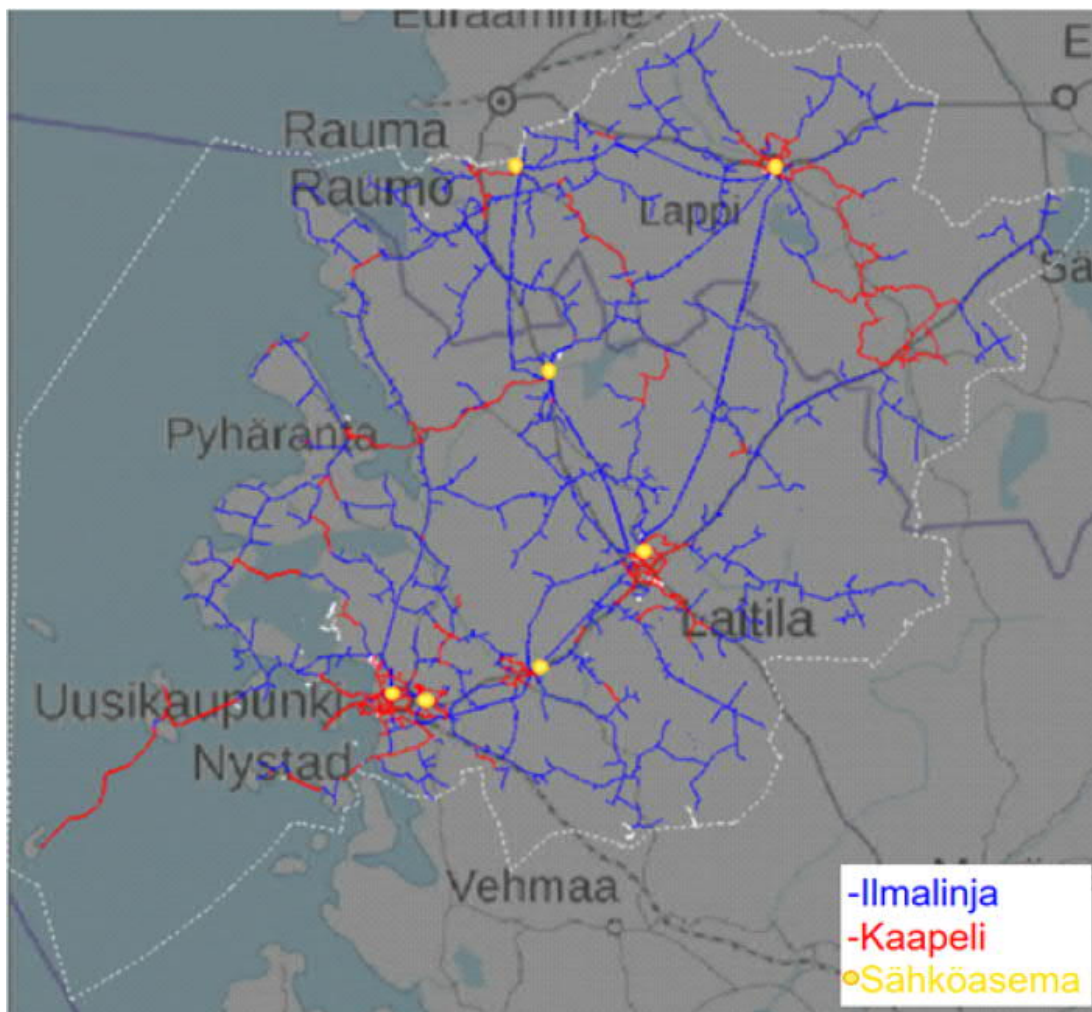
2 VAKKA-SUOMEN VOIMAN SÄHKÖNJAKELUVERKKO JA TOIMITUSVARMUUS

Tässä luvussa käsitellään yleisiä tietoja VSV:n sähköjakeluverkosta. Luvussa perehdytään 2013 säädettyyn sähkömarkkinalakiin ja sen vaikutuksiin VSV:llä.

2.1 Vakka-Suomen Voima Oy:n sähköjakeluverkko

VSV omistaa ja ylläpitää sähköjakeluverkkoa Varsinais-Suomen ja Satakunnan alueella. VSV:n jakeluverkko sijoittuu rannikolle ja noin kolmannes alueesta on saaristossa ja rannikolla. Verkkoalueella sijaitsee seitsemän 110/20 kV:n sähköasemaa: Ihoden, Sannon, Kalannin, Laitilan, Lapin, Monnan ja Ketunkallion asemat.

Kuvassa 1 näkyy VSV:n 20 kV:n sähköjakeluverkko. Sinisellä värillä on ilmalinja ja punaisella näkyy kaapeliverkko. Keltaisella värillä on merkitty edellisessä kappaleessa esitellyt sähköasemat.



Kuva 1. VSV:n 20 kV:n keskijänniteverkko ja sähköasemat (Vakka-Suomen Voima, 2021)

VSV:lla on sähkönjakeluverkkoa yhteensä noin 4000 kilometriä ja asiakkaita verkko-yhtiöllä on noin 25000. Keskijänniteverkkoa (jatkossa kj) on noin 1300 kilometriä, jonka kaapelointiaste on tällä hetkellä 28,1 %. Pienjänniteverkkoa (jatkossa pj) on noin 2700 kilometriä ja kaapelointiaste on pj-puolella 46,3 %. (Vakka-Suomen Voima, 2021) (Vakka-Suomen Voima Oy, 2020)

2.2 Toimitusvarmuus

Vuoden 2013 sähkömarkkinalain uudistuksen myötä sähköverkkoyhtiöiltä vaaditaan entistä varmempaa sähkönjakelua. Sähkömarkkinalain pykälä 51 § ”Jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset” edellyttää jakeluverkon suunnittelulta, rakentamiselta ja ylläpidolta seuraavanlaisia vaatimuksia. ” 1) verkko täyttää järjestelmävastaavan

kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset;

2) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asema-kaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä;

3) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muulla kuin 2 kohdassa tarkoitettulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä.

Jakeluverkonhaltija voi määrittää käyttöpaikkaan sovellettavan tavoitetason 1 momentin 3 kohdasta poiketen paikallisten olosuhteiden mukaisesti, jos:

1) käyttöpaikka sijaitsee saarella, johon ei ole siltaa tai vastaavaa muuta kiinteää yhteyttä taikka säännöllisesti liikennöitävää maantielauttayhteyttä; tai

2) käyttöpaikan vuotuinen sähkönkulutus on ollut kolmen edellisen kalenterivuoden aikana enintään 2 500 kilowattituntia ja 1 momentin 3 kohdan vaatimuksen täyttämisen edellyttämien investointien kustannukset olisivat käyttöpaikan osalta poikkeuksellisen suuret sen muista käyttöpaikoista etäisen sijainnin vuoksi.” (Finlex, 2021)

Sähkömarkkinalain pykälässä 119 § ”Jakeluverkon toimintavarmuutta koskeva siirtymäsäännös” käsitellään pykälän 51 § annettujen määräysten aikarajoja ja vaatimuksia jakeluverkon toimitusvarmuuteen. ”Jakeluverkonhaltijan on täytettävä 51 §:n 1 momentin 2 ja 3 kohdassa säädetyt vaatimukset vastuualueellaan viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2028. Vaatimusten on täytyttävä viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2019 vähintään 50 prosentilla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien ja viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2023 vähintään 75 prosentilla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien.” (Finlex, 2021)

Jotta sähkönjakeluverkot vastaisivat sähkömarkkinalain vaatimuksia määräaikoihin mennessä, ovat sähköverkkoyhtiöt aloittaneet kaapeloimaan jakeluverkkoa kiireellisellä aikataululla. VSV:lla kaapeloinnit ovat sijoittuneet lain ensimmäisiin määräpäiviin mennessä taajamiin ja ikääntyneeseen verkkoon tehopainotteisesti. VSV:n jakelualuetta ei ole taloudellisesti ja teknisesti kannattavaa kaapeloida kokonaan määräaikoihin mennessä ja jakelualueella on myös paljon saaristoa, jossa kallioisen maaperän takia kaapelointi on haastavaa ja kallista. Tämän myötä VSV:n jakeluverkon toimintavarmuutta halutaan parantaa kaapeloinnin lisäksi muilla keinoilla, jotta toimitusvarmuuslain vaatimukset pystyttäisiin toteuttamaan.

3 KESKIJÄNNITEVERKON VIAT JA VIANPAIKANNUS

Kappaleen kolme on tarkoitus käsitellä keskijänniteverkon vikatilanteita ja vianpaikannusmenetelmiä.

3.1 Keskijänniteverkossa esiintyvät viat ja häiriöt

3.1.1 Oikosulku

Oikosulku tarkoittaa vikatilannetta, jossa jännitteellisten osien välille syntyy jännitteellinen yhteys, pois lukien kuormituksen ja sähkösyöttöjen kautta kulkevat liitokset. Suurivirtaisin kolmivaiheisenjärjestelmän vika on vastukseton kolmivaiheinen oikosulku. Kaavassa 1 on esitetty kolmivaiheisen oikosulun vikavirran (I) laskenta yksivaiheisesta sijaiskytkennästä, jossa vaihejännite (U_v) jaetaan virtapiirin kokonaisimpedanssilla. Jos kyseessä on säteittäisverkko, lasketaan kokonaisimpedanssi syöttävän verkon impedanssista (Z_f) sekä vikaimpedanssi vikakohtasta laskettuna (Z_i). (Lakervi & Partanen, 2008)

$$I = \frac{U_v}{Z_f + Z_i}$$

Kaava 1. Kolmivaiheinen oikosulku (Lakervi & Partanen, 2008)

Epäsymmetrisissä verkon vikatilanteissa yleisimpiä ovat yksivaiheiset oikosulut, jotka tunnetaan myös maasulkuina, ja kaksivaiheiset oikosulut, joiden kanssa saattaa esiintyä maa kosketuksia. (Lakervi & Partanen, 2008)

3.1.2 Maasulku

Maasulku on tapahtuma, jossa käyttömaadoittamaton virtajohdin ja maa tai maahan yhteydessä oleva johdin synnyttävät eristysvian. Maasulku eroaa normaalista oikosulusta tapauksissa, joissa verkon tähtipistettä ei ole maadoitettu. Maasulku tilanteessa vikavirta ei ole suuri, mutta verkkoon syntyy haitallista epäsymmetriaa. Ylijännitteiden syntyessä verkon tähtipisteiden maadoitustapa vaikuttaa ylijännitteen suuruuteen. (Lakervi & Partanen, 2008) Kaavasta 2 voidaan laskea maasulkuvirta (I_0), joka

saadaan kulmanopeuden (ω), yhden vaiheen maakapasitanssin (C_0) ja verkon pääjännitteen (U) tulosta. Kulmanopeus (ω), lasketaan kaavalla $2\pi f$, jossa f on verkkotaajuus. (SENER, Sähköenergioliitto ry, 2021)

$$I_o = \sqrt{3}\omega C_0 U$$

Kaava 2. Maasulkuvirta (SENER, Sähköenergioliitto ry, 2021)

Yksivaiheisessa maasulussa on kyse käyttömaadoitetusta verkosta. Käyttömaadoitetun verkon maasulku lasketaan lähes samalla tavalla kuin kaavan 1 oikosulku. Kokonaisimpedanssin lisäksi täytyy tietää tähtipisteiden ja maapiirin impedanssi, jotka lisäävät kokonaisimpedanssiin.

Kaksoismaasulku on käsite tapahtumalle, jossa kaksi eri vaihetta ovat maasulussa erikohdissa verkkoa samanaikaisesti. Kaksoismaasulun vikavirta on suuri ja vikavirta on vaikeasti laskettavissa tarkasti. Kaksoismaasulkujen yleisin syy on yksivaiheinen maasulku, joka nostaa kahden muun vaiheen jännitteitä, jolloin heikentynyt eristys verkon toisessa kohdassa pettää ja tuloksena on kaksoismaasulku. (Lakervi & Partanen, 2008)

3.1.3 Jännitekuoppa

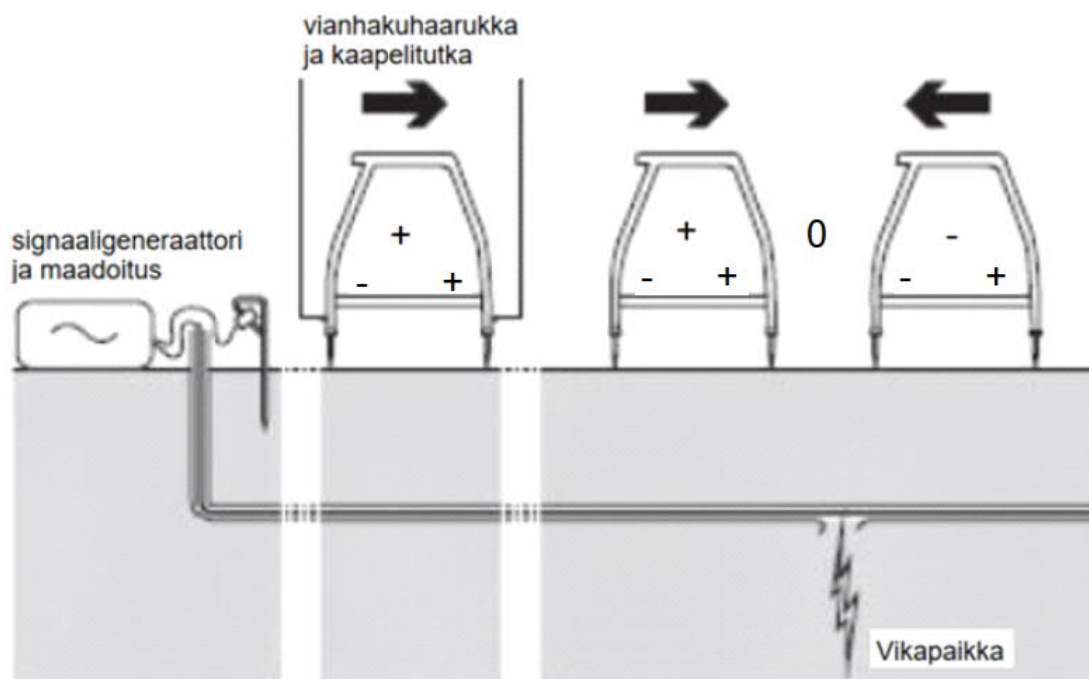
Oikosulut ovat haitallisia ja vaarallisia verkon vikatapahtumia, mutta niiden haittavaikutukset eivät jää ainoastaan valokaariin, paineeseen ja kaasuun, lämpenemiseen ja käyttökeskeytyksiin. Standardin SFS-EN 50160 mukaan jännitekuopaksi lukeutuvat tapahtumat, joissa jakelujännite laskee alle 90 % nimellisjännitteestä ja palautuu tapahtuman jälkeen normaaliksi (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2012). Oikosulut aiheuttavat jännitteen putoamisen lähelle nollaa vikapaikassa vaiheille, joissa vika ilmenee. Riippuen vikapaikan sijainnista haittavaikutukset voivat olla suuret. Lähellä 110/20 kV sähköasemia tapahtuvat jakeluverkon oikosulut tai hyvin suuri virtaiset oikosulut ovat haitallisia laajalle alueelle ja kaikki saman päämuuntajan takana olevien lähtöjen asiakkaat kokevat jännitekuopan. Jännitekuopat kestävät aina oikosulkusuojauksen laukaisuajan ja vaikutusalue on suurempi kuin oikosululla. (Lakervi & Partanen, 2008)

3.2 Vikojen paikantaminen perinteisin menetelmin

Vianpaikannuksen nopein apu löytyy yleensä kaukokäyttöisistä erottimista. Jotta päästäisiin käyttämään vianpaikannuksen muita menetelmiä hyödyksi, täytyy vikapaikka rajata sähköasemalta tulevasta keskijännitelähdöstä. Vianrajauksessa käytetään ensin kaukokäyttöerottimia ja kyseiset erottimet ovat yleensä sijoitettu verkon solmupisteisiin. Tällöin vika pystytään rajaamaan mahdollisimman nopeasti pienemmälle alueelle käyttökeskuksesta käsin. Kun kaukokäyttöerottimien avulla vika on saatu rajattua pienemmälle alueelle, voidaan tavallisten paikalliskäyttöisten erottimien avulla vielä pienentää keskeytyksessä olevien asiakkaiden määrä ja vika-alueita. Vianpaikannus erotinrajauksilla aiheuttaa yleensä vähintään yhden keskeytyksen lisää verkkoon, kun vikaa rajataan. Kun vika on rajattu, voidaan alkaa etsiä vian aiheuttanutta paikkaa perinteisillä menetelmillä. (Mörsky, 1992)

Perinteiset menetelmät ovat olleet vianpaikantamisen perustana jo pitkään. Perinteisiin vianpaikannusmenetelmiin kuuluu monenlaisia laitteistoita. Vikapaikan etsinnässä perinteisin vianpaikannuskeino on maastopartiointi johtokaduilla. Ilmajohtojen vianpaikannuksessa apuna voidaan käyttää helikopteria tai miehittämätöntä ilma-alusta eli dronea vikapaikan löytämiseksi. Perinteisten vianpaikannusmenetelmien kehityksestä drone on hyvä esimerkki. Linjojen dronetus on helpottanut vian hakua, sillä dronetus ei vaadi keskeytystä kuvaamiseen ajaksi. (Mörsky, 1992)

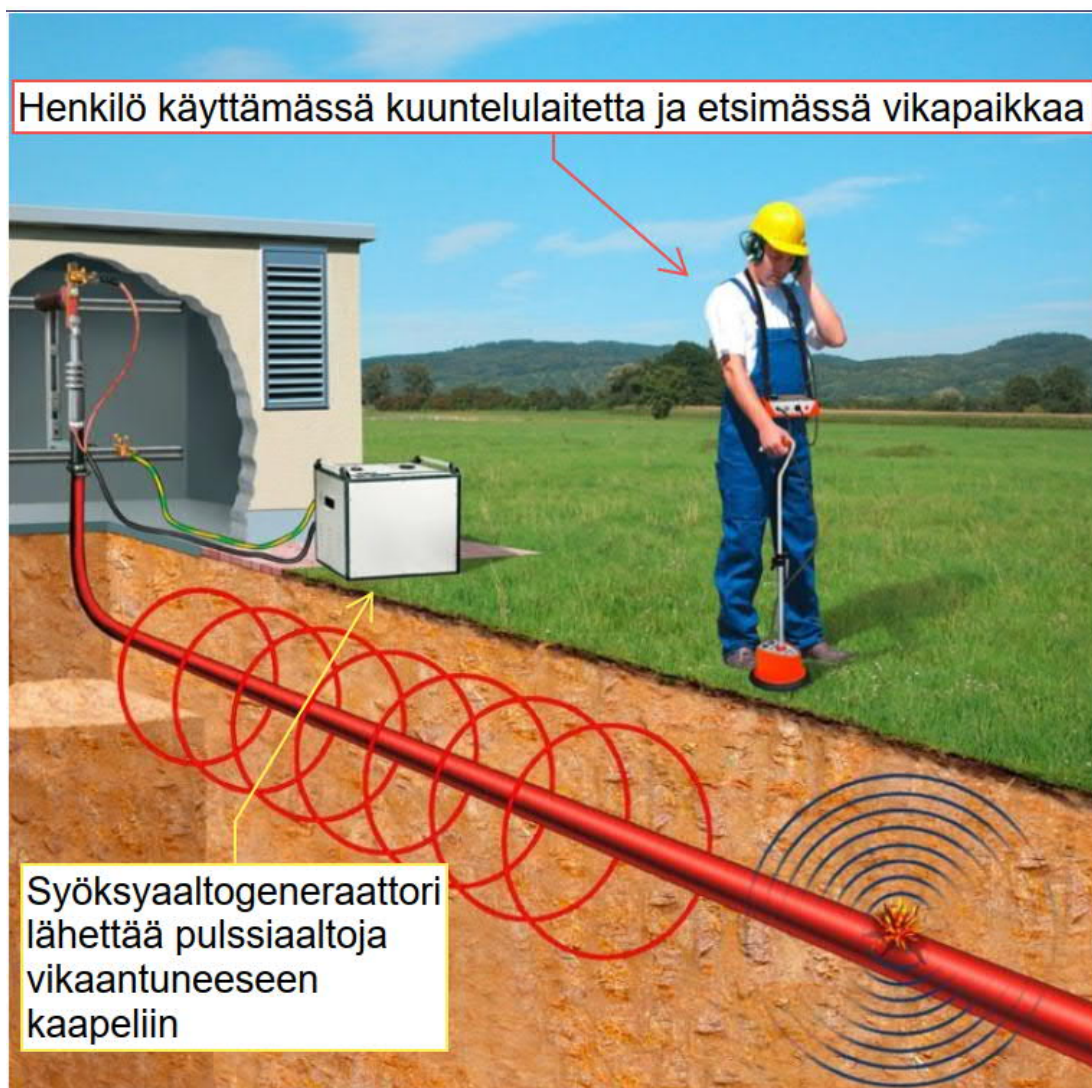
Kaapelivioissa yleisimmin käytettyjä ovat kaapelitutkat ja syöksyaaltogeneraattorit. Kaapelitutkan avulla vikojen paikantamisessa käytetään vianhakuhaarukkaa. Kuvassa 2 vianpaikannushaarukka kytketään kaapelitutkaan ja vianpaikannushaarukan piikit työnnetään maahan kaapelireitillä. Signaaligeneraattorin johtimet kytketään kaapelipääteeseen ja maahan, jolloin generaattori syöttää suurijännitteistä signaalia kaapeliin synnyttäen vikapaikkaan maasulun. Vianpaikannushaarukkaa siirretään kaapelireitillä, kunnes kaapelitutka ilmoittaa vikapaikasta. Paikannustapa perustuu askeljännitemenetelmään, jossa mitataan potentiaalieroja kaapelireitillä. Kaapelitutka ilmoittaa vikapaikan askeljännitteen nollana, muutoin potentiaaliero on joko miinusta tai plussaa. (BAUR, 2021)



Kuva 2. Kaapelitutkan käyttö vianhakuhaarukan kanssa (Helsingin laatulaite Oy, 2021)

Syöksyaaltogeneraattorin toiminta perustuu syöksyaaltoon, joka lähetetään kaapelin päästä vikaantuneeseen kaapeliin. Vikapaikka ilmenee läpilyöntinä. Vikapaikan etsimiseen käytetään kuuntelulaitetta, jolla etsitään vikapaikka maastosta kaapelin linjaa pitkin kävelemällä. Kun vikapaikka löytyy, kuuntelulaitteella kuunteleva henkilö kuulee läpilyönnin ja tietää löytäneensä vikaantuneen kohdan. Mitä suurempiresistanssiempi vika on kyseessä, sitä helpompi vika on kuulla. (Mörsky, 1992)

Kuvassa 3. on havainnollistettu syöksyaaltogeneraattorin ja kuuntelulaitteen käyttötoimet. Kuvan 3. henkilö käyttää kuuntelulaitetta ja syöksyaaltogeneraattori lähettää pulssia vikaantuneeseen kaapeliin.



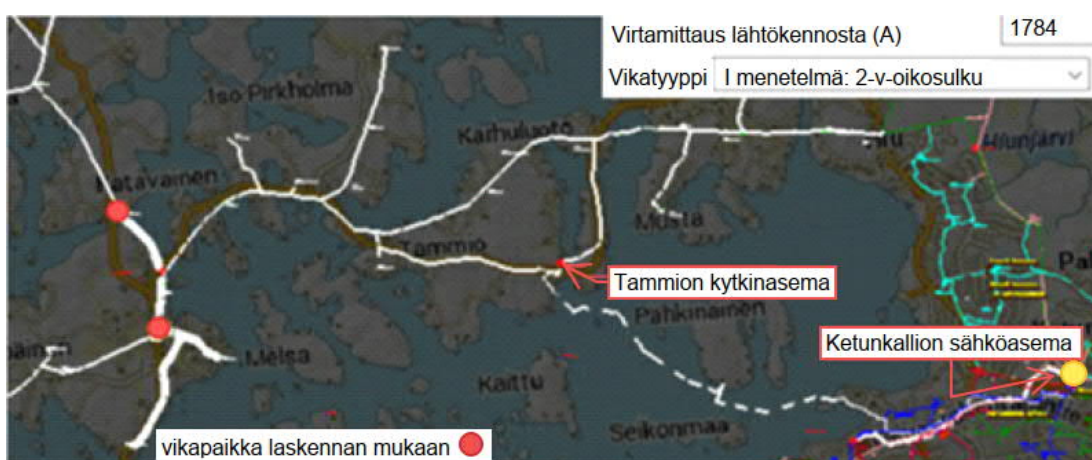
Kuva 3. Syöksyaaltogeneraattorin käyttö (Alliance Engineering, 2021)

Perinteisten vianpaikannuskeinojen ohelle kehitetään jatkuvasti uusia paikannusmenetelmiä. Vianpaikannusta ollaan viemässä ennakoivampaan suunta, jolloin keskeytysten määrä vähenisi., koska alkavat viat pystyttäisiin korjaamaan ennen keskeytyksiä.

3.3 Vianpaikannus Vakka-Suomen Voima Oy:n verkossa

Opinnäytetyötä aloitettaessa VSV:lla on käytössä perinteisiä vianpaikannuskeinoja. Kaapelivikoja etsittäessä apuna käytetään kaapelitutkaa, kuuntelulaitetta ja syöksyaaltogeneraattoria. Ilmajohtojen vianpaikannuksessa on tehty maastopartiointeja johtokauduilla ja apuna on käytetty helikopteria ja dronea sääolosuhteista ja vikatilanteista riippuen. Vianpaikannuksessa on käytetty myös vikapaikan laskentaa

käytäntökäyttäjärjestelmällä perinteisten paikannuskeinojen ohella. Sähköasemien keski-jännitelähdöissä olevat suoja-alueet keräävät tietoa verkon tapahtumista ja lähettävät vikatapahtuman arvot Trimble DMS verkon käytöntukijärjestelmään. Käytäntökäyttäjärjestelmä pystyy vikatapahtuman arvoista laskemaan vikapaikan ja näyttämään alueen, jonne laskenta sen osoittaa. Trimble DMS:n vianpaikannus toimii vain oikosulkutilanteissa, joissa laskenta perustuu kaavaan 1. Kuvassa 4. on esimerkkitapaus Trimble DMS:n vikapaikkalaskennasta. Valkoisella värillä näkyy ketunkallion aseman lähtö, joka jakautuu kahdeksi erilliseksi lähdöksi Tammion kytkinasemalla, jonka toisessa lähdössä on vika. Laskenta antaa kartalle vikapaikat korostettuna punaisilla palloilla.



Kuva 4. Esimerkkitapaus vianpaikannuslaskennasta (Vakka-Suomen Voima, 2021)

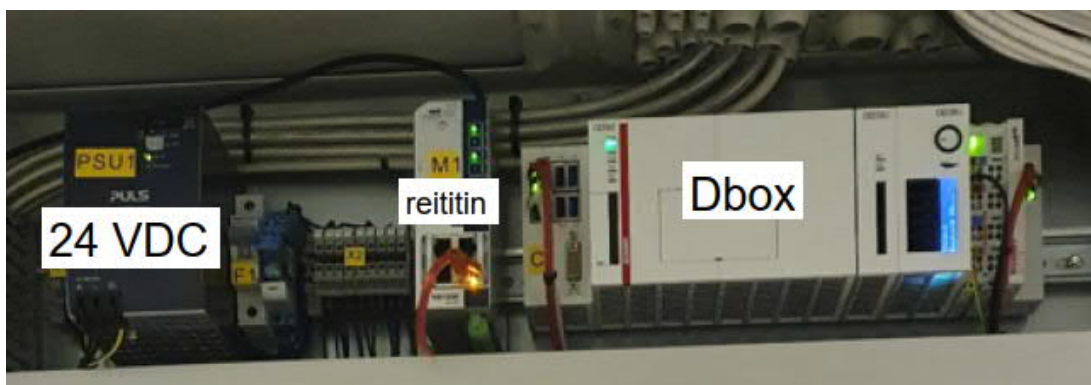
Vikapaikan rajaamiseen VSV:lla on käytössä kaukokäyttöerottimia, joiden avulla verkon vikaantunut alue on helpompi ja nopeampi löytää. Vuoden 2020 aikana VSV:lla on otettu käyttöön myös itsestään avautuvia Enston Auguste -kuormaerottimia. Auguste erottimien toiminta perustuu virtahavahtumiin. Kun erottimen takana ilmenee vika, erotin havaitsee asetteluarvojen ylittymisen (Ensto, 2021). VSV:lla Auguste erottimet on asetettu aukeamaan vasta lähtöjen aikajälleenkytkennän aikana.

4 DLABORATORY ASENNUS JA KÄYTÄNTÖ

Dlab on ruotsalaisten kehittämä häiriöanalysointijärjestelmä, jossa mittauslaitteistot sähköasemilla tallentavat keskijänniteverkon lähtöjen virta- ja jännitearvoja. Neljäs kappale esittelee työssä hyödynnetyn ohjelman toimintaperiaatetta, asennustyötä, käyttöönottoa ja analysoinnin tarkastelua.

4.1 Dlaboratory häiriöanalysointijärjestelmän laitteisto ja toimintaperiaate

Dlab komponenttikaappi on rakennettu suurimmaksi osaksi Beckhoffin komponenteista. Kuvassa 5 on Dlabin laitteiston ohjausyksikkö. Virtalähteenä toimii PULS 24 V DC, jonka vieressä oikealla on kaapin relesuojaus ja riviliittimet. Seuraavana kiskossa on reititin, jonka kautta järjestelmä on yhteydessä tukiasemaan. Reitittimen vieressä on Dbox, joka toimii järjestelmän tietokoneyksikkönä ja tallentaa kaikki verkon tapahtumat jokaiselta lähdöltä ja kiskolta.



Kuva 5. Dlab kaapin ohjaus- ja tiedonsiirtoyksikkö

Kuvan 6 mukaisia kiskoja on kaapissa kolme. Jokaisesta kiskosta löytyy 15 V virtalähteet, jotka syöttävät lähtöjen mittauksia hoitavia vastaanottimia. Vastaanottimet saavat tiedot verkon tapahtumista ethernet-kaapelien kautta virta- ja jännitemittauksista, ja tapahtumat tallentuvat järjestelmän tietokoneyksikköön Dboxiin. Jokaisella syöttökennolla on virtamuuntaja jokaisen lähdön vaiheelle ja nollavirralle. Jännitemittaukset ovat kiinnitetty vastaanotinyksikön vasempaan reunaan ohjauskaapelilla ja jännitteenmittaukset tapahtuvat päämuuntajien ohjauskaapeista sekä 20 kV kiskoston mittauskennoista.



Kuva 6. Vastaanotin virta- ja jännite mittauksilta

Kuvien 5 ja 6 mukaisten komponenttien kokonaisuuden muodostama kaappi tallentaa verkossa tapahtuvat muutokset ja tapahtumat tulevat reaaliajassa nähtäville Dlabin käyttöliittymään, josta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 4.3.

4.2 Järjestelmän asennus ja käyttöönotto

Dlab -järjestelmä asennettiin Uuteenkaupunkiin Ketunkallion sähköasemalle. Asennukset tehtiin syys-lokakuun aikana. Asennus työhön kuului kaapin rakennus, asennustyöt Ketunkallion asemalle sekä järjestelmän käyttöönotto. Kaappi rakennettiin Laitilassa ennen varsinaista asennusta Ketunkallion asemalle. Kaapin rakentamiseen kului aikaa kolme henkilötyöpäivää (jatkossa htp).

Valmis kaappi asennettiin sähköasemalle ja asennustyö sisälsi virtamuuntajien asennuksen lähtökenttientoisipuolille, jännitteen mittauksien ja virtamuuntajien asennuksen päämuuntajien ohjauskaappeihin ja ethernet-kaapelien vedon jokaiselle virtamuuntajalle. Kun komponentteja asennettiin päämuuntajien ohjauskaappeihin, haluttiin varmistaa keskeytyksetön sähkönjakelu Ketunkallion lähtöjen takaisille asiakkaille asennustöiden aikana. Varmistusten avulla haluttiin ennakoida tilanne, jossa asennustöiden takia päämuuntaja tippuisi verkosta ja aiheuttaisi keskeytyksen kyseisen päämuuntajan takaisiin lähtöihin. Varmistuksena kaikki Ketunkallion lähdöt, jotka olivat asennusten kohteena olevan päämuuntajan takana, siirrettiin toisen päämuuntajan taakse, jolloin keskeytyksien mahdollisuus minimoitiin mahdollisimman pieneksi. Asennustyöt sujuivat ilman sähkönjakelun keskeytyksiä ja päämuuntajat pysyivät verkossa. Kuvassa 7 on Ketunkallion asemalle asennettu valmis kaappi käyttöönotettuna ja toiminta valmiina. Aikaa järjestelmän asennukseen sähköasemalla kului noin 10 htp.



Kuva 7. Dlabin ohjauskaappi

Dlabin käyttöönotto tapahtui lokakuun lopulla. Käyttöönottoon oli varattu yksi htp, mutta käyttöönoton yhteydessä ei ilmennyt ongelmia, joten järjestelmä saatiin toimintaan jo muutamassa tunnissa. Käyttöönottoon osallistui VSV:n henkilöstöä paikan päällä Ketunkallion asemalla ja Dlabin henkilöstöä Ruotsista käsin. Käyttöönotto

aloitettiin yhteyksien tarkistamisella, jossa järjestelmän ylläpitäjät Dlabilta ottivat yhteyden Ketunkalliolle Dlabin reitittimeen. Tämän jälkeen Dlabin ylläpitäjät määrittivät lähtöjen havahtumisarvot järjestelmälle. Havahtumisarvot ovat pienimmät arvot, jotka sensorit havainnoivat poikkeamina normaalitilanteesta. Ketunkallion suojarleiden asetteluarvojen tiedot tarkistettiin VSV:n henkilöstön kanssa, jotta ne saatiin aseteltua Dlabin järjestelmän havahtumisarvoiksi. Havahtumisarvojen avulla järjestelmä tietää, millä arvoilla lähdön suojaus on suunniteltu toimimaan. Asetukset saatiin määritettyä Dlabin järjestelmälle ja järjestelmä alkoi seuraamaan keskijännitelähtöjen tapahtumia sähköasemalla ja tallentamaan vikahavahtumia.

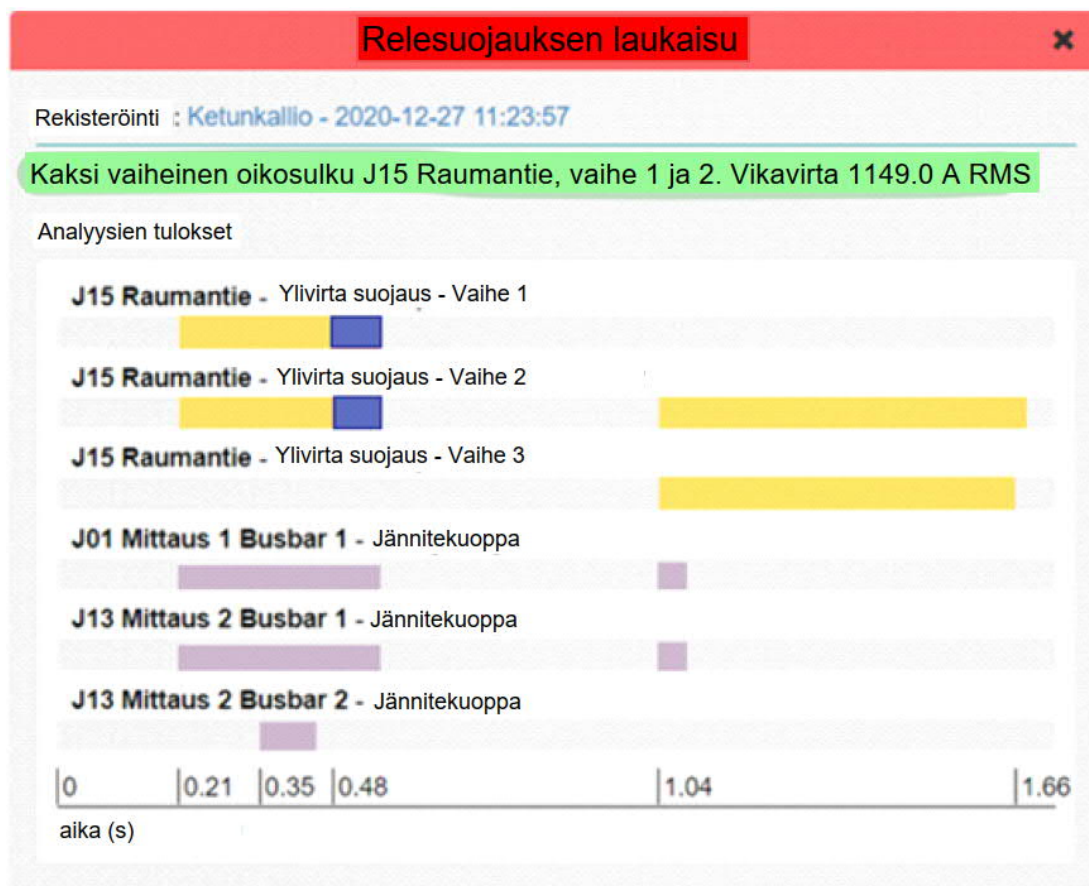
4.3 Häiriöanalysointi ja raportointi

Dlabin käyttöliittymä on rakennettu selainpohjaisesti toimivaan Qlikseen, jossa näkyy kaikki järjestelmän havainnoimat vikatilanteet. Kuvassa 8 näkyy erilaisia tapahtumia aikajärjestyksessä ja väri koodattuna. Keltaisella värillä merkityt tapahtumat ovat rekisteröintejä, joissa Dlabin järjestelmälle asetetut havahtumisarvot täyttyvät ja järjestelmä tallentaa tapahtuman. Oranssilla näkyvät ovat havahtumia, joissa lähdön vikatilanne täyttää asetetuista havahtumisarvoista vähintään 50 %, mutta suojaus ei ehdi havaita vikaa ennen sen häviämistä. Punaisella olevat tapahtumat ovat keskeytyksiä tai tapahtumia, joissa Ketunkallion suojarleiden asetteluarvot ylittyvät. Turkoosi väri on tapahtuma suuriresistanssiselle maasululle ja violetti väri on erillisen verkon tapahtuman tunnus, kuten kuormamuutokset, katkaisijan ohjaukset ja jännitekuopat. Tapahtumalistaan on merkitty jokaisen tapahtuman asema, päivämäärä ja kellonaika, lähdöt ja vikatyyppe. (Dlaboratory portal, 2021)

i	KET	2021-01-26 12:38:52	J10 Peruskoulu	Load change event	476				
i	KET	2021-01-19 21:56:45	J06 Hiu-Lepainen	Circuit breaker event	469				
i	KET	2021-01-19 21:55:45	J05 Santtio	High ohmic earth fault	468				
i	KET	2021-01-19 21:55:06	J02 Rantalinja, J01 Mittaus 1 Busbar 1, J13 Mittaus 2 Busbar 1, J06 Hiu-Lepainen	Neutral point overvoltage	464				
i	KET	2021-01-19 20:56:18	J01 Mittaus 1 Busbar 1, J13 Mittaus 2 Busbar 1	Neutral point overvoltage	463				
i	KET	2021-01-19 20:56:08	J13 Mittaus 2 Busbar 1, J01 Mittaus 1 Busbar 1	Neutral point overvoltage	462				
i	KET	2021-01-19 20:55:26	J02 Rantalinja	Load change event	461				
i	KET	2021-01-19 20:53:52	J02 Rantalinja, J01 Mittaus 1 Busbar 1, J13 Mittaus 2 Busbar 1	Non-directional overcurrent	460				

Kuva 8. Lista Dboxin tallentamista tapahtumista (Dlaboratory portal, 2021)

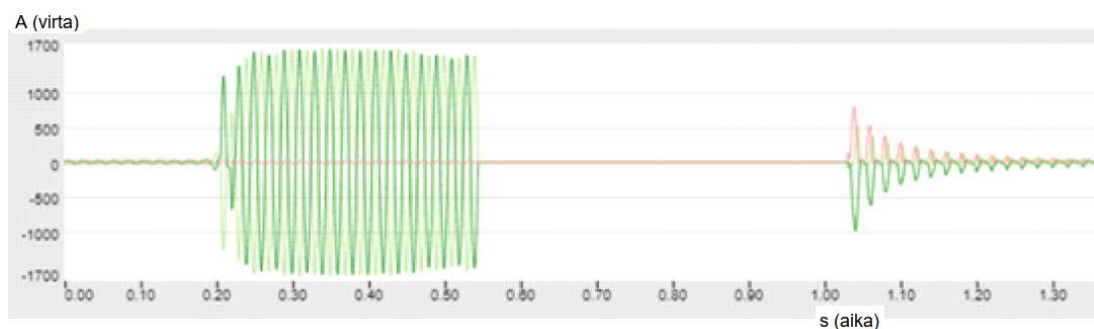
Kuvan 8 mukaisten erilaisten tapahtumien osalta pystytään erittelemään jokaisesta tapahtumasta oma lokinsa. Lokista pystyy näkemään kunkin tapahtuman tarkemmat tiedot. Kuvassa 9 on esitetty kaksivaiheisen oikosulun luoman keskeytyksen tiedot, jossa yläpalkki kertoo eri väreissä, mikä tapahtuma on kyseessä. Kuvassa 9 punainen yläpalkki kertoo, että kyseessä on relesuojauksen asetteluarvot ylittävä tapahtuma. Kuvassa on esitetty tapahtuman aika sinisellä tekstillä. Vihreällä näkyy keskeytyksen syy, lähtö, vialliset vaiheet sekä vikavirran suuruus (A). Analyysin tulokset kertovat, miten nopeasti keskeytys on tapahtunut. Keltaisena palkkina näkyy aika, jolloin lähtö on havainnut vian ja sininen palkki näyttää ajan, jonka lähtö on ollut keskeytyksessä. Mittaus osion violetti väri kertoo jännitekuopan pituudesta. (Dlaboratory portal, 2021)



Kuva 9. Tapahtumakirjaus Dlabin käyttöjärjestelmästä (Dlaboratory portal, 2021)

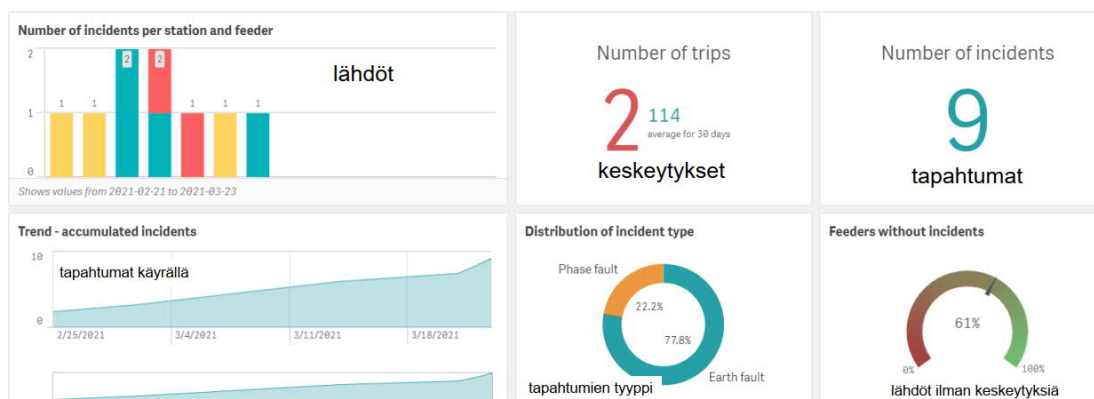
Kuvassa 10 näkyvät virtakäyrät, jokaiselle vaiheelle kuvan 9 oikosulun aikana. Kuvan 10 vasemmassa reunassa on virta-arvot (A) ja alareunassa aikajana tapahtumalle sekunneissa (s). Kuvasta nähdään, kuinka 0.20 sekunnin kohdalla oikosulku on tapahtunut ja 0.55 sekunnin kohdalla katkaisija on lauennut ja keskeytys alkanut. Yhden

sekunnin kohdalla on tapahtunut automaattinen jälleenkytkentä ja tilanne palautuu normaaliksi jälleenkytkennän jälkeen. (Dlaboratory portal, 2021)



Kuva 10. Oikosulun virtakäyrät (Dlaboratory portal, 2021)

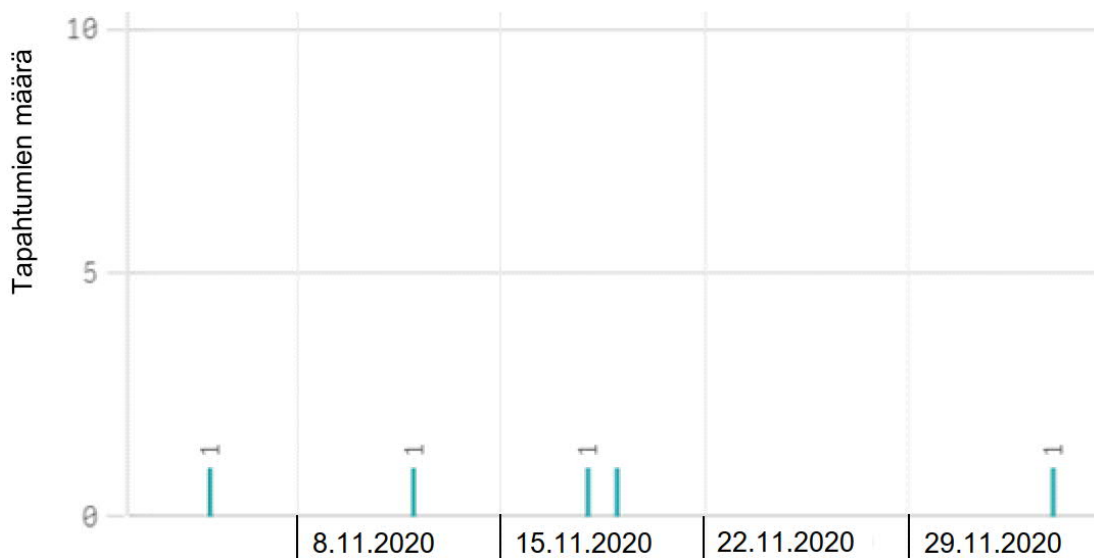
Dlabin käyttöjärjestelmästä löytyy dInsight osio, jossa verkon tapahtumista saadaan tarkempi kokonaiskuva pidemmältä aikaväliltä. Kuvassa 11 on yleisnäkymä dInsightista. Kuvassa 11 on otettu 30 päivän tarkastelu aika, mutta tarkastelu aikaa voi muuttaa tarvittavan pituiseksi. Kuvasta 11 löytyy vasemmalta ylemmästä laatikosta kaikki lähdöt ja tapahtumat värikoodeilla, kuten kuvasta 8. Keskimmäisenä ylhäällä on keskeytysten määrä ja oikealla ylhäällä on tapahtumien määrä. Vasemmalla alhaalla näkyy tapahtumien trendikäyrä, josta näkee esimerkiksi myrskyisemmät päivät jyrkempänä nousuna. Keskellä alhaalla on tapahtumien tyypit, josta näkee tapahtumien prosentuaaliset osuudet. Oikeassa alalaatikossa näkyy lähtöjen keskeytysmittarin, jossa prosentti luku kertoo ilman keskeytyksiä olevien lähtöjen määrän. (Dlaboratory portal, 2021)



Kuva 11. dInsight yleisnäkymä (Dlaboratory portal, 2021)

DInsightista näkee verkon tapahtumat jokaiselle lähdölle erikseen ja dInsightin ominaisuuksiin lukeutuu kuvan 12 mukainen aikajana, josta näkyy valitun jakson ajalta

verkon tapahtumat. Tapahtumien aikaväliä on mahdollista muuttaa ja tarkasteluun voi ottaa millaisen aikavälin tahansa. Kuvassa 12 ajanjaksoksi on valittu kuukausi ja kuvasta näkee, kuinka tapahtumia on ollut tasaisesti koko kuukauden ajan. DInsightissa on myös mahdollista erotella tapahtumat ja ottaa tarkasteluun vain osa tapahtumista, kuten korkea ohmiset maasulut tai oikosulut. (Dlaboratory portal, 2021)



Kuva 12. Yhden lähdön kuukauden tapahtumat aikajanalla (Dlaboratory portal, 2021)

Kaikista Dlabin tapahtumista on mahdollista saada hälytys reaaliajassa sähköpostitse. Sähköpostit sisältävät tietoja kuvista 8 ja 9. Sähköpostin avulla tiedot ovat nopeammin saatavilla ja tärkeät asiat koottuna helposti nähtäville.

Dlabin palveluihin kuuluu myös koontiraportoinnit, joita tulee viikoittain aina edellisen viikon tapahtumista ja kuukausittain isompana katsauksena kuluneeseen kuukauteen. Viikkoraporteissa käydään läpi kaikki edellisen viikon tapahtumat ja katsotaan kokonaiskuvaa viikon tapahtumista. Raporteissa nostetaan esille tapahtumat, jonka kaltaisia on mahdollisesti ollut aikaisemminkin samalla lähdöllä tai tapahtumat, jotka ovat poikenneet lähdön normaaleista arvoista. Viikkoraporteissa käsitellään lopuksi, onko viikon aikana olleiden tapahtumien osalta hyvä tehdä jatkotutkimusta. (Dlaboratory, 2020)

Kuukausiraportit käyvät pitkälti samoja asioita läpi kuin viikkoraportit. Jokainen kuukausiraportti käydään kuitenkin erillisessä palaverissa läpi ja tehdään huomioita tapahtumista laajemmalla mittakaavalla. Kuukausiraporteissa nähdään pidemmän aikavälin kokonaiskuva ja raportista on helpompi löytää jatkumot vioista ja tapahtumista. Kuukausiraporteissa on myös arvio kuukauden sähkönlaadusta viikoittain. Kuukausiraportin yhteenveto tiivistää vielä tärkeimmät asiat kuukaudelta ja tiedot ovat esitetty selkeästi. (Dlaboratory, 2021)

4.4 Vikojen paikannus Vakka-Suomen Voimalla Dlaboratoryn analyysien avulla

Dlabin häiriöanalyysit kertovat samat tiedot kuin Ketunkallion suojaroleiltä saatavat häiriötallenteet, joten varsinaista uutta informaatiota analyyseista ei olla saatu VSV:lla. Dlabin käyttöliittymästä häiriötilanteiden tiedot ovat kuitenkin helpommin saatavilla kuin häiriötallenteista ja raportointi on monipuolisempaa. Tapahtumien tietoja ei suoranaisesti pysty käyttämään vianpaikannukseen, mutta pidemmän seuranta-jakson avulla pystytään löytämään vioille alttiimmat lähdöt.

Dlabin avulla tehtävä vianpaikannus vaatii paljon taustatyötä, jotta järjestelmällä saataisiin paikannettua vikoja. Analyysien lisäksi tarvitaan jakorajamuutoksia, maastopartiointeja, ilma- ja lämpökuvauksia ja muuntamokierroksia lähdöille, jotta voitaisiin löytää mahdollisia vikapaikkoja. Lähtöjä, joilla on paljon tapahtumia, voidaan ottaa lähempään tarkasteluun ja etsiä vikapaikkoja tekemällä jakorajamuutoksia. Jakorajamuutosten avulla tapahtumat voidaan saada siirtymään toiselle lähdölle. Mahdollisen vikapaikan löytyminen vaatii kuitenkin partiointia maastossa jakorajamuutosten kohteena olleiden erottimien alueella.

Kuukausipalaverissa käytävien raporttien ja Dlabin järjestelmänsinöörin asiantuntijanäkemyksen avulla pystytään tekemään tutkimusta verkon tilanteesta. Pidemmän koikelujakson aikana järjestelmästä saattaa olla enemmän hyötyä, sillä verkon tapahtumista saadaan laajempaa tietoa. Varsinaista vianpaikannusta järjestelmällä on hankala suorittaa ilman taustatöitä, kuten jakorajamuutokset ja maastopartioinnit, mutta osittainen vianpaikannus edellä mainittujen taustatöiden avulla on mahdollista, vaikka se vaatiikin paljon aikaa. Ennakoivaan kunnossapitoon järjestelmä on tuonut hieman

enemmän kuin vianpaikannukseen. Isommassa mittakaavassa lähtöjen osalta pystytään Dlab analyysien avulla kohdentamaan, mitkä lähdöt kannattaa ottaa tarkasteluun. Ennakoivan kunnossapidon tarkempi kohdistaminen vaatisi kuitenkin vikapaikkalaskennan kuten vianpaikannuskin.

4.5 Dlaboratorin käyttökokemukset

Dlab häiriöanalysointijärjestelmä tarjoaa kattavat sähköasematason mittaustiedot VSV:lle. Dlabin analyysien tiedot ovat kuitenkin samat, joita aseman suojarileiltä saadaan. Aseman releiltä saatavat häiriötallenteet ovat hankalammin saatavilla kuin Dlabin analyysit. Dlab -käyttöliittymä, josta häiriöanalyysit näkyvät, on visuaalisesti hyvin rakennettu Qliksense raportoinnin avulla. Liittymä on järjestelmällinen ja helppo käyttää. Häiriöanalyysien tiedot on esitetty selkeästi käyttöliittymässä ja tapahtumatietojen etsimiseen ei tarvitse kuluttaa ylimääräistä aikaa.

Dlab häiriöanalyysien avulla vikoja on vaikea lähteä paikantamaan. Jotta vianpaikannus olisi mahdollista Dlab -järjestelmän kautta, tarvittaisiin yhteys verkkotietojärjestelmään, jossa on vianpaikannusominaisuus, muuten vianpaikannus vaatii paljon analysointityötä ja aika. Häiriöanalyysien avulla saadaan selville ainoastaan verkon tapahtumia ja lähdöt, joissa esiintyy erityisen paljon tapahtumia. Vaikka analysoitaessa löydettäisiin tarkistettava lähtö, täytyy silti suorittaa jakorajamuutoksia, maastopartiointeja ja muuta perinteisempää vianpaikannusta.

Dlab viikko- ja kuukausiraportit ovat kattavia ja yksityiskohtaisia. Raporteista saa tietoa verkon vikatilanteista ja niissä on avattu vikojen syitä ja kerrottu kohteita, jotka olisi hyvä tarkastaa. Kuukausittain pidettävän palaverin yhteydessä esiin nousseet tapahtumat ovat selkeitä vikatilanteita ja syytä tarkastaa. Kuukausipalaverit voivat tuoda pidemmällä kokeilujaksolla lisätietoa verkon tapahtumista, jotta ennakoivaa kunnossapitoa voitaisiin viedä eteenpäin.

Dlabin järjestelmällä on kehitettävää, jotta se voisi toimia ennakoivana vianpaikannusjärjestelmänä, joka pystyy alkavien vikatietojen perusteella kertomaan vikapaikan. Järjestelmään olisi mahdollista kehittää ominaisuuksia, jotta järjestelmä voisi

tulevaisuudessa toimia ennakoivasti vikojen ehkäisemisessä. Kehitettäviä ominaisuuksia ovat vikapaikkalaskenta ja kunnossapitokohteiden kohdennus.

Dlabin käyttökokemuksiin liittyen työhön haastateltiin kolme VSV:n verkkopuolen toimihenkilöä. Haastattelukysymykset löytyvät liitteestä 1. Vastaukset olivat suurimaksi osin hyvin yhtenäisiä ja vastaajien kokemukset välittyivät vastauksista hyvin.

Kunnossapidosta ja käyttökeskuksesta vastaava suunnittelija Tuure Nuotio kertoi haastattelussa Dlabin käyttöliittymän olevan selkeä ja helposti käytettävä. Järjestelmän toimivuuden osalta Nuotiolla ei ollut odotuksia ennen järjestelmän käyttöönottoa. Haluttua apua ennakoivaan vianpaikannukseen tai kunnossapitoon järjestelmä ei ollut tuonut ja Nuotio kertoi haastattelussaan, että järjestelmä vaatisi vikapaikkalaskennan, jotta järjestelmällä voisi paikallistaa vikoja. Nuotion mielestä Dlab ei ole onnistunut vianpaikannustehtävissä, vaikka mahdollisuuksia on ollut havaita lähtöjä, joista on löytynyt vikoja. Tämä hetkisten näyttöjen mukaan Nuotio ei näe järkevänä jatkaa Dlabin palveluja ensimmäisen vuoden kestävän palvelusopimuksen jälkeen. (Nuotio, 2021)

Käyttöpäällikkö Mikko Heinonen kommentoi haastattelussa, että oli ehtinyt perehtymään liian vähän järjestelmään saadakseen selkeää kuvaa järjestelmän toiminnasta. Heinosen mielestä järjestelmä tarvitsisi kuitenkin vikapaikkalaskennan, jotta järjestelmän avulla voitaisiin paikantaa vikoja tehokkaasti. Haastattelussaan Heinonen kertoi mielipiteensä Dlabin palveluiden jatkamisesta vuoden kokeilun jälkeen ja totesi jatkamisen tarpeettomaksi. (Heinonen, 2021)

Verkkojohtaja Juho Jussila totesi haastattelussa Dlab käyttöliittymän olevan monipuolinen ja helppokäyttöinen. Käyttöliittymästä oli löytynyt paljon monipuolisia raportteja ja tietoja virta- ja jännitearvoista. Jussila kehui Dlabin sähköpostiin tulevien hälytysten havainnollisuutta ja aihekeskeisyyttä. Jussila kertoi, että Dlabista saaduilla jännitekuopan tiedoilla on pystytty kertomaan asiakkaalle joissakin vikatilanteissa vian aiheuttajasta ja jännitekuopan syvyydestä. Dlabin tarjoamat kuukausipalaverit ovat olleet Jussilan mielestä hyvä tapa käydä läpi verkon tapahtumia ja kysyä Dlabin asiantuntijoilta lisätietoja tapahtumista. Dlabin komponenttikaapin toimituksesta löytyi kehitettävää Jussilan mielestä ja Dlabin olisi kuulunut toimittaa kaappi koottuna ja

valmiina asennettavaksi eikä laatikollista komponentteja. Jussila on ollut tyytyväinen ennakoivan vianpaikannuksen etenemiseen VSV:lla ja pitänyt Dlabin hankintaa eteenpäin vievänä askeleena ennakoivaan vianpaikannuksen suuntaan. Jussila totesi kuitenkin haastattelussa, että järjestelmä tarvitsisi vikapaikkalaskennan toimiakseen vianpaikannuksessa, kuten Nuotio ja Heinonen olivat todenneet omissa haastatteluissa. Palveluyhteistyön jatkamista pitää harkita erikseen Dlabin kanssa ensimmäisen vuoden jälkeen, koska järjestelmä on jo asennettu ja käyttökustannukset ovat kohtuulliset. Järjestelmän laajentamista muille sähköasemille ei vielä tässä vaiheessa nähty järkeväksi. Järjestelmä vaatii kuitenkin perehtymistä ja resursointia vikatilanteiden hallintaan. (Jussila, 2021)

4.6 Referenssit ruotsalaisilta verkkoyhtiöiltä

Työhön pyydettiin Dlabin järjestelmäinsinööriltä tietoa, miten järjestelmä on toiminut Ruotsissa, koska Dlab järjestelmä asennettiin VSV:lle ensimmäisenä Suomessa. Dlab on käytössä liki 80 sähköasemalla ruotsissa, joten hyödynnettyjä menetelmiä löytyi muutamia.

Dlabin järjestelmäinsinöörin mukaan suoranaista apua Dlabistä ei ole ollut vikojen löytämiseen, mutta Dlab analyysien ansiosta syöttöjä, joissa on ollut poikkeuksellisen paljon alkavia vikoja ja muutamia keskeytyksiä, on otettu lähempään tarkasteluun. Tarkastelun aikana vikoja on lähdetty etsimään jakorajamuutosten avulla. Muutoksien tarkoituksena on ollut nähdä kumpaan lähtöön mahdollinen vika jää. Kun jakoraja muutosten avulla on selvitetty vikapaikan mahdollinen sijainti, tarkastettiin mahdollisen vikapaikan komponentit ja vaihdettiin vanhat, mahdollisesti vialliset komponentit uusiin. Tämän jälkeen palautettiin jakoraja muutokset ja tarkasteltiin, poistuiko alkavat viat tai keskeytykset lähdöltä. (Järjestelmäinsinööri, 2020)

5 DLABORATORY TAPAHTUMAT JA REFERENSSIT

5.1 Dlaboratory case-esimerkit

Marraskuussa 2020 Rantalinjan lähdössä välillä Torlahti-Pyhämaa löytyi puu keskijännitelinjalta. Puu makasi PAS-johdolla (päällystetty avojohto), joten puu on voinut olla linjalla jonkun aikaa ilman keskeytyksiä. Tapahtuman maasulkuarvot jäivät hyvin pieniksi, jolloin releiden asetteluarvot eivät välttämättä ylity ja suojaus ei laukaise lähtöä. Dlab sensorit ovat kuitenkin asetettu paljon herkemälle kuin releet, joten Dlab analyyseissä pitäisi näkyä alkava vika Rantalinjan lähdöllä. Dlab ei havainnut tapahtumasta mitään. (Nuotio, 2020)

Joulukuussa 2020 Uudenkaupungin keskustan aluetta syöttävä Ketunkallion aseman Janhuan lähtö laukaisi maasulusta. Janhuan lähdöstä löydettiin kaapelivika kahden muuntamon väliltä. Vikaantunut kaapeli oli paperieristeistä APYAK 120 ja asennettu 1973. Vanhan paperieristeisenkaapelin jatkos oli vikaantunut ja aiheuttanut maasulun. Dlab oli havainnut ainoastaan yhden tapahtuman Janhuan lähdössä noin kuukautta aikaisemmin marraskuussa.

Janhuan lähdössä olleen vian seurauksena ketunkalliolta laukesi myös Hirvitien lähtö. Mahdollinen alkava vika huomattiin sekä VSV:n että Dlabin toimesta, joten lähtö päätettiin käydä tarkastamassa. Santtion lähtö on lähes kokonaan maakaapeliverkkoa, joten tarkastaminen tarkoitti muuntamokierrosta, jossa tarkistettiin muuntajien ja kaapelipäätteiden kunto ja otettiin kuvat lämpökameralla. Heti lähdön ensimmäisestä muuntamosta löydettiin muuntaja, joka oli vuotanut öljyä tiivisteiden välistä. Muuntajatila oli öljyn peittämä ja muuntajasta tippui öljyä. Tarkastuksen jälkeen muuntaja vaihdettiin kyseiseltä muuntamolta. (Katunpää, 2020)

2020 joulukuussa Uudenkaupungin keskustassa oli myös toinen vikatilanne, josta Dlab ei tehnyt minkäänlaista havaintoa. Uudenkaupungin keskustassa olevan Ulpun kaukokäyttö-erotinaseman ohjauksia testattiin, jolloin jakoraja siirrettiin käsierottimelle. Testausten aikana huomattiin, että käsierotinta ohjattaessa yhden vaiheen

ohjausvarsi oli mennyt poikki ja neljältä muuntopiiriltä puuttui yksi kj-vaihe. Tilanteessa verkkoon syntyi epäsymmetriaa erottimen jälkeiseen verkkoon. (Nuotio, 2020)

Muutamien tapahtumien osalta VSV on pystynyt hyödyntämään jännitekuoppien tapahtumatietoja vikatilanteissa ja asiakasyhteisissä. Jännitekuoppien analyysit ovat olleet hyödyllistä tietoa VSV:lle ja analyysien avulla on saatu tietoa sekä 110kV:n että 20kV:n puolella tapahtuvien häiriöiden jännitekuopista. Jännitekuoppien analyysien avulla on pystytty antamaan asiakkaille tietoa jännitekuoppien syvyydestä ja aiheuttajasta joissain tapauksissa. Analyysien tiedoista on pystytty tunnistamaan, onko vika 110kV vai 20kV puolella. (Dlaboratory portal, 2021)

Tammikuussa 2021 Sorvakon lähdössä tapahtui virheellinen ohjaus, jossa maadoituserotin ohjattiin kiinni kuormaa vasten. Ohjauksen takia kaikki kolme vaihetta olivat hetkellisesti oikosulussa ja kunnes suojaus avasi katkaisijan. Oikosulku aiheutti katkoksen Sorvakon lähtöön, mutta oikosulun aiheuttama jännitekuoppa näkyi koko Uudessakaupungissa. Jännitekuoppaan aikana jännite tippui 28 %:iin normaalista, normaalilla tarkoitetaan standardien mukaista nimellisjännitettä, joten kyseessä on hyvin suuri jännitekuoppa. Uudessakaupungissa asuvan VSV:n työntekijän mukaan pesukone oli pysähtynyt jännitekuopan aikana. (Dlaboratory portal, 2021)

Huhtikuussa 2021 yhden päivän aikana esiintyi vikoja 110kV ja 20kV jännitetasoilla. Aamulla kello kuuden jälkeen Dlab havaitsi jännitekuopan, jolloin jännite laski 80 %:iin normaalista. Myöhemmin päivällä tuli tiedote Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridiltä, että 110kV verkossa on ollut vika kauempana Uusikaupunki-Naantalinsalmi välillä. Saman päivän aikana iltapäivällä Dlab ilmoitti Ketunkallion asemalta uudesta jännitekuopasta. Kyseessä oli pienempi jännitekuoppa, jossa jännite laski 87 %:iin normaalista. Maastossa ollut työryhmä paikansi vian Kalanti-Kylähiisi välille, jossa oli puu 20 kV:n linjalla. (Dlaboratory portal, 2021)

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää, pystytäänkö Dlab -järjestelmää hyödyntämään vianpaikannuksessa, ja voidaanko häiriöanalyysien avulla kohdentaa vikapaikkoja riittävän tarkasti vikapaikan löytämiseksi. Järjestelmän avulla haluttiin myös viedä korjaavaa kunnossapitoa enemmän ennakoivaan suuntaan, jotta investoinnit voitaisiin kohdentaa oikeisiin paikkoihin ja parantaa sähkönjakelun toimitusvarmuutta.

Työssä käytiin läpi syitä ennakoivan vianpaikannuksen tarpeelle ja vikatilanteita, joita ennakoivalla vianpaikannuksella pitäisi pysytää paikallistamaan. Työn tarkoituksena oli todeta, soveltuuko Dlab häiriöanalysointijärjestelmä paikantamaan vikoja ennakoivasti ja löytämään kunnossapidon tarpeessa olevat komponentit. Työssä kerrottiin vianpaikannuksesta yleisesti ja käytiin läpi perinteisiä vianpaikannuskeinoja, joiden ohella ennakoivaa vianpaikannusta voitaisiin hyödyntää. Perinteisten vianpaikannusmenetelmien käyttäminen perustuu olemassa olevaan vikaan ja sen aiheuttamaan keskeytykseen, mutta ennakoivan vianpaikannusjärjestelmän avulla keskeytyksiä voitaisiin vähentää, jos alkavat viat pystyttäisiin korjaamaan ennen keskeytystä.

Työssä tutkittiin Dlab häiriöanalysointijärjestelmän ominaisuuksia. Todettiin, että Dlabin -järjestelmä tuottaa kattavaa tietoa sähköasemalla ja sen lähdoissä tapahtuvista häiriöistä. Huomattiin kuitenkin, että Dlab -järjestelmän avulla ei pystytä tuottamaan riittävän tarkkaa vikapaikkaa häiriöanalyysien avulla, jotta vika voitaisiin paikallistaa ja korjata. Jotta vianpaikannus onnistuisi, Dlab -järjestelmä tarvitsisi käytöntukijärjestelmän vianpaikannusominaisuudella, jolloin vianpaikannus olisi tarkempaa ja helpompaa. Järjestelmän nykyisten häiriöanalyysien avulla ei voi paikantaa vikoja yksinään, mutta huomattiin, että analyyseistä saatujen tietojen mukaan pystyttiin löytämään lähtö, jossa mahdollinen vika on ja lähtö voitiin ottaa lähempään tarkasteluun. Lähemmin tarkasteluna lähdölle voitiin tehdä erilaisia toimenpiteitä järjestelmän ulkopuolella, jotta vikapaikka saataisiin selville. Erilaisiin toimenpiteisiin kuuluivat jakorajamuutokset, maastopartioinnit, eristysvastusmittaukset sekä ilma- ja lämpökuvaukset. Toimenpiteiden suorittamisen jälkeen pystyttiin löytämään vikapaikka ja tekemään korjaavat toimenpiteet.

Kaiken kaikkiaan järjestelmästä ei kuitenkaan saatu merkittävää apua ennakoivaan vianpaikannukseen tai kunnossapitoon. Johtopäätöksenä tästä on, että Dlab ei sovellu tämänhetkisten ominaisuuksiensa perusteella ennakoivaksi vianpaikannusjärjestelmäksi, mutta kattavaksi sähköasematason mittaukseksi ja raportointijärjestelmäksi Dlab on monipuolinen järjestelmä. Dlabin häiriöanalysointijärjestelmältä löytyy potentiaalia, jotta järjestelmää voitaisiin tulevaisuudessa käyttää ennakoivaan vianpaikannukseen. Järjestelmä vaatii kuitenkin vielä kehittämistä ennen kuin ennakoiva vianpaikannus on mahdollista suoraan järjestelmän avulla.

Opinnäytetyön kirjoittaminen oli opettavainen prosessi, joka kehitti tieteellistä kirjoittamista ja aikataulujen luomista. Aiheena ennakoivan vianpaikannuksen kehittäminen oli mielenkiintoinen ja työ opetti paljon vianpaikannuksesta keskijänniteverkossa. Työssä käytettiin ulkomaisen toimijan luomaa Dlaboratoy häiriöanalysointijärjestelmää, jonka kautta yhteistyö ulkomaisen yrityksen kanssa tuli tutuksi. Dlabin käyttö ja tiedon hakeminen järjestelmästä olivat osittain haastavavia, sillä järjestelmä asennettiin VSV:lle ensimmäisenä Suomessa ja tietoa järjestelmästä löytyi ainoastaan Dlabin tietolähteistä. Opinnäytetyöstä saattaa olla apua suomalaisille verkkoyhtiöille, jotka etsivät tietoa Dlabista. Työn kirjoittamisesta saadun tietotaidon avulla on mahdollista ohjata ja suunnitella vastaavanlaisia projekteja ja opastaa muita yrityksiä järjestelmän toiminnassa.

LÄHTEET

Alliance Engineering, 2021. *Sähköpalvelut*.

Haettu: 18.3.2021 osoitteesta <http://isz-etl.ru/uslugi/>

Järjestelmäinsinööri, (11.11.2020) *Referenssit ruotsalaisilta yhtiöiltä sähköpostihaastattelu* Dlaboratoryn Järjestelmäinsinöörin kanssa.

BAUR, G., (15.4.2021). *MA 821-070 BAUR Manual Cable Fault Location*, Rajoitettu saatavuus.

Dlaboratory portal, 2021. *Dlaboratory portal*.

Haettu: 1.4.2021 osoitteesta <https://portal.dlaboratory.com/>, Rajoitettu saatavuus.

Dlaboratory, (30.11.2020). *Viikkoraportti*, Victor Bagge, Rajoitettu saatavuus.

Dlaboratory, (12.3.2021). *Kuukausiraportti*, Victor Bagge, Rajoitettu saatavuus.

Ensto, 2021. *Toimintavarmempi sähköverkko – ensimmäiset Auguste - kuormanerotin asennettiin Suomeen*.

Haettu: 14.4.2021 osoitteesta <https://www.ensto.com/fi/yhtio/uutiset-ja-media/referenssit/Phase-Balancer-virrantasaaja-parantaa-oikosulkuvirtaa/toimintavarma-sahkoverkko-auguste-kuormanerotin/>

Finlex, 2021. *Edita Publishing Oy*.

Haettu: 23.3.2021 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Heinonen, M., (26.3.2021). *Dlaboratory käyttökokemukset* haastattelu Mikko Heinosen kanssa.

Helsingin laatulaite Oy, 2021. *Helsingin laatulaite*.

Haettu: 18.3.2021 osoitteesta

<http://www.helsinginlaatulaite.fi/tuotteet/?product=Maakaapeli+vianpaikallistaja+8-K>

Jussila, J., (6.4.2021). *Dlaboratory käyttökokemukset* haastattelu Juho Jussilan kanssa.

Katunpää, A., (14.12.2020). *Vikaraportti*, Rajoitettu saatavuus.

Lakervi, E. & Partanen, J., 2008. *Sähköjakelutekniikka 609*. Otatieto.

Mörsky, J., 1992. *Relesuojaustekniikka*. Hämeenlinna: Otatieto.

Nuotio, T., (23.12.2020). *Vikaraportti*, Rajoitettu saatavuus.

Nuotio, T., (31.3.2021). *Dlaboratory käyttökokemukset* haastattelu Tuure Nuotion kanssa.

SENER, Sähköenergiaaliitto ry, (9.3.2021). *Keskijänniteverkon sähköinen mitoittaminen (korvaa verkostosuosituksen SA 5:84)*. Rajoitettu saatavuus.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2012. Yleistä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Teoksessa: *SFS-käsikirja 600-2*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, pp. 281-312.

Vakka-Suomen Voima Oy, 2020. *www-sivut*.
Haettu: 15.12.2020 osoitteesta <https://vsv.fi/>

Vakka-Suomen Voima, 2021. *Trimble NIS -verkkotietojärjestelmästä tulostetut tiedot*.

Haastattelu kysymykset

1. Millaisia käyttökokemuksia sinulla on Dlab -järjestelmästä?
 - Missä tilanteissa olet käyttänyt järjestelmä?
 - Onko järjestelmä auttanut sinua tilanteessa?
2. Onko Dlab -järjestelmää ollut helppo käyttää?
3. Onko Dlab -järjestelmä vastannut odotuksia?
 - Toteutuivatko odotukset järjestelmän ominaisuuksista?
 - Onko järjestelmä antanut odotettua tulosta vianpaikannukseen ja ennakkoivaan kunnossapitoon?
 - Ks. Johdanto kappale tavoitteet
4. Onko Dlab -järjestelmän hankinta ollut onnistunut?
5. Onko sinulla parannus ehdotuksia Dlab -järjestelmälle?
 - , jotta se olisi toimivampi
6. Onko Dlab -järjestelmän ylläpitoa mielestäsi järkevää jatkaa ensimmäisen vuoden jälkeen?
7. Onko mielestäsi järkevää laajentaa Dlab -järjestelmää muille asemille?