

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

Dnro 13443/06/2010

**Kuolemaan johtanut sähkötapaturma Alajärven sähköasemalla
18.11.2010**

Tutkijaryhmä:
Sakari Hatakka
Timo V. Pietilä
Leila Öhman

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTIN TIIVISTELMÄ

Onnettomuustapaus	Kuolemaan johtanut sähkötapaturma Alajärvellä
Tapahtuma-aika	18.11.2010 klo n. 17:00
Tapahtumapaikka	Alajärven sähköasema Kyyjärventie 1919, 62900 ALAJÄRVI
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista (mitä tapahtui, syyt, seuraukset)	<p>Kantaverkon 400 kilovoltin (kV) Alajärvi - Pikkarala itäinen voimajohto oli ollut poissa käytöstä ukkosköysien vaihtotyön ja muiden siirtokeskeytyksen aikana tehtävien huolto- ja korjaustöiden vuoksi.</p> <p>Ennen jännitteen kytkemistä johtoon oli tarkoitus varmistua mittaamalla, että voimajohtoryhmien siirrettävillä työmaadoitusvälineillä johtimiin tekemät lisätyömaadoitukset oli poistettu työn päätyttyä. Mittaus tuli tehdä erityisellä voimajohdolle unohtuneen työmaadoituksen toteamislaitteella.</p> <p>Mittausta valmistellessaan ja liittäessään mittalaitteen liitosjohdon pistotulppaa jatkojohdokelan pistorasiaan sai Alajärven sähköaseman 400 kV:n kentällä työskennellyt 22-vuotias kytkinlaitos asentaja tappavan sähköiskun mittalaitteen ja sen verkkoliitäntäjohdon kautta purkautuneesta, mitattavaan johtoon latautuneesta jännitteestä.</p> <p>Tapaturmaan johtanut välitön syy oli, ettei mittalaitteen käyttöönottoa ja mittausjärjestelyjä tehty Alajärven sähköasemalla mittalaitteen turvallisesta käytöstä annetun ohjeiden ja opastuksen mukaisesti. Mittaustyön olennaisimmat turvallisuuksitekijät, mittalaitteen maadoitus ja mitattavan johdon työmaadoitus olivat tekemättä.</p> <p>Muita tapahtumien kulkuun ja tapaturmaan välillisesti vaikuttaneita tekijöitä olivat mm. puuttuvat työohjeet, koordinaation puute käyttötöiden turvallisuuden organisoinnissa sekä poikkeamat käyttötoiminnalle laadituista ohjeista.</p>
Tutkijaryhmän ehdottamat toimenpiteet vastaa- van onnettomuuden ehkäisemiseksi	<p>Käyttötoiminnasta laadittuja ohjeita ja sovittuja käytäntöjä tulee noudattaa. Vastuuhenkilöiden on valvottava ohjeiden noudattamista.</p> <p>Työmaadoitustoteamislaitteen käytölle on suositeltavaa etsiä korvaavia ratkaisuja. Jos mittalaitetta jatkossa käytetään, on koko mittausmenettelylle ja siihen liittyvälle käyttötoiminnalle tehtävä vaarojen tunnistaminen ja riskinarviointi. Käytäntö verkonhaltijan vastuulla olevien työmaadoitusten turvallisesta kytkentätilanteesta mittausten alkutilanteessa tulee arvioida uudelleen. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laitteen käyttöohjeisiin, mittausmenettelyn ohjeistukseen ja dokumentointiin sekä yksintyöskentelyyn.</p> <p>Verkottuneessa toiminnassa käyttö- ja kunnossapitotoimintaan osallistuvien toiminnanharjoittajien keskinäistä tiedonvaihtoa ja koordinaatiota tulee tiivistää entisestään.</p> <p>Yksittäisissä työkohteissa -erityisesti yksintyöskenneltäessä- paikalliskytkijöiden ja työryhmien, kuten mittausryhmän, yhteydenpidosta tulee sopia täsmällisesti.</p> <p>Latausjännitteeseen ilmiönä, sen vaaroihin ja oikeisiin työmenetelmiin tulee kiinnittää jatkossa enemmän huomiota (esim. toiminnanharjoittajien sisäisissä koulutuksissa ja sähkötyöturvallisuuskoulutuksessa SFS 6002/ SÄTKY).</p>
Tutkintaraportin päiväys	30.06.2011
Tutkijaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset	Sakari Hatakka Timo V. Pietilä Leila Öhman

KUOLEMAAN JOHTANUT SÄHKÖTAPATURMA ALAJÄRVEN SÄHKÖASEMALLA 18.11.2010

1. TAUSTAA

Kantaverkon 400 kilovoltin (kV) Alajärvi - Pikkarala itäinen voimajohto oli ollut poissa käytöstä ukkosköysien* vaihtotyön ja muiden siirtokeskeytyksen aikana tehtävien huolto- ja korjaustöiden vuoksi.

** Ukkosköydet asennetaan voimajohdon ylimmiksi johtimiksi suojaamaan johtoa salamaniskuilta. Salaman iskiessä ukkosjohtimeen ohjautuu salamavirta maadoituksia pitkin maahan ja estää näin vaarallisten jännitteiden syntymisen pylvään johtaviin rakenteisiin ja niiden ympäristöön.*

Työt oli saatu sellaiseen vaiheeseen, että johto oli otettavissa väliaikaisesti siirtoon. Käyttöönotto ja sitä edeltävät käyttötoimenpiteet oli suunniteltu toteutettavaksi torstaina 18.11.2010 varsinaisen työajan jälkeen.

Johdon käyttöönottoa varten oli sähköasemilla sovitusti paikalliskytkijät, joiden tehtävänä oli mm. varmistua silmämääräisesti siitä, että kantaverkon verkkokeskuksesta Hämeenlinnasta kaukokäytettävät kytkinlaitteet toimisivat suunnitellusti.

Kytkenätoimenpiteiden lisäksi, ennen jännitteen kytkemistä johtoon, oli tarkoitus varmistua mittamalla, että voimajohtotyöryhmien siirrettävillä työmaadoitusvälineillä johtimiin tekemät lisätyömaadoitukset oli poistettu työn päätyttyä. Mittaus tuli tehdä erityisellä voimajohdolle unohtuneen työmaadoituksen toteamislaitteella.

Kun voimajohdon käyttöönoton ja mittauksen kannalta tarpeelliset kytkinlaitteiden, ennakkoon suunnitellun palautuskytkennän mukaiset, kauko-ohjaukset olisi tehty ja todettu, tuli Alajärven sähköasemalla työskennelleen kytkinlaitos asentajan tehdä mittalaitteen kytkentä ja suorittaa mittaukset. Mittausta oli tarkoitus tehdä yhteistyössä 'johdon toisessa päässä' Pikkaralan sähköasemalla työskennelleen paikalliskytkijän kanssa, jonka tehtävä oli avustaa mittausta siirrettävällä työmaadoitusvälineellä.

Alajärven sähköasemalla työskennellyt 22-vuotias kytkinlaitos asentaja menehtyi johdon käyttöönotossa 400 kV:n kytkinkentälle saatuaan sähköiskun, mittalaitteen verkkoliitäntäjohdon kautta purkautuneesta, mitattavaan johtoon latautuneesta jännitteestä **.

Erotetun mitattavan johdon rinnalla n. 225 kilometrin matkan kulkeva siirrossa ollut läntinen voimajohto oli aiheuttanut jälkeensä tehtyjen laskelmien mukaan n. 7 kilovoltin latausjännitteen mitattavaan avojohtoon.

*** Virrallisen (voima)johdon läheisyydessä olevaan toiseen johtoon aiheutuu kapasitiivisesti tai induktiivisesti siirtyvä ns. latausjännite.*

2. TAPATURMAN TUTKINTA

Tapaturma sattui torstaina 18.11.2010 n. klo 17.00. Pelastuslaitoksen saapuessa tapahtumapaikalle jouduttiin uhri toteamaan kuolleeksi.

Poliisi tutki tapahtumapaikan heti tapaturman satuttua. Tukes sai tiedon tapaturmasta seuraavana päivänä 19.11.2010 ja tutkintaryhmä nimettiin vielä samana päivänä. Tukesin tutkijaryhmä tutustui onnettomuuspaikkaan 23.11.2010 yhdessä poliisin (Etelä-Pohjanmaan poliisilaitos) ja Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintoviraston työsuojelun vastualueen (Seinäjoen toimipiste) tarkastajan kanssa. Yhteistyötä tehtiin koko tutkinnan ajan.

Tukesin tutkintaryhmällä oli käytössään seuraava materiaali:

- Ilmatieteen laitoksen selvitys tapaturman aikaisesta säätilasta
- toiminnanharjoittajilta saadut selvitykset mm. sähköalan työn turvallisuuden valvonnan järjestelyistä, henkilöstön sähköalan koulutuksesta, työkokemuksesta, toteutuneesta sähkötyöturvallisuuskoulutuksesta ja opastuksesta
- verkonhaltijalta saatuja selvityksiä mm. sähköalan työn ja käytön turvallisuuden valvonnan järjestelyistä, kytkentäpäätös ja kytkentätilanne onnettomuushetkellä
- laitteiston kunnossapitoon ja tarkastuksiin liittyviä asiakirjoja sekä laitteiston piirustuksia ja kaavioita
- mittalaitteen käyttöohje, piirikaavio, komponenttiluettelo ja tekniset tiedot laitetta suojaavasta ylijännitesuojasta
- asiantuntijalaskelmia latausjännitteen suuruudesta mitattavassa johtimessa onnettomuushetkellä
- onnettomuuteen liittyviä tallenteita
- Poliisin rikosteknisen laboratorion lausunto tutkitusta onnettomuudessa käytetystä mittalaitteesta

3. TAPAHTUMAPAIKAN JA VOIMAJOHTO-OSUUDEN KUVAUS

Kantaverkon Alajärvi - Pikkarala voimajohto-osuus on 400 kilovoltin ns. kaksoisjohto.

Pikkaralan sähköasema *** sijaitsee Oulussa, josta etäisyyttä Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevalle Alajärven sähköasemalle on n. 225 kilometriä. Johto-osuuden puolella välissä avojohdot kulkevat Uusnivalan sähköaseman kautta ja liittyvät siellä sarjakompensointilaitteistoihin ****.

*** Sähköasemat ovat sähköverkon risteyskohtia, joissa sähkönsiirto voidaan jakaa eri johdoille ja muuttaa siirrettäviä jännite-tasoja. Aidattujen sähköasemien sisäpuolella sijaitsevat verkon käyttötoiminnan kannalta olennaiset kytkinlaitteet mm. katkaisijat, erottimet ja maadoituskytkimet. Katkaisija kykenee katkaisemaan ja kytkemään piirissä esiintyvät kuorma- ja vikavirrat. Erottimella saadaan aikaan näkyvä avausväli laitteiston jännitteettömäksi tehtyjen virtapiirien välille mm. turvallista työskentelyä varten. Maadoituskytkimillä samoin kuin siirrettävillä työmaadoitusvälineillä tehdyillä maadoituksilla estetään työkohteen tuleminen vaaralliseksi jännitteiseksi esim. erottamiseen käytetyn kytkinlaitteen virheellisen käytön tai virhetoiminnan takia tai muista syistä laitteistoon tulleen odottamattoman jännitteen takia. Tällaisia tilanteita voivat aiheuttaa mm. rinnakkaiset ja ris-teävät johdot.

**** Sarjakompensointilaitteistolla voidaan nostaa sähköverkon siirtokykyä. Sarjakompensointilaitteistossa käytetään kondensaattoreita kompensoimaan pitkien siirtolinjojen induktiivinen reaktanssi, mikä mahdollistaa suuremman tehonsiirron voimajohdolla.

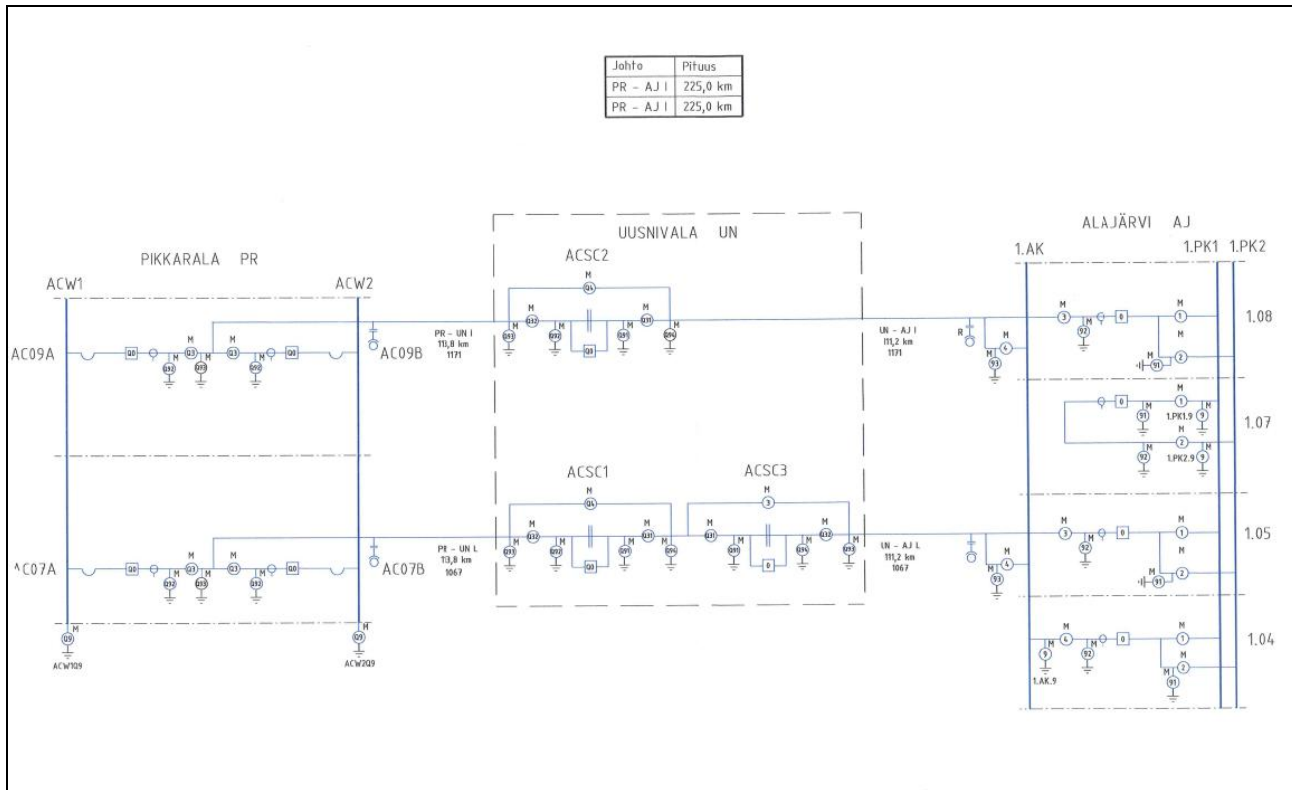
Rinnakkaisissa teräspylväissä kulkevista 400 kV:n voimajohdoista oli itäinen johto ollut poissa käytöstä siihen tehtävien ukkosköysien vaihdon ja muiden siirtokeskeytyksen aikana tehtävien laitteiston huolto- ja korjaustöiden vuoksi.

Töitä varten toteutettu keskeytys ja sitä varten tarvittavat laitteiston osien erotukset kaikilta mahdollisilta syöttösuunnilta sekä päätyömaadoitukset oli toteutettu kytkentäohjelmaksi hyväksytyyn kytkentäsuunnitelman mukaisesti.

Työkohteena ollut johto-osuus oli erotettu sähköasemilla muusta verkosta kaksipilarisilla kiertoerottimilla ja päätyömaadoitettu erottimien toispuoleisilla oikosulkukestoisilla maadoituskytkimillä. Uusnivalan sarjakompensointiasemalla oli kompensointilavat erotettu kaikkivaiheisesti voimajohdosta ja työmaadoitettu maadoituskytkimillä.

Jännitteen kytkemisen estäminen johtotyöalueelle oli toteutettu sekä verkkokeskuksesta kauko-ohjauksella että paikallisesti sähköasemien kytkinkentillä tehdyillä lukituksilla. Kytkinlaitteiden ohjaimet oli varustettu kytkinkentällä ohjauksen kieltävillä kilvillä.

Pikkaralan sähköasemalla on itäisen voimajohdon vaihejohtimien merkintöinä käytetty tunnuksia L1 - L2 - L3. Alajärven sähköasemalla on voimajohdon merkinnöissä käytössä vanhempi järjestely ja johtimet merkitty R - S - T. Vaihejärjestys ja tunnuksukset ovat kuitenkin aina siten, että merkintä L1 vastaa vaihetta R, L2 vaihetta S ja L3 vaihetta T.



Kuva 1. Johtokaavio Alajärvi - Uusnivala - Pikkarala

3.1 TYÖMAADOITUSTEN TOTEAMISLAITE

Mittalaite on tarkoitettu käytettäväksi 110 - 400 kV:n voimajohdoille mahdollisesti unohtuneen työmaadoitusvälineen toteamiseen, ennen jännitteen kytkemistä johtoon. Toteaminen tapahtuu laitteen kehittämällä tasajännitteellä ja -virralla.

Mittauslaitteisto koostuu metallisesta laitekotelosta, verkkoliitäntäjohdosta (230 V), kauko-ohjaimesta johtoineen sekä mitta- ja maadoitusjohtimista. Laitteen kauko-ohjaimessa on kolmiasentoinen valinta- / ohjauskytkin (0 - 1 - TOT) sekä voltti- ja ampeerimittarit.

Laitteen mukana olevassa käyttöohjeessa on annettu mm. seuraavia sen käytössä noudatettavia turvallisuustoimenpiteitä:

- Laite on pidettävä maadoitettuna koko mittaustapahtuman ajan. Laitteeseen kuuluva maadoitusjohdin ($\varnothing 70 \text{ mm}^2$) yhdistetään sähkö- tai erotinaseman maadoitettuun teräsrakenteeseen.
- Laitteen mittajohtimen käyttöeristys ei vastaa kosketussuojaiselle rakenteelle asetettuja vaatimuksia, josta syystä mittajohtimeen ei saa mittauksen aikana koskea eikä sen välittömässä läheisyydessä olla. Etäisyyden mittajohtimesta mittauksen suorittajiin tulee olla 400 kilovoltilla 3,5 metriä.
- Mittalaitteen metalliseen koteloon ei saa mittaustapahtuman aikana koskea, koska mahdollinen ylijännite tai kytkentävirhe voi aiheuttaa maasulun laitteen kautta.

Mittauslaitteiston kokoaminen ja laitteen toimintakunnon varmistaminen

Kun mittausjohtimet ja kaukosäädin on kiinnitetty mittalaitteeseen, on sen toimintakunto varmistettava käyttöohjeen mukaisesti ennen suoritettavaa mittausta. Ennen toimenpiteitä, joilla laitteen toimintakunto varmistetaan, on kaikki tutkittavan voimajohdon vaiheet työmaadoitettava mitattavalla asemalla (onnettomuuteen johtaneessa työssä Alajärven sähköasemalla).

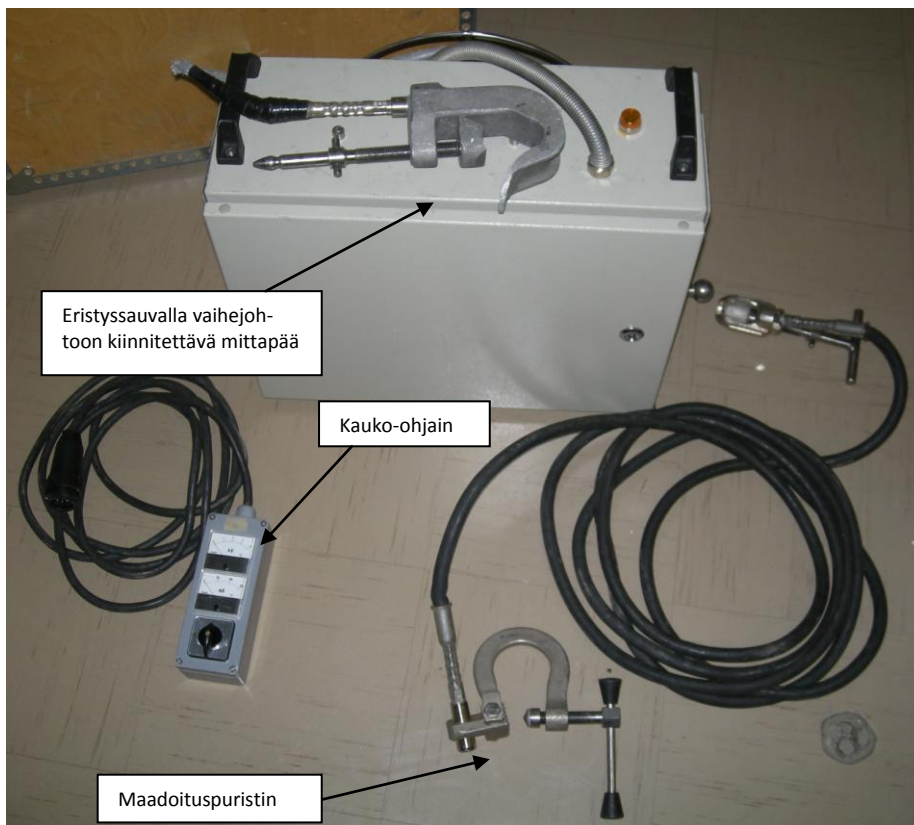
Mittauslaitteiston kokoaminen ja ohjeen mukainen kytkentäjärjestys:

1. laite maadoitetaan kiinnittämällä maadoitusjohdin puristimella maahan yhteydessä olevaan johtavaan rakenteeseen
2. kauko-ohjaimen kaapeli kiinnitetään laitekotelon liittimeen ja varmistutaan, että kauko-ohjaimen ohjauskytkin on asennossa 0
3. mittajohdinten vaiheiliitin kiinnitetään eristyssauvan ohjaussuppiloon
4. laitteeseen kytketään pistotulpalla käyttöjännite (230 V). Laitteen kotelossa oleva merkkivalo syttyy ja kauko-ohjaimen jännitemittari näyttää 0 V.
5. nostetaan eristyssauvalla mittajohdin tutkittavaan vaihejohtimeen (johdin työmaadoitettuna)

Laitteen kokoamisen jälkeen sen toimintakunto todetaan kytkemällä sillä mittausjännite tutkittavaan työmaadoitettuun johtoon seuraavasti:

- kauko-ohjaimen ohjauskytkin käännetään asennosta 0, asentoon 1 ja edelleen asentoon TOT (TOTeaminen)
- luetaan kauko-ohjaimessa olevien mittareiden näyttämät
- ohjauskytkimen annetaan palautua asentoon 1
- kytkin käännetään takaisin asentoon 0

Kun kauko-ohjaimen ampeerimittari näyttää arvoa n. 100 mA ja volttimittarin arvoa 0 kV ohjauskytkimen asennossa TOT, on mittalaite toimintakuntoinen.



Kuva 2. Työmaadoitusten toteamislaitteisto

Unohtuneen työmaadoituksen toteaminen

Toimintakunnon varmistamisen jälkeen suoritetaan varsinainen mittaaminen/ toteaminen seuraavasti:

- poistetaan työmaadoitus eristyssauvalla todettavasta vaihejohtimesta
- luetaan mittareiden näyttämät
- käännetään ohjauskytkin asentoon 1 ja edelleen asentoon TOT ja luetaan mittareiden näyttämät
- annetaan kytkimen palautua asentoon 1 ja käännetään se edelleen asentoon 0
- palautetaan työmaadoitus eristyssauvalla tutkittuun voimajohdon vaihejohtimeen
- toimenpiteet toistetaan kaikkien tutkittavien vaiheiden osalta
- irrotetaan mittajohdin eristyssauvalla viimeksi tutkitusta vaihejohtimesta

LATAUSJÄNNITTEEN AIHEUTTAMAT RAJOITUKSET LAITTEEN KÄYTÖLLE

Mittalaitteen käyttöohjeessa varoitetaan siitä, että mitattavan voimajohdon lähellä kulkeva rinnakkainen jännitteinen johdin aiheuttaa aina jännitteen myös tutkittavaan vaihejohtimeen. Mittalaitteen ylikuormittumisen estämiseksi on ohjeen mukaan otettava huomioon seuraavaa:

Jos volttimittarin näyttämä valintakytkimen ollessa 0-asennossa osoittaa 4 kV tai virta 70 mA tulee työmaadoitus välittömästi palauttaa tutkittavaan vaihejohtimeen.

MITTARINÄYTTÄMIEN TULKINTA JOHDOLLE UNOHTUNEEN TYÖMAADOITUKSEN TOTEAMISEKSI

Näyttämää voidaan tulkita "yleistäen" siten, että kun mitattavassa piirissä ei kulje virtaa, on johdin erillään maasta ("johdin kelluu") ja siihen ei ole jäänyt työmaadoitusvälinettä.

- jos jännite valintakytkimen asennossa 0 tai TOT on vähintään 1,4 kV ja virta 0 mA, tutkittavaan vaihejohtimeen ei ole unohtunut työmaadoitusvälinettä
- jos virta valintakytkimen asennossa 0 on yli 70 mA tai asennossa TOT noin 100 mA on tutkittavaan vaihejohtimeen jäänyt työmaadoitusväline
- jos virta valintakytkimen asennossa 0 on alle 70 mA, käännetään valintakytkin TOT ja luetaan mittarit. Jännite- ja virta-arvoista päätellään maadoitusten olemassaolo kuten edellä.



Mittalaitteen erilaisista U/I näyttämistä voidaan todeta myös tutkittavissa vaihejohtimissa olevat mahdolliset magneettiset jännitemuuntajat.

4. TAPATURMAKETJU - TAPAHTUMAT ENNEN TAPATURMAA JA TAPATURMA

4.1 Käyttöönottoon liittyvien työtehtävien järjestelyt

Alajärvi - Pikkarala itäinen voimajohto oli ollut pois käytöstä n. 2 viikkoa ja se oli tarkoitus ottaa viikonlopun ajaksi väliaikaiseen sähkönsiirtoon torstaina 18.11.2010.

Kantaverkon aluetoimintaan ja palveluntoimittajille jaetusta kytkentäpäätöksestä sekä verkonhaltijan työtilauksesta ilmeni suunniteltu johdon käyttöönottopäivä ja tuleva tarve paikalliskytkijöistä sekä tieto tulevasta johdon mittauksesta Alajärven sähköasemalla. Johdon käyttöönottoa ja palautuskytkentää varten oli verkkokeskuksessa laadittu (11.11.2010) kytkennänjohtajan ja paikalliskytkijöiden käytössä ollut kytkentäohjelma. Kytkentäohjelma oli suurjännitelaitteistojen sähkötyöturvallisuusohjeiden mukaisesti tarkastettu toisen verkkokeskuksen asiantuntijan toimesta.

Voimajohdon käyttöönottoon liittyvät paikalliskytkijää edellyttävät tehtävät ja johdon mittaustyön (käyttötoimenpiteet) suorittaisivat verkon käyttö- ja kunnossapitosopimuksiin perustuen alueellisten palveluntoimittajien kytkinlaitos asentajat.

Kytkinlaitos asentajien -paikalliskytkijöiden- tehtävänä oli siten valmistella ja osallistua sähköasemilla voimajohdon käyttöönottoon sekä tehdä sitä edeltävä mittausta. Asemilta tuli poistaa kytkinlaitteiden lukituksia, asetettuja kieltokilpiä sekä varmistua silmämääräisesti siitä, että verkkokeskuksesta kaukokäytettävät kytkinlaitteet -erottimet ja maadoituskytkimet- toimivat suunnitellusti.

Käyttöön otettavan johto-osuuden mittausta oli suunniteltu tehtäväksi kokonaisuudessaan Alajärven sähköasemalta. Jotta sähköasemien Alajärvi - Pikkarala välille muodostuisi mittausta varten galvaanisesti yhtenäinen "maasta erillään oleva kelluva johto", tuli itäisestä erotetusta voimajohdosta poistaa päätyömaadoitukset sekä erottaa ja ohittaa Uusnivalan sähköaseman kompensointilaitteisto.

Tehtävää varten oli sovittu, että Etelä-Pohjanmaalla toimivan palveluntoimittajan kytkinlaitos asentaja A (asentaja A) toimisi Alajärven sähköaseman paikalliskytkijänä sekä suorittaisi johdon mittauksen. Saman palveluntarjoajan kytkinlaitos asentaja B (asentaja B) tuli suorittaa Uusnivalan sähköasemalla tarvittavat käyttötoimenpiteet. Asentaja A toimisi mittaukseen liittyvissä tehtävissä työkohteen yhdyshenkilönä.

Pohjois-Pohjanmaan alueella toimivan palveluntarjoajan kytkinlaitos asentajan C (asentaja C) tehtävä oli suorittaa Pikkaralan sähköaseman käyttötoimenpiteet ja avustaa asentaja A:n suorittamaa mittausta.

Johdon käyttöönotossa ja siihen liittyvässä palautuskytkennässä käyttötoiminnan valvonta, ohjaus sekä kytkinlaitteiden kaukokäyttö tapahtuisi verkkokeskuksessa Hämeenlinnassa. Kantaverkon käyttötoimintaa ohjaa verkonhaltijan käytön johtajan nimeämä kytkennänjohtaja (kytkennänjohtaja), joka toimi myös käytöstä vastaavana henkilönä.

Yhteydenpito verkkokeskuksen kytkennänjohtajan ja sähköasemilla työskentelevien asentajien A, B ja C välillä tapahtuisi matkapuhelimilla.

4.2 Mittaustavasta

Onnettomuuteen johtaneessa mittauksessa oli tarkoitus tutkia sen lisäksi, että käyttöön otettavassa johdossa ei ole maadoituksia myös se, että voimajohdon vaihejohtimet eivät ole yhdessä tutkittavalla johto-osuudella.

Pikkaralan sähköasemalla käytetyn erottimen maadoituskytkin on ns. kytkettyä rakennetta, josta syystä sitä ei voida auki-/ kiinniohjata vaihekohtaisesti.

Osin tästä syystä suunniteltuun mittaukseen tarvittiin Pikkaralan sähköasemalle paikalliskytkijä, joka siirtäisi työmaadoitusvälinettä johdon eri vaiheilla puhelimesta tehtävien pyyntöjen mukaisesti. Siirrettävää työmaadoitusvälinettä käytettäisiin ”apumittajohtona”, kun tarkasteltaisiin maasta ja toisistaan erillään olevia ”kelluvia” ilmajohtoja.

Alajärven sähköaseman 400 kV:n kytkinkentällä käytetyn erottimen maadoituskytkimessä on vaihekohtaiset ohjaimet, joilla voidaan valita kulloinkin haluttu ohjaustapa (0-, kauko- ja paikalliso-hjausasennot).

Kun voimajohto oli mittausta varten suunnitellussa kytkentätilassa, olisi mittaus onnettomuuden tutkinnassa saadun tiedon mukaan tullut suorittaa seuraavasti:

- asentaja A paikalliso-hjaa Alajärven 400 kV:n kytkinkentällä maadoituskytkimen 1.AK.93 kiinni ja pyytää sen jälkeen puhelimitse asentaja C:tä kytkemään Pikkaralan kytkinkentällä itäisen voimajohdon vaiheen L1 maahan siirrettävällä 1- vaiheisella työmaadoitusvälineellä
- asentaja A valmisteleo Alajärvellä mittauksen itäisen voimajohdon työmaadoitettuun R-vaiheeseen (vastaa Pikkaralan merkintää L1) ja nostaa mittapään johtoon
- asentaja A avaa paikalliso-hjauksella Alajärven maadoituskytkimen 1.AK.93 R-vaiheesta ja toteaa, että mittalaite ja johtoyhteys Pikkaralaan toimii. Jos mittalaite osoittaa valintakytkimen ollessa asennossa 0 tai TOT, että mitattavassa piirissä kulkee virta (johdin on työmaadoitettu Pikkaralassa), niin mittalaite toimii ja mitattava johto on yhtenäinen sähköasemien Alajärvi - Pikkarala välillä
- ensimmäisen mittauksen jälkeen asentaja A palauttaa mittalaitteen valintakytkimen asentoon 0 ja sulkee maadoituskytkimen R-vaiheessa
- asentaja A siirtää mittausjärjestelyn Alajärvellä itäisen voimajohdon keskimmäiseen S-vaiheeseen
- Pikkaralan kytkinkentällä siirrettävä työmaadoitusväline pidetään edelleen paikallaan eli L1-vaihe maadoitettuna
- asentaja A avaa Alajärvellä maadoituskytkimen 1.AK.93 S-vaiheesta
- jos mittalaite osoittaa, että jännite alkaa nousta/ virta ei, niin vaihejohtimet L1 (R) ja L2 (S) eivät ole ”oikosulussa” tai vaihejohdin L2 (S) maadoitettu. Jos virta alkaa kasvaa, on mittauskytkentä maadoitettu, joko vaiheessa L2 (S) tai ”johto-oikosulun” ja edelleen työmaadoituksen kautta Pikkaralassa
- näin mitaten ja näyttämiä tulkiten työn tuli edetä vaihe kerrallaan. Työmaadoitusta olisi siirrelty Pikkaralassa ja mittalaitetta Alajärvellä, kunnes kaikki vaiheet olisi käyty läpi ja voimajohdon ”eristystila” mitattu.

Neljännellä, viimeisellä mittauksella tutkittaisiin vaihe josta mittaus aloitettiin, jotta voitaisiin todeta, että ensimmäisen L1 (R) vaiheen mittauksen maadoitus on ollut vain työmaadoitusvälineen kautta.

4.3 Tapahtumaketju

Verkkokeskus oli saanut onnettomuuspäivänä 18.11.2010 tiedon voimajohtotyöryhmiltä, että ne olivat saaneet työnsä valmiiksi ja johdon käyttöönottoa voitiin alkaa valmistella.

Iltapäivällä onnettomuuspäivänä oli kytkennänjohtaja yhteydessä asentaja B:hen tiedustellen henkilöä, jonka oli määrä toimia Alajärven sähköasemalla paikalliskytkijänä ja suorittaa johdon mittaus. Asentaja B kertoi kytkennänjohtajalle, että tehtävään oli määrätty yrityksen asentaja A ja hän itse toimisi paikalliskytkijänä Uusnivalan kompensointiasemalla. Verkkokeskus sai myös tiedon, että asentajan B tehtävänä oli vaihtaa Uusnivalan sarjakompensointilaitteiston toisen navan erottimen aiemmin vikaantuneeseen moottoriohjaimeen apukosketinpakka.

Noin kello 14:30 kytkennänjohtaja oli yhteydessä asentaja A:han tiedustellen ajankohtaa, koska johdon käyttöönotto ja palautuskytkentä voitaisiin aloittaa. Asentaja A arvioi, että olisi Alajärven sähköasemalla noin kahden tunnin kuluttua.

Iltapäivän aikana verkkokeskukseen ilmoitettiin Pikkaralan sähköasemalle saapunut paikalliskytkijä asentaja C. Koska käyttöönottoa ei voitu tuolloin vielä aloittaa, niin asentaja C poistui asemalta. Asentaja C ilmoitettiin sovitusti myöhemmin uudelleen ja sai kytkennänjohtajalta työnvalmisteluluvan, jonka jälkeen hän ryhtyi poistamaan palautuskytkennässä ohjattavien kytkinlaitteiden lukituksia ja kieltokilpiä.

Verkkokeskus ja Uusnivalassa työskentelevä asentaja B pitivät yhteyttä iltapäivän aikana ohjaimen korjauksen ja johdon käyttöönoton edetessä. Kun Uusnivalan erottimen ACSC2Q32 L1-vaiheen moottoriohjaimen apukosketinpakan vaihtotyö oli valmis, suunniteltiin erottimen koeohjausta. Ennen kuin koeohjaus oli mahdollista, tuli kondensaattorilavan maadoituskytkimet avata mekaanisesti ja sähköisestä lukituksesta johtuen. Päädyttiin siihen, että kytkentäohjelmasta poiketen palautuskytkennän tässä vaiheessa (noin kello 15:47) maadoituskytkimet ACSC2Q93, ACSC2Q94 avataan ja kondensaattoripariston ohituserotin ACSC2Q4 suljetaan. Asentaja B totesi kytkinkentällä katseella seuraten, että kauko-ohjatut kytkinlaitteet toimivat kaikkivaiheisesti ja varmisti toiminnat kytkennänjohtajalle. Tämän jälkeen sovittiin, että asentaja B valmistele kompensointilavat käyttöönottoa vastaavaan tilaan ja poistaa mm. loput palautuskytkennässä ohjattavien kytkinlaitteiden lukitukset sekä kieltokilvet. Asentaja B sai kytkennänjohtajalta tiedon, että Pikkaralassa asentaja C on ryhtynyt valmistelemaan palautuskytkentää.

Noin kello 16:05 kytkennänjohtaja aukiohjaa Pikkaralan sähköaseman 400 kV:n kytkinkentällä maadoituskytkimen AC09Q32, jonka kaikkivaiheisen toiminnan asentaja C varmistaa kytkennänjohtajalle.

Asentaja B ilmoittaa kytkennänjohtajalle, että Uusnivalan aseman palautuskytkennässä ohjattavat loput kytkinlaitteet ja kompensointilaitteisto on valmisteltu siten, että maadoituskytkimet ACSC2Q91 ja ACSC2Q92 ovat aukiohjattavissa. Sen jälkeen erotin ACSC2Q32 olisi koekäytettävissä. Asentaja B varmistaa, että kytkennänjohtajan kauko-ohjauksella avaamat maadoituskytkimet avautuivat kaikkivaiheisesti. Erotin ACSC2Q32 koekäytössä todetaan, että L1-vaihe ei sulkeudu ja erotin jää ns. väliin. Puhelun jälkeen asentaja B sulkee L1-vaiheen erottimen käsin mekaanisesti ja ryhtyy paikallistamaan vikaa. Kondensaattoriparisto on nyt ohitettu erottimella ACSC2Q4, mutta suunnitelmasta poiketen toisesta navastaan kytkettynä kaikkivaiheisesti mitattavaan itäiseen 400 kV:n voimajohtoon.

Kun asentaja A on saapunut Alajärven sähköasemalle, keskustelevat asentajat A ja B puhelimesta mm. Uusnivalan erottimen moottoriohjaimen ongelmasta ja palautuskytkennässä ohjattavien kytkinlaitteiden paikasta Alajärven kytkinkentällä. Käydyssä keskustelussa todetaan, että asentaja A selvittää kytkinlaitteiden sijainnin Alajärven kytkinaseman huoltorakennuksessa olevista kaavioista tai siellä olevan tietokoneen näyttöpäätteeltä.

Noin kello 16:15 asentaja A syyttää valvomorakennuksessa kentän valot ja selvittää palautuskytkennässä ohjattavien kytkinlaitteiden paikat 400 kV:n kytkinkentällä. Noin kello 16:40 asentaja A ilmoitetaan verkkokeskukseen ja ilmoittaa kytkennänjohtajalle, että Alajärven sähköaseman kytkinkentällä palautuskytkennässä ohjattavien kytkinlaitteiden lukitukset ja kieltokilvet on poistettu.

Kytkennänjohtaja asettaa verkkokeskuksessa kytkinlaitteiden kauko- ja paikallisohjauksen mahdollistavat ns. lukkosähköt päälle. Palautuskytkennän edetessä kytkennänjohtaja avaa kaukokäytöllä Alajärven 400 kV:n kentällä maadoituskytkimet 1.AK.9 sekä 1.08.91 ja viimeisenä, noin kello 16:46, mittauspaikan maadoituskytkimen 1.08.93. Kytkennänjohtaja ilmoittaa asentaja A:lle, että Pikkaralan aseman päätyömaadoitus on poistettu ja johto kytkentätilanteen kannalta valmis mitattavaksi. Kytkennänjohtaja pyytää asentaja A:ta ilmoittamaan, kun johdon mittaus on tehty.

Pian tämän jälkeen asentaja A soittaa Pikkaralaan paikalliskytkijä asentaja C:lle ja pyytää tätä kiinnittämään siirrettävän työmaadoitusvälineen ensimmäiseen mitattavaan vaihejohtimeen L1 - R. Puhelun yhteydessä asentajat keskustelevat tulevasta mittauksesta ja sen etenemisestä. Puhelun päätyttyä asentaja A soittaa kokoneemmalle asentaja B:lle varmistaakseen käsityksensä tulevasta mittauksesta ja mittaustavasta.

Noin kello 16:54 asentaja C soittaa Pikkaralan sähköaseman kytkinkentältä Alajärvelle asentaja A:lle ja ilmoittaa, että siirrettävä työmaadoitusväline on kiinnitetty Pikkaralassa itäisen voimajohdon vaiheeseen L1. Puhelun yhteydessä todetaan, että mittauksessa edettäisiin, apuna käytettävän siirrettävän työmaadoitusvälineen ja johdinten mittausjärjestyksen osalta, kuten edellä kohdassa 4.2 Mittaustavasta on esitetty.

Hieman ennen kello kahdeksatoista soittaa Uusnivalan sähköasemalla erottimen ACSC2Q32 vikaa paikallistanut asentaja B kytkennänjohtajalle ilmoittaakseen, että erotinta ei saada nyt korjattua ja tulevassa palautuskytkennässä ohjaus on tehtävä Uusnivalan kytkinkentällä mekaanisesti käsin.

Käydyssä keskustelussa kytkennänjohtaja havahtuu, että häiritseekö toisesta navastaan voimajohdton kytketty kondensaattoriparisto mittausta, koska aikaa on kulunut ja tietoa mittauksen valmistumisesta Alajärven sähköasemalta ei ole tullut. Asentaja B kertoo yrittäneensä tavoittaa Alajärvellä johtoa mittaavaa asentaja A:ta mutta tämä ei ole vastannut. Erotin ACSC2Q32 päätetään kytkeä auki (noin kello 17:59).

Kytkenänjohtaja soittaa Pikkaralan sähköaseman paikalliskytkijälle asentaja C:lle ja tiedustelee mittauksen etenemistä. Asentaja C toteaa, että ei ole kuullut asentaja A:sta mitään sen jälkeen, kun oli ilmoittanut noin tunti sitten kiinnittäneensä työmaadoitusvälineen L1- vaiheeseen.

Kun Alajärven paikalliskytkijä asentaja A ei vastaa puheluihin, ryhtyy kytkennänjohtaja tarkastamaan tilannetta sähköaseman kytkinkentällä olevalla verkkokeskuksesta kauko-ohjattavalla valvontakameralla. Kääntellessään kytkinkentän kameraa, havaitsee kytkennänjohtaja ensin asentaja A:n käytössä olleen ajoneuvon valot päällä ja sen jälkeen kytkinkentällä erottimien välissä maassa palavan valokaaren. Asentaja A:ta tai muuta liikettä ei kytkinkentän valvontakameralla voi nähdä.

Kytkenänjohtaja keskustelee tilanteesta paikalliskytkijöiden asentajien B ja C kanssa. Kello 18:06 soittaa kytkennänjohtaja hätäkeskukseen 112 ja kertoo epäilyksensä Alajärven sähköasemalla asentaja A:lle sattuneesta tapaturmasta.

Hätäkeskus lähettää apua paikalle ja sovitaan, että pelastushenkilöstö on Alajärven sähköaseman portilla yhteydessä verkkokeskukseen saadakseen lisäohjeita kytkinaseman jännitteisten osien varalta.

Kello 18:13 suljetaan verkkokeskuksesta Alajärven kentällä maadoituskytkin 1.08.93 ja valokaari kentällä sammuu.

4.4 Onnettomuuspaikka tapahtuman jälkeen

Pelastuslaitoksen saapuessa onnettomuuspaikalle Alajärven sähköaseman porttien sisäpuolelle, makasi asentaja A elottoman näköisenä maassa 400 kV:n kytkinkentän itäisen voimajohdon S-vaiheen erottimen läheisyydessä, n. 2,5 - 3 metrin etäisyydellä erotintelineen jalasta.

Kun paikalle hälytetty Etelä-Pohjanmaalla toimivan palveluntoimittajan työnjohtaja oli varmistanut, että pelastuslaitoksen oli turvallista lähestyä kytkinkentällä uhria asentaja A:ta, joutui lääkintähenkilöstö toteamaan asentaja A:n kuolleeksi.

Kytkinkentällä, S- ja T-vaiheiden erottimien välissä, maassa selällään makaavalla menehtyneellä asentaja A:lla oli rintansa päällä metallirunkoinen jatkojohtokela.

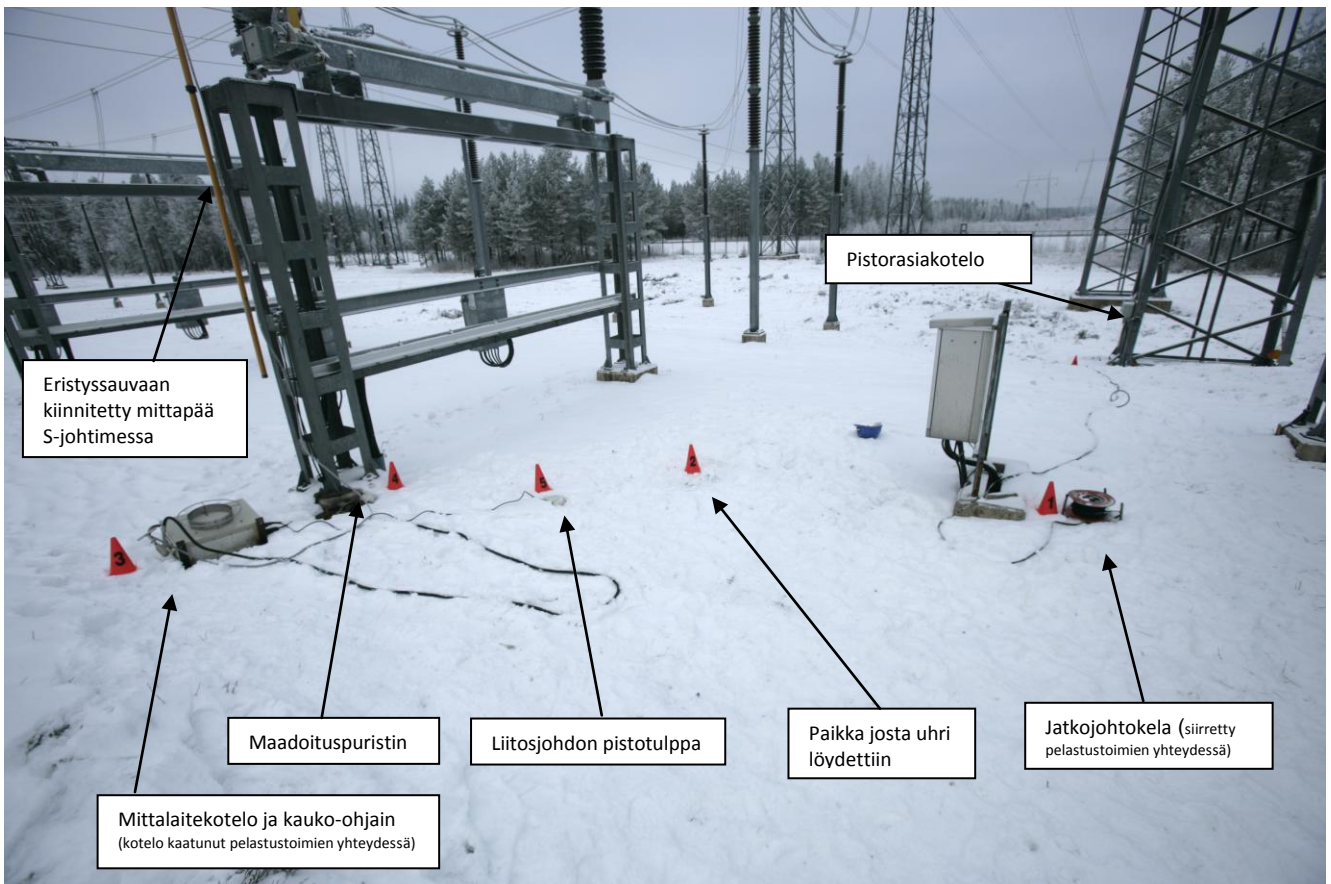
Jatkojohdon pistotulppa oli liitetty kytkinkentällä olevaan, 30 mA:n vikavirtasuojalla lisäsuojattuun pistorasiaan. Mittalaitetekotelo oli maassa S-vaiheen erotintelineen välittömässä läheisyydessä. Mittausjohto oli kiinnitetty laitekotelon palloliittimeen ja johdon mittapää nostettu eristysauvalla S-vaiheen kiertoerottimen itäiseen voimajohtoon yhdistävään jomppiin. Mittapään puristusliittimen leuka oli kiristämättä johtimeen. Mittalaitteen maadoitusjohdin oli kelattu auki kentälle ja sen kiinnityspuristin oli irrallaan maassa voimajohdon S-vaiheen erotintelineen läheisyydessä. Kaukokäyttölaitteen kaapeli oli kelalla mittalaitteen läheisyydessä ja sen valintakytkin asennossa 1.

Lumipeite oli sulanut maanpinnalta erotintelineen juuresta, kohdasta jossa maadoitusjohtimen kiinnityspuristin ja erotintelineen jalan maahan yhteydessä olevan betoniraudan välillä oli palanut valokaari. Samoin oli lumi sulanut asentaja A:n jalkojen juuressa olevan pahoin sulaneen pistotulpan kohdalta sekä mittalaitteen kotelon alta.

Erotintelineissä olevien vaihekohtaisten maadoituskytkinten ohjainkoteloiden kannet olivat kiinni ja koteloiden sisällä olevat valintakytkimet kauko-ohjaus asennossa. Verkkokeskuksessa paikallisohjauksen mahdollistavat kaukokäyttöjärjestelmän "lukkosähköt" olivat päällä.

Asentaja A:n käytössä ollut ajoneuvo oli käynnissä, valot päällä ja takaluukku auki tapaturmapaikan välittömässä läheisyydessä kytkinkentälle johtavalla ajouralla.

Poliisi tutki ja dokumentoi onnettomuuspaikan välittömästi tapaturman jälkeen sekä otti haltuunsa teknisiä tutkimuksia varten mittalaitteen sekä sen verkkoliitintään käytetyn jatkojohtokelan.



Kuva 3. Onnettomuuspaikka Alajärven sähköaseman 400 kV:n kytkinkentällä tapaturman jälkeen

4.5 Onnettomuuteen johtaneet tapahtumat ja työskentely Alajärven sähköasemalla

Menehtynyt asentaja A työskenteli yksin Alajärven sähköasemalla, joten tapahtumille ja tapaturmalle ei ole silminnäkijöitä.

Onnettomuuden tutkinnassa käytettävissä olleen materiaalin, haastattelujen, paikanpäällä tehtyjen tutkimusten ja laaditun aikajanan perusteella on päädytty siihen, että asentaja A:n soittaessa noin kello 16:40 verkkokeskukseen kytkennänjohtajalle, oli asentaja A ilmoittamiensa kytkinlaitteiden lukitusten ja kieltokilpien poistamisen lisäksi valmistellut myös tulevaa mittausta. Tapahtumista laaditun aikajanan perusteella on asentaja A:lla ollut runsaasti aikaa valmistella työtä siitä hetkestä, kun hän sytytti valot kytkinkentälle mennäkseen, hetkeen kun hän ilmoitti kytkennänjohtajalle poistaneensa kytkinlaitteiden lukitukset ja kieltokilvet.

Yleinen työkäytäntö mittauksissa on ollut, että mittalaitteet sijoitetaan kytkinkentällä siten, että se on mitattavan johdon keskimmäisen vaiheen (L2 - S) läheisyydessä, samoin mittalaitteen maadoitusjohdon kiinnityspuristin on liitetty keskimmäisen vaiheen erotintelineen johtaviin metallisiin ja luotettavasti aseman maadoitusverkkoon liitettyihin rakenteisiin. Näin toimien on mittaus ollut mahdollista suorittaa vain mittapäätä ja tarvittaessa jonkin verran mittalaitteet siirtäen.

Tutkijaryhmän käsityksen mukaan, on asentaja A kiinnittänyt mittauslaitteistoja kasatessaan mittajohdon mittapään eristyssauvaan ja nostanut sen sitten päätyömaadoitetun itäisen voimajohdon S-vaiheeseen. Käytännön syistä asentaja A lienee nähnyt tarkoituksenmukaiseksi ripustaa erotinsauvan ja siihen kiinnitetyn mittapään ylös mittalaitteen koteloa lähellä olevaan S-vaiheen johtimeen, josta siirtäisi sen varsinaisen mittauksen alkaessa ensimmäiseen mitattavaan R-vaiheeseen. Onnettomuuden tutkinnan yhteydessä tehtyjen haastattelujen mukaan on mittalaitteiston valmistelussa joskus perusteltua ripustaa tai tukea eristyssauva ja siihen kiinnitetty mittapää siten, että se ei ole maassa. Talviolosuhteissa mittapähän kertynyt lumi hankaloittaa puristimen kiristystä.

Onnettomuuspaikkatutkinnan mukaan on selvää, että asentaja A valmisteli vastoin ohjeita mittalaitteen käyttöönottoa ja tulevaa mittausta siten, että kaikissa tilanteissa ensimmäisenä toimenpiteenä tehtävä mittalaitteen maadoitus -maadoituspuristimen kiinnitys- oli tekemättä. Puristusliitin oli aseteltu noin 20-30 senttimetrin päähän erotintelineen maadoitetuista metallirakenteista.

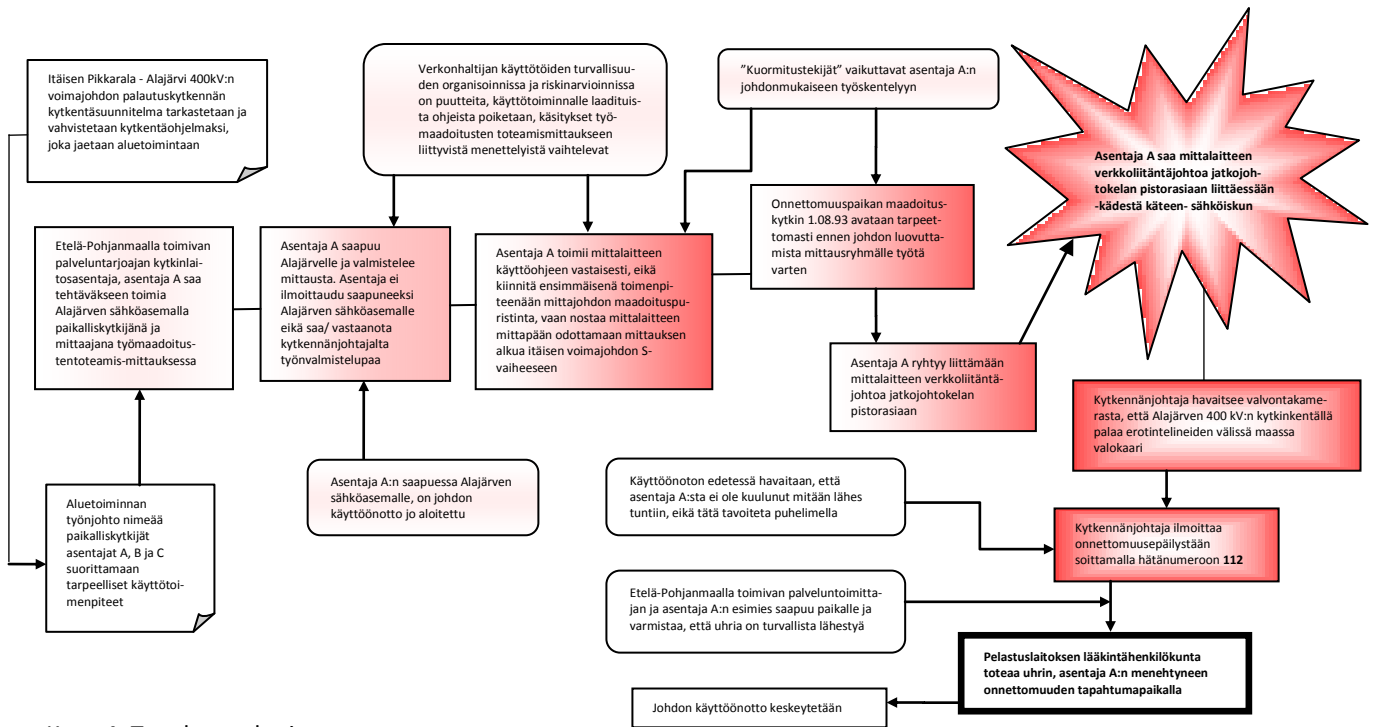
Kun mitattavasta 400 kV:n itäisestä voimajohdosta poistettiin viimeinen päätyömaadoitus avaamalla Alajärven sähköasemalla maadoituskytkin 1.08.93, tuli voimajohtoon mittapäällä liitetyn maadoittamattoman mittalaitteen käsittelystä hengenvaarallista.

Saatuun kytkennänjohtajalta luvan johdon mittaukseen, pyysi asentaja A Pikkaralan sähköaseman paikalliskytkijää asentaja C:tä työmaadoittamaan ensimmäisen mitattavan vaihejohtimen (L1 - R).

Arviolta noin kello seitsemäntoista aikaan asentaja C:n ilmoitettua, että siirrettävä työmaadoitusväline on kiinnitetty Pikkaralan sähköasemalla itäisen voimajohdon vaiheeseen L1, yhdisti asentaja A metallisen suojamaadoitetun jatkojohtokelan pistotulpan 400 kV:n kytkinkentällä noin 10 metrin päässä mittalaitteesta olevan pistorasiakotelon suojamaadoitettuun pistorasiaan.

Liittääkseen mittalaitteen 230 voltin käyttöjännitteen, oli asentaja A:lla toisessa kädessään vartaloa vasten metallinen suojamaadoitettu jatkojohtokela. Kun asentaja A kosketti maasta nostamansa mittalaitteen liitäntäjohdon pistotulpan suojaliuskaa, sai asentaja A -kädestä käteen- sähköiskun ja menehtyi.

Asentaja A joutui osaksi virtapiiriä, jonka kautta mitattavan johdon viereisestä sähkönsiirrossa olleesta läntisestä voimajohdosta, mitattavaan erotettuun itäiseen voimajohtoon, latautunut jännite purkautui asentajan käsien ja kehon kautta sähköaseman maadoitukseen.



Kuva 4. Tapahtumaketju

4.6 Latausjännite, latausjännitteen purkautuminen ja sähköisku

Virrallisen (voima)johdon läheisyydessä olevaan toiseen johtoon aiheutuu kapasitiivisesti tai induktiivisesti siirtyvä ns. latausjännite. Latausjännitteen suuruus riippuu mm. siirtojännitteestä, siirrettäväs- tä tehosta, johtojen ja johtimien etäisyydestä toisiinsa, johtimien vuorottelusta sekä pylväs- ja orsi- rakenteista.

Verkonhaltijan asiantuntijoiden jälkeenpäin tekemien laskelmien mukaan onnettomuutta edeltävänä hetkenä, noin kello 17 aikaan, oli läntisestä sähkönsiirrossa olleesta Alajärvi - Pikkarala 400 kV:n voimajohdosta latautunut itäiseen mitattavaan johtoon latautuneen jännitteen suuruus noin 7000 volt- tia (7 kV).

Työmaadoitusten toteamislaitte on suojattu ylijännitteiltä ja ylikuormittumiselta laitekoteloon sijoite- tulla nimellisjännitteeltään 5 kV:n ylijännitesuojalla. Kun mittalaitteen käyttöohjetta noudatetaan, purkautuu mitattavan johtimen mahdollinen ylijännite (esim. suunniteltua suurempi latausjännite tai salamanisku) turvallisesti mittalaitteen maadoitusjohtimen kautta kulloisenkin mittauskohteen ma- doitusjärjestelmään.

Alajärven sähköasemalla onnettomuuteen johtaneessa mittauskytkennän valmistelussa ei, itäisen voimajohdon S-johtimen latausjännitteen ylittäessä mittalaitteen ylijännitesuojan nimellisarvon, yli- jännitteen ollut mahdollista purkautua suunnitellusti ja turvallisesti kytkinkentän maadoitusjärjes- telmään, koska mittalaitteen maadoitusjohto ($\varnothing 70 \text{ mm}^2$) oli kiinnittämättä.

Mittalaitteen rakenteesta ja sen sisäisestä kytkennästä johtuen ovat maadoitusjohto, kiinnityspuri- tin ja metallinen johtava laitekotelo sekä mittalaitteen verkkoliitäntäjohtokelan pistotulpan suojakoske- tin johtavassa yhteydessä toisiinsa.

Kun asentaja A mittalaitteen verkkoliitäntäjohtoa jatkojohtokelan pistorasiaan liittäessään kosketti toisella kädellään metallista suojamaadoitettua jatkojohtokelaa ja toisella kädellä liitosjohdon suoja- kosketinta, joutui asentaja A, mittalaitteen luotettavan maadoituksen puuttuessa ja maadoituskyt- kimen 1.08.93 ollessa auki, osaksi kytkinkentän maadoitukseen johtavaa virtatietä.

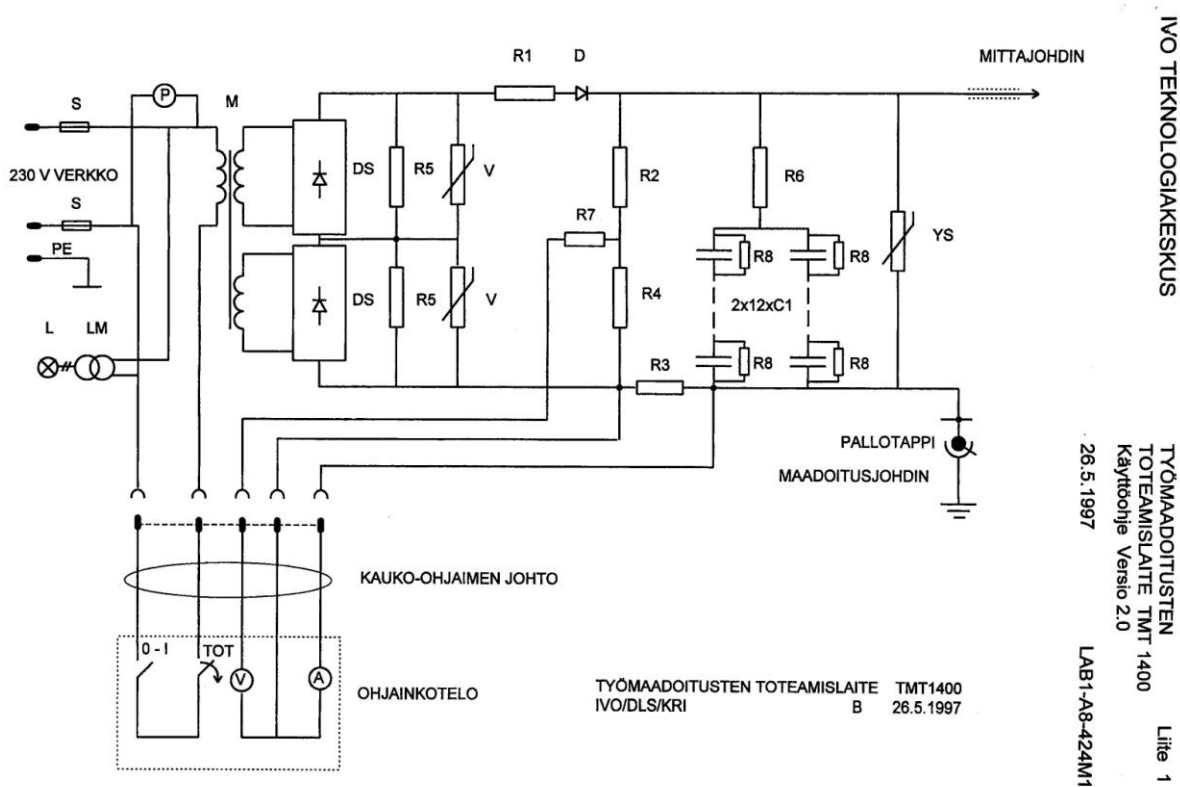
Mittalaitteen maadoitusjohdon ollessa kiinnittämättä erotintelineen johtavaan maadoitettuun rakenteeseen on pääteltävissä, että virtatie kulki S-johtimesta ylijännitesuojan yli mittalaitteen johtavan kotelon kuoreen, edelleen liitosjohdon ja jatkojohdon suojajohtimien kautta kentän pistoriakotelon maadoituskiskoon ja kytkinaseman maadoitusverkkoon.

Iltapäivällä onnettomuuspäivänä oli satanut lunta, joka osaltaan eristi lumipeitteellä olevat mittauslaitteiston osat kytkinaseman maadoituksesta.

Mittapään ollessa nostettuna 400kV:n itäisen voimajohdon S-vaiheen johtimeen, sähköiskuun mennehtyneen asentaja A:n käsien kautta kehon läpi Alajärven sähköaseman maadoitusjärjestelmään kulkevan virran suuruuden on laskettu olleen n. 4,6 ampeeria (A), jännitteen ollessa n. 3,5 kV.

Ajan kuluessa mittauslaitteiston lämpenemisen seurauksena mittauslaitteiston osien ja maan välillä kulkevan virran suuruus kasvoi ja lumipeite sulii laitteiston osien alta. Sähköiskun jälkeen asentaja A:n kädestä irronnut mittalaitteen liitosjohdon pistotulppa vaurioitui kuumetessaan. Latausjännitteen siirtyessä mitattavasta johtimesta kytkinaseman maadoitukseen syntyi valokaari maadoitusjohtimen kiinnityspuristimen ja erotintelineen jalan betoniraudan välille.

Valokaari sammui, kun käyttöjännitteestä erotettu, sähköisesti suojaamaton voimajohto kytkettiin turvalliseen tilaan sulkemalla Alajärven sähköasemalla onnettomuuspaikan maadoituskytkin 1.08.93.



Kuva 5. Työmaadoitustentoteamislaitteen kytkentäkaavio

5. EDELLYTYKSET TYÖSKENTELYLLE

5.1 Säätila, vaatetus ja varusteet

Säätila

- o Ilmatieteen laitoksen onnettomuuspaikkaa lähinnä olevat havaintoasemat ovat Möksy Alajärvellä, sekä Kanala ja Purola Halsualla

Asemilta tehdyt säähavainnot 18.11.2010, kello 17 - 18:00

- o lämpötila: -6,2 °C
- o suhteellinen kosteus: 96 %
- o pilvisuus: 8
- o tuulen keskinopeus: 1 m/s
- o suurin puuskanopeus: 2,2 m/s
- o aikavälillä kello 17 - 18:00 ei satanut, mutta edeltävien tuntien aikana satoi lunta, lumenkertymä oli vuorokauden aikana 2 cm

Vaatetus

- o työnantajalta saatu sähkötöihin soveltuva työvaatetus, kypärä, turvajalkineet

Varusteet ja välineet

- o verkostotöitä varten varusteltu kytkinlaitos asentajan käytössä ollut ajoneuvo, jossa oli käytettävissä mm. eristysauvoja. Työmaadoitusten toteamislaite. Alajärven sähköaseman varustukseen kuuluu ja työhön oli käytettävissä tarvittavat piirustukset ja kaaviot sekä mm. siirrettävät poikkipinta-alaltaan $\varnothing 95 \text{ mm}^2$ olevat oikosulkukestoiset yksivaiheiset työmaadoitusvälineet.

5.2 Organisaatioiden toiminta

Onnettomuuden tutkinnassa on selvitetty tapahtumien kulku sekä näihin vaikuttaneet asiat ja olosuhteet. Selvitys tapahtumien kulusta on edellä. Seuraavassa selvitetään menettelyjä onnettomuusajankohdan säädösvaatimusten osalta. Viitatuut julkaisut ovat (otteet liitteenä):

1. Sähköturvallisuuslaki STL (410/1996), jäljempänä STL(410/1996)
2. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä KTMp (516/1996, 1194/1999), jäljempänä KTMp 516/1996
3. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä KTMp (517/1996), jäljempänä KTMp 517/1996
4. TUKES-ohje S 10-2009, Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit
5. Standardi SFS 6002 (2005), Sähkötyöturvallisuus standardin velvoittavuus ilmenee KTMp 516/1996:stä ja Tukes-ohjeesta

5.3 Käyttö- ja sähkötöiden johtaminen

Kantaverkonhaltija on nimennyt palveluksessaan olevan riittävän pätevyystodistuksen omaavan henkilön käytön johtajaksi. Käytön johtajan johdolla voidaan tehdä sähkölaitteistojen käyttötöitä.

Onnettomuuteen johtaneeseen työhön osallistuneiden kytkinlaitos asentajien työnantajat (alueelliset palveluntarjoajat) ovat kukin nimenneet sähkötöitä varten (STL 410/1996 8§, KTMp 516/1996 1 §) riittävän pätevyydistuksen omaavan henkilön sähkötöiden johtajaksi.

Käytön johtajan ja sähkötöiden johtajan veloitteet on annettu KTMp 516/1996 5 §:ssä. Sähkölaitteiston haltijan ja toiminnan harjoittajan veloitteet käytön johtajan ja sähkötöiden johtajan osalta on annettu KTMp 516/1996 4 §:ssä.

Työnantaja (työnantajan sijainen), sähkötöiden johtaja ja käytön johtaja huolehtivat yleisesti, että sähkötöissä ja sähkölaitteistojen käytössä ja huollossa noudatetaan työturvallisuuslakia, sähköturvallisuuslakia ja niiden perusteella annettuja säädöksiä ja määräyksiä.

Sähkötöiden johtaja tai käytön johtaja voi hoitaa tähän liittyviä tehtäviä itse tai huolehtia siitä, että on olemassa järjestelmä, jonka mukaan toimittuna vaatimukset täyttyvät. Jokaista työtä varten tulee olla nimetty työstä vastaava henkilö tai käytöstä vastaava henkilö, esim. työnjohtaja, jos sähkötöiden johtaja tai käytön johtaja ei itse suoraan johda töiden tekemistä (Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 liite X.4).

Sekä kantaverkkoyhtiön käytön johtaja, että kantaverkossa käyttö- ja kunnossapitosopimuksiin perustuvia sähkö- ja käyttötöitä tekevien palveluntarjoajien sähkötöidenjohtajat ovat kukin luoneet dokumentoidun järjestelmän, jossa on nimetty alueellisesti työstä vastaavat henkilöt ja kuvattu sähkötyön turvallisuuden valvonnan organisointi.

Sähköturvallisuuslain mukainen sähkötöiden johtaja vastaa työn suorittamisen sähköturvallisuuden valvonnasta ja sen järjestelystä. Etelä-Pohjanmaalla toimivan palveluntarjoajan työnjohtajalla, menestyneen asentaja A:n lähimmällä esimiehellä (työstä vastaava henkilö) on työtehtävissään kiinteä kosketus sähkö- ja käyttötöiden tekemiseen ja tiiviistä työyhteisöstä johtuen jatkuva yhteydenpito alaisensa kanssa.

Sähköverkon käyttöturvallisuudesta, vaarojen tunnistamisesta ja arvioinnista sekä laitteistoon liittyvien sähköisten vaarojen erityispiirteiden opastamisesta huolehtii käytön johtaja. Käytön johtajan vastuuseen kuuluvia mm. käyttöturvallisuuteen liittyviä tehtäviä hoitavat kantaverkonhaltijan sähköturvallisuuden valvonnan järjestelyjen mukaisesti alueellista käyttötoimintaa lähellä olevat aluepäälliköt (käytöstä vastaava henkilö). Nimetyt käytöstä vastaavat henkilöt huolehtivat yhteydenpidosta alueellisiin palveluntarjoajiin verkon käyttöön liittyvissä asioissa.

Käyttötoiminnan kytkennän johto tapahtuu käytön johtajan ja edelleen käyttöpäällikön alaisuudessa verkkokeskuksessa, jolloin kytkennänjohtaja toimii johtamissaan kytkennöissä käytön johtajan nimemänä käytöstä vastaavana henkilönä.

5.3.1 Työnaikaisen turvallisuuden valvonta

Kytkennäjohtaja ja kytkinlaitos asentajat olivat kolmen eri työnantajan palveluksessa.

Voimajohdon käyttöönottoon liittyvät paikalliskytkennät ja johdon mittaus on vallitsevan käytännön mukaisesti nähty käyttötoimenpiteiksi, jotka voi pääsääntöisesti suorittaa yksintyöskentelynä.

Verkonhaltijan vastuulla olevien kytkentöjen ja työhön liittyvien lupakäytäntöjen turvallisuusvastuu onnettomuuteen johtaneessa työssä oli käytöstä vastaavalla henkilöllä, - kytkennänjohtajalla. Onnettomuuteen johtaneessa työssä kytkentää johtanut henkilö vaihtui joitain kertoja.

Töiden johtajan on huolehdittava siitä, että jokaiseen työkohteeseen nimetään oman alansa sähkötöitä itsenäisesti tekemään kykenevä henkilö valvomaan työnaikaista sähköturvallisuutta (KTMp 516/1996 29 c§). Sähkötyöturvallisuus standardissa SFS 6002 tätä henkilöä nimitetään työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi. Hän voi osallistua työhön tai tehdä sen kokonaisuudessaan itse.

"Olennaista on, että sähkötyöturvallisuutta valvova henkilö itse on työkohteessa ja pystyy valvomaan työn turvallisuutta. Jos työkohteessa on useita henkilöitä, pitää joka tilanteessa olla selvillä, kenelle työnaikaisen sähköturvallisuuden valvonta kulloinkin kuuluu. Erityisen tärkeä sähkötyöturvallisuuden valvonnan määrittely on työkohteissa, joissa samanaikaisesti työskentelee usean työnantajan palveluksessa olevia henkilöitä. Tällöin työnaikaisen sähköturvallisuuden valvonta on määriteltävä yleensä kirjallisesti. Jos työn organisointi ja tehtävät työt ovat riittävän selväpiirteisiä niin, että valvonta voidaan määrittellä suullisesti tai ennalta sovitun käytännön mukaisesti, ei kirjallista määrittelyä tarvita." / Standardi SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus

Kantaverkkoyhtiön käytäntöjen mukaan sellaisissa käyttötöissä ja käyttötoimenpiteissä, joista ei laadita turvallisuusilmoitusta ***** nimenomaista työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaakaan ei nimitä. Tällaisia käyttötöitä ovat mm. selväpiirteiset kytkinlaitteiden ohjaukset paikalliskytkennöissä.

****** Turvallisuusilmoitus on asiakirja, johon kirjataan turvallisuuden varmistamiseksi mm. työhön liittyviä yhteystietoja, tunnistettuja vaaroja, suunnitelmia ja vaatimuksia, joiden tulee olla työkohteessa olevien tiedossa.*

Käyttötöissä itsenäiseen työskentelyyn kykenevät opastetut paikalliskytkijät vastaavat yksin työskennellessään kytkentätoimenpiteen turvallisesta suorittamisesta ja siitä, että työ tehdään suunnitellusti.

Onnettomuuteen johtaneessa mittauksessa toimi Alajärven sähköasemalla paikalliskytkijöiden ja kytkennäjohtajan välillä työkohteen yhdyshenkilönä johdon mittaaja asentaja A. Yhdyshenkilön tehtävänä on mm. sopia mittaukseen liittyvistä yksityiskohdista muiden paikalliskytkijöiden kanssa.

5.4 Palautuskytkentä, johdon mittaus, -poikkeamat sovitusta menettelyistä ja turvallisesta työskentelystä

Onnettomuustutkintaryhmän käsityksen mukaan oli menehtynyt asentaja A valmistellut Alajärven sähköasemalla alkavaa mittauksia jo ennen kuin siihen oli sovittujen käytäntöjen mukaisesti saatu kytkennäjohtajalta työnvalmistelulupa*****.

****** "Kun kytkennäjohtaja antaa työnvalmisteluluvan, käytön vastuulla olevat työn edellyttämät kytkennät ja turvallisuustoimenpiteet tehty. Työtä eikä siihen liittyviä turvallisuustoimenpiteitä saa aloittaa ennen kuin kytkennäjohtajalla on ja työryhmän yhteyshenkilöllä on yhteinen näkemys kytkentään liittyvistä turvallisuustoimenpiteistä." / SÄTKY*

Heti tapaturman jälkeen onnettomuuspaikalta tallennetun valokuvamateriaalin perusteella voidaan todeta, että mittalaitteen käyttöönoton valmistelu Alajärven sähköasemalla on ollut mittalaitteen käyttöohjeen ja yleisesti sähkötöissä noudatettavien turvallisuusperiaatteiden vastainen.

Mittauksia varten on käytettävissä ollut mittalaitteen käyttöohje. Käyttöohjeesta poiketen on verkonhaltijan kanssa sovittu, että mittalaitteen käyttöohjeessa määriteltyjen siirrettävien työmaadoitusvälineiden sijaan voidaan mitattavalla asemalla käyttää maadoituskytkimiä, jos se niiden rakenteen puolesta on mahdollista.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (KTMP 516/1996) 29 b § määrää, että ennen kuin sähköalan työ aloitetaan, on selvitettävä luotettavasti sähkölaitteiston rakenne, arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä sähköturvallisuuden kannalta tarvittaviin toimenpiteisiin.

Käytäntö on ollut, että mitattavaan johtoon latautuneen jännitteen suuruutta ei arvioida etukäteen suunniteltaessa johdon käyttöönottoa edeltäviä mittauksia. Onnettomuuteen johtaneessa työssä johdossa latautunut huomattavan suuri jännite havaittiin valokaarena kytkinlaitteen avausväliässä Alajärven sähköaseman onnettomuuspaikan maadoituskytkintä 1.08.93 avattaessa sekä sen jälkeen kiinnitettäessä siirrettävää työmaadoitusvälinettä päätyömaadoittamattomaan johtoon Pikkaralan sähköasemalla.

Samassa yhteydessä kun Pikkaralan sähköaseman paikalliskytkijä asentaja C ilmoitti kiinnittäneensä siirrettävän työmaadoitusvälineen, kertoi hän havainnostaan Alajärvellä pian johdon mittauksia aloittavalle asentaja A:lle.

Onnettomuustutkinnan mukaan asentaja A menehtyi virheellisesti suoritettuun mittauksen valmisteluun, ennen kuin olisi varsinaista mittauksia aloittaessaan mahdollisesti havainnut mittalaitteen näyttämistä, että latausjännite rajoittaa laitteen käyttöä, jolloin työmaadoitus olisi tullut välittömästi palauttaa tutkittavaan vaihejohtimeen ja keskeyttää mittaus.

Onnettomuuden tutkinnassa tuli esiin, että työmaadoitusten toteamislaitteen käytöstä ja mittauksista sekä käsitteestä "työnvalmistelulupa" vallitsee erilaisia käsityksiä. Johdon mittauksesta ei ole laadittu yksiselitteistä työohjetta, jossa vaarojen arviointiin perustuen olisi kuvattu turvallinen ennakkoon suunniteltu yhtenäinen käytäntö ja työtapa.

Itäisen Alajärvi - Pikkarala voimajohto-osuuden käyttöönotossa ja palautuskytkennässä poikettiin työn sujuvuuden vuoksi ennakkoon laaditusta kytkentäohjelmasta, samoin Uusnivalan sarjakompensointisemalla kohdistui laitteistoon korjaustöitä ja toimenpiteitä, joita ei ilmennyt ennakkoon laaditusta kytkentäohjelmasta. Korjaustyön vaikutusta ja työaikaisten muutostarpeiden turvallisuuden varmistamista muutostilanteessa ei käsitelty, kuten annetut ohjeet muutostilanteessa edellyttävät. Suunnitelmasta poikkeavilla kytkinlaitteiden ohjauksilla ei ollut suoraan vaikutusta onnettomuuden syntyyn.

Alkuperäisen suunnitelman ja palautuskytkentää varten laaditun kytkentäohjelman mukaan Uusnivalan sähköaseman kompensointilaitteiston sarjakondensaattori tuli ohittaa mitattavasta voimajohdosta ohituserottimella ACSC2Q4 ja oikosulkea kondensaattorin navat kompensointilaitteistossa katkaisijalla induktanssikelan kautta. Onnettomuuteen johtaneessa palautuskytkennässä kytkentätilanne poikkesi suunnitellusta Uusnivalan kompensointiaseman erottimen ACSC2Q32 moottorihajaimen korjaustyöstä johtuen siten, että kompensointilaitteiston sarjakondensaattori oli kytketty toisesta navastaan mitattavaan johtoon.

Suunnitelmasta poikkeavalla kytkentätilalla ei selvitysten mukaan ollut vaikutusta mm. mitattavan johdon latausjännitteeseen.

Hyväksytyyn kytkentäohjelman mukainen, palautuskytkennässä toteutettu, verkonhaltijan vastuulla oleva Alajärven sähköaseman onnettomuuspaikan erottimen 1.08.93 aukiohjaaminen, ennen johdon mittauksen aloittamista oli tarpeeton. Turvallisesti ja mittalaitteiden ohjeiden sekä sähkötyöturvallisuusstandardin mukaisesti työskenneläkseen, olisi asentaja A:n tullut sulkea paikallisojauksella kyseinen maadoituskytkin ennen mittalaitteen kytkemistä mitattavaan johtoon. Työmaadoitus olisi tullut poistaa vasta turvallisuustoimenpiteiden suorittamisen jälkeen ennen mittauksia.

Mittalaitetta suojaavat sulakkeet samoin kun kytkinkentän pistorasiaa suojaava sulake olivat ehjiä, myöskään pistorasian lisäsuojana ollut vikavirtasuojakytkin ei ollut toiminut onnettomuuden yhteydessä. Suojaus toimi suunnitellusti, koska virta kulki näitten kojeiden virtapiireistä erillään olevassa mittalaitteen suojamaadoituksessa ja suojajohtimissa.

Keskusrikospoliisin rikosteknisen laboratorion lausunnon mukaan ei tutkimuksessa havaittu merkkejä työmaadoituslaitteen teknisestä viasta. Rikosteknisen laboratorion lausunto tukee tutkijaryhmän näkemystä siitä, miten menehtynyt asentaja A:n sai sähköiskun osana kytkinaseman maadoitukseen jotta virtatietä.

Poliisin teknisen tutkinnan ja tutkijaryhmän paikanpäällä tekemien havaintojen mukaan, mittajohdon maadoituspuristin ei ole ollut onnettomuuteen johtaneessa työssä kiinnitettynä erotintelineen jotta taaviin rakenteisiin.

5.5 Työhön osallistuneiden asentajien ammattitaito, koulutus ja opastus

Onnettomuuteen johtaneeseen työhön osallistuneilla kytkinlaitosasentajilla ja kytkennänjohtajilla oli voimassaoleva kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen sähköalan töistä (516/1996), lisäksi sähkötyöturvallisuudesta (1194/1999) mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus (Standardin SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus sisältö).

Kantaverkon haltijan toimesta on laadittu ohje "Käyttö- ja sähkötyöturvallisuus kantaverkossa", jonka sisältö on yhdenmukainen SFS 6002/ SÄTKY- ohjeen kanssa. Ohje sisältää tarkennuksia kantaverkossa tai sen läheisyydessä työskentelyn erityispiirteistä. Ohjeessa esitetään periaatteet mm. käyttötoita tekevien henkilöiden perehdyttämiseksi, opastamiseksi ja kytkennän johtajan tehtäviin, siinä ei määritellä työn suorittamiseen liittyviä yksityiskohtaisia toimenpiteitä tai työohjeita.

Yleisen sähkötyöturvallisuuskoulutuksen (SFS 6002/ mahdollisesti SÄTKY) lisäksi on kantaverkossa työskentelevien palveluntoimittajien henkilöstölle järjestetty päivän mittainen koulutus mainitun lisäohjeen vaatimuksista.

Ohjeessa "Käyttö- ja sähkötyöturvallisuus kantaverkossa" kuvataan menettelytapa, jolla huolehditaan paikallisopastuksesta, eli mm. käyttö- ja kunnossapitotoita tekevien henkilöiden perehdytyksestä kantaverkon sähkölaitteistoon ja sen erityispiirteisiin.

Kaikki työhön osallistuneet henkilöt olivat itsenäiseen työskentelyyn kykeneviä sähköalan ammattilaisia. Sähköalan koulutuksen, työkokemuksen ja opastuksen perusteella he olivat tietoisia verkostotöiden yleisistä turvallisista työmenetelmistä, kuten mm. turvallisista maadoituskäytännöistä.

Alueellinen siirtoverkko, alueen sähköasemat ja niiden rakenne ovat aluetoiminnassa työskenteleville kytkinlaitosasetajille tuttuja.

Onnettomuuden tutkinnassa pyydettiin yksityiskohtaisia selvityksiä menehtyneen asentaja A:n edellytyksistä KTMp 516 11§:n mukaiseen itsenäiseen työskentelyyn. Saatujen selvitysten perusteella henkilön sähköalan koulutus, työkokemus sekä toteutunut riittävä opastus työtehtäviin oli arvioitu esimiehen toimesta. Esimiehet olivat käyneet arvioinnin yhteydessä keskustelua henkilön opastajien ja muiden työtovereiden kanssa. Arvioinnissa tai henkilön itsensä kanssa käydyissä keskusteluissa ei tullut esiin mitään sellaista, ettei asentaja A:n olisi voitu katsoa täyttävän mainitun päätöksen "perusvaatimusta" itsenäiseen työskentelyyn omalla alallaan.

Työmaadoitusten toteamismittauksia oli asentaja A tehnyt alkuun perehdytysvaiheessa yhdessä kokeneemman asentajan kanssa, sen jälkeen itsenäisesti työskennellen. Ennen onnettomuutta oli asentaja A suorittanut mittauksen itsenäisesti vähintään neljä kertaa. Mittaukset olivat kohdistuneet aiemmin muihin kun 400 kV:n jänniteportaan voimajohtoihin.

Asentaja A ja B olivat työskennelleet mittausta edeltävänä päivänä samoissa työtehtävissä ja tiedossa olevaa tulevaa maadoitusmittausta oli sivuttu keskusteluissa. Keskustelua oli käyty mittalaitteen sijoituksesta kytkinkentälle ja työhön liittyvästä yhteydenpidosta. Asentaja A:n perehdyttäjänäkin toimineelle kokeneelle asentaja B:lle jäi käsitys, että asentaja A:lla ei ollut mitään epäselvää mittaustehtävän suorittamisessa.

5.6 Sähkölaitteisto

Niiltä osin, kun onnettomuuden tutkinta kohdistui sähkölaitteistoon mm. sähköasemiin ja siirtojohtoihin ei havaittu sellaisia puutteita tai vikoja, jotka olisivat vaikuttaneet onnettomuuden syntyyn tai tapahtumien kulkuun.

Alajärven sähköasemalla oli turvallisen käytön kannalta riittävä asemavarustus mm. piirustukset ja kaaviot, laitteiston osien asianmukaiset merkinnät sekä oikosulkukestoiset siirrettävät työmaadoitusvälineet. Kytkinkentän valaistus oli hyvä ja talviolosuhteet huomioiden työskentely ja liikkuminen turvallista.

Laitteiston kunnossapito ja tarkastukset olivat toteutuneet kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen sähkölaitteistojen käyttöönnotosta ja käytöstä (KTMp 517/1996) mukaisesti.

6. YHTEENVETO TAPATURMAAN VAIKUTTANEISTA TEKIJÖISTÄ

Tapaturmaan johtanut välitön syy oli, ettei mittalaitteen käyttöönottoa ja mittausjärjestelyjä tehty Alajärven sähköasemalla mittalaitteen turvallisesta käytöstä annettujen ohjeiden ja opastuksen mukaisesti. Mittaustyön olennaisimmat turvallisuustekijät, mittalaitteen maadoitus ja mitattavan johdon työmaadoitus olivat tekemättä.

Onnettomuuden tutkinnassa saatujen selvitysten ja tehtyjen haastattelujen perusteella asentaja A tunnettiin työtehtävissään osaava, tarkkana ja tunnollisena työntekijänä.

On mahdollista, että asentaja A toimi paineen alla epähuomiossa vastoin annettua opastusta ja mittalaitteen käyttöohjetta. Nuorelle henkilölle kuormitusta aiheuttavia tekijöitä saattoi olla useita:

- o muut paikalliskytkijät (asentajat B ja C) olivat olleet jo jonkin aikaa sähköasemilla ja johdon käyttöönotto aloitettu. Mittauksen aloittaminen ja työn eteneminen odotti asentaja A:ta
- o epävarmuus kytkinlaitteiden paikasta kytkinkentällä, keskustelut mittaustavasta, kytkentäohjelmasta poikkeava työjärjestys
- o Alajärven sähköasema sijaitsee varsin syrjäisellä paikalla, yksintyöskentely, kentällä vaikuttava korona-ilmiö *****

****** Koronapurkaus esiintyy mm. suurjännitteisten siirtojohtimien eristimissä. Ilmiön voi joskus nähdä silmällä, koronapurkaus kuulostaa rätinältä tai sirinältä, jos purkaus on tarpeeksi voimakas. Purkaus johtuu siitä, että korkeajännite ionisoi ilman ja ionisoitunut ilma alkaa johtaa sähköä.*

- o onnettomuuspaikan maadoituskytkintä avattaessa ja Pikkaralan sähköasemalla siirrettävää työmaadoitusvälinettä kiinnittäessä tehdyt havainnot voimakkaasta latausjännitteestä

Mahdollisia muita tapahtumien kulkuun ja tapaturmaan välillisesti vaikuttaneita tekijöitä olivat:

- o puuttuvat työohjeet (ml. vaarojen tunnistaminen ja riskin arviointi)
- o koordinaation puute käyttötoiden turvallisuuden organisoinnissa
- o erilaiset käsitykset olennaisesti työn turvallisuuteen vaikuttavan käsitteen "työnvalmistelulupa" merkityksestä
- o kytkentätilanne, kun johto luovutettiin mittausta varten mittausryhmälle
- o poikkeamat käyttötoiminnalle laadituista ohjeista

7. TUTKIJARYHMÄN TOIMENPIDESUOSITUKSIA

Tutkijaryhmän suositukset vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi:

Käyttötoiminnasta laadittuja ohjeita ja sovittuja käytäntöjä tulee noudattaa. Vastuuhenkilöiden on valvottava ohjeiden noudattamista.

Työmaadoitusten toteamislaitteen käytölle on suositeltavaa etsiä korvaavia ratkaisuja. Jos mittalaitetta jatkossa käytetään, on koko mittausmenettelylle ja siihen liittyvälle käyttötoiminnalle tehtävä vaarojen tunnistaminen ja riskinarviointi. Käytäntö verkonhaltijan vastuulla olevien työmaadoitusten turvallisesta kytkentätilanteesta mittausten alkutilanteesta tulee arvioida uudelleen. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laitteen käyttöohjeisiin, mittausmenettelyn ohjeistukseen ja dokumentointiin sekä yksintyöskentelyyn.

Verkottuneessa toiminnassa käyttö- ja kunnossapitotoimintaan osallistuvien toiminnanharjoittajien keskinäistä tiedonvaihtoa ja koordinaatiota tulee tiivistää entisestään.

Yksittäisissä työkohteissa -erityisesti yksintyöskenneltäessä- paikalliskytkijöiden ja työryhmien, kuten mittausryhmän, yhteydenpidosta tulee sopia täsmällisesti.

Latausjännitteeseen ilmiönä, sen vaaroihin ja oikeisiin työmenetelmiin tulee kiinnittää jatkossa enemmän huomiota (esim. toiminnanharjoittajien sisäiset koulutukset ja sähkötyöturvallisuuskoulutuksessa SFS 6002/ SÄTKY).

LIITE Otteita julkaisuista:**Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410****3 luku****Sähköalan työt****8§**

Sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistojen rakennus-, korjaus-, huolto- ja käyttötöitä saa tehdä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan nimetään luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (*töiden johtaja*);
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito; sekä
- 3) käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset.

Töiden johtajaa ei vaadita ministeriön tarkemmin määrittämässä kertaluonteisissa töissä tai töissä, joista voi aiheutua vain vähäinen 5 §:ssä tarkoitettu vaara tai häiriö. Ministeriö voi lisäksi määrätä, milloin töiden johtajaa ei vaadita käyttö- ja huoltotöissä.

Ministeriö antaa tarkempia määräyksiä 1 momentissa mainituista edellytyksistä.

9§

Töiden johtaja vastaa siitä, että 8 §:n 1 momentissa tarkoitettu toiminta on 5 §:n ja 5 a luvun säännösten sekä 6 §:n nojalla annettujen määräysten mukaista. Töiden johtajalla tulee olla tosiasiallinen mahdollisuus huolehtia tehtävästään. (21.12.2007/1465)

Töiden johtajan tulee olla 8 §:n 1 momentissa tarkoitettujen toiminnan harjoittaja tai tällaista toimintaa harjoittavan palveluksessa, jollei ministeriö käyttö- ja huoltotöistä muuta määrää.

Ministeriö antaa tarkempia määräyksiä töiden johtajan tehtävistä.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä**KTMP (516/1996, 1194/1999)****1§**

Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä.

Käyttötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä, niihin verrattavia korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä.

5 §

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että

- 1) sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia (410/96) sekä sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä,
- 2) sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuslaissa sekä sen nojalla annetuissa säännöksissä ja määräyksissä edellytetyssä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista sekä
- 3) sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä.

Käytön johtajan on huolehdittava siitä, että

- 1) sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia sekä sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä sekä
- 2) käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä.

Vaatus ammattitaitoa edellyttävissä sähköalan töissä

11 §

Riittävän ammattitaitoiseksi tekemään itsenäisesti oman alansa sähkö- ja käyttötöitä ja valvomaan niitä katsotaan henkilö, joka on kyseisiin töihin opastettu ja joka on:

3) suorittanut hyväksytysti sähköalan oppisopimuskoulutuksen;

4) suorittanut sähköalan kolmivuotisen ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan koulutuksen ja sen jälkeen hankkinut vuoden työkokemuksen kyseisistä sähköalan töistä;

5) suorittanut sähköalan kaksivuotisen ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan koulutuksen ja sen jälkeen hankkinut kahden vuoden työkokemuksen kyseisistä sähköalan töistä;

4 a luku

Sähkötyöturvallisuus

29 a §

Tätä lukua sovelletaan sähköalan työhön, jos työstä voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara.

Lukua sovelletaan 10 §:ssä tarkoitettuun työhön kuitenkin vain soveltuvin osin siten, että voidaan riittävästi varmistua sähkötyöturvallisuudesta.

Lukua sovelletaan lisäksi muuhun työhön sähkölaitteistojen läheisyydessä siten kuin 29 b ja 29 h-29 k §:ssä säädetään.

29 b §

Ennen kuin sähköalan työ tai muu työ sähkölaitteiston läheisyydessä aloitetaan, on selvitettävä luotettavasti sähkölaitteiston rakenne, arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä sähkötyöturvallisuuden kannalta tarvittaviin toimenpiteisiin.

Sähköalan työssä on noudatettava vakiintuneita, turvallisiksi todettuja työmenetelmiä. Jos työ kuitenkin suoritetaan poikkeuksellisella tai uudella menetelmällä, menetelmään liittyvät mahdolliset vaaratekijät on arvioitava ja otettava huomioon.

29 c §

Jokaiseen työkohteeseen on nimettävä 11 §:ssä tarkoitettu henkilö valvomaan työaikaista sähköturvallisuuutta. Hän voi osallistua työhön tai tehdä sen kokonaisuudessaan itse.

29 d §

Sähköalan työtä varten on tarvittaessa laadittava tässä luvussa säädettyjä vaatimuksia täydentäviä työmenetelmäkohtaisia tai työkohtaisia kirjallisia ohjeita.

Työssä sovellettavat voimassa olevat standardit ja ohjeet on pidettävä työntekijän käytettävissä.

Työntekijälle on annettava koulutusta ja opastusta siten, että tiedot jatkuvasti vastaavat työn vaatimuksia. Tietojen ymmärtäminen on varmistettava kuulustelulla tai muulla soveltuvalla tavalla.

29 e §

Sähköalan työssä on käytettävä työhön tarkoitettuja tai siihen muuten soveltuvia turvallisia työvälineitä ja varusteita, joiden turvallisuus on tarvittaessa varmistettava sekä ennen työn aloittamista että työn kuluessa.

29 f §

Työkohteena oleva sähkölaitteisto on erotettava jännitteettömäksi. Sähkölaitteistoon kohdistuvia käyttötoimia saa kuitenkin tehdä sähkölaitteiston ollessa jännitteinen, jos työt tehdään riittävää huolellisuutta noudattaen siten, ettei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa.

Sähkölaitteisto katsotaan jännitteettömäksi, jos seuraavat toimenpiteet tehdään ennen työn aloittamista:

- 1) työkohde erotetaan luotettavasti käyttöjännitteestä jokaisesta jännitteen syöttösuunnasta;
- 2) jännitteen kytkeminen työkohteeseen työn aikana estetään luotettavasti;
- 3) työkohteen jännitteettömyys todetaan luotettavasti;
- 4) työkohde työmaadoitetaan asianmukaisilla välineillä, jos sähkölaitteiston nimellisjännite on yli 1000 voltia taikka kyseessä on avojohto tai suurivirtainen sähkökeskus;
- 5) työkohteen läheisyydessä olevat sähkölaitteiston jännitteiset osat eristetään luotettavasti alueesta, jolla työskennellään tai johon työtä tehtäessä voidaan ulottua ottaen huomioon työvälineet ja tarvikkeet.

Jännitteen saa kytkeä työkohteena olleeseen sähkölaitteistoon vasta, kun kaikki työt on lopetettu, työmaadoitukset on purettu ja on muutenkin varmistettu kytkemisen turvallisuudesta.

29 g §

Sähköalan työ saa 29 f §:stä poiketen kohdistua suojaamattomiin jännitteisiin sähkölaitteiston osiin, jos sähkölaitteiston jännitteettömäksi erottamisesta aiheutuu suurta haittaa ja työ tehdään 2 momentin mukaan siten, ettei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa.

Edellä 1 momentissa tarkoitettussa työssä on noudatettava seuraavaa:

- 1) työn suorittavat 11 §:ssä tarkoitettut henkilöt, joilla on siihen erikoiskoulutus ja jotka on perehdytetty kyseiseen työmenetelmään;
- 2) työtä varten on olemassa riittävät kirjalliset ohjeet;
- 3) työssä käytetään siihen tarkoitettuja turvalliseksi todettuja työvälineitä ja varusteita;
- 4) työntekijöiden ja muiden turvallisuus työn aikana varmistetaan olosuhteiden vaatimin erityisin turvallisuustoimenpitein; sekä
- 5) työ ei lisää räjähdys-, palo- tai muuta vastaavaa vaaraa.

29 h §

Sähköalan työssä taikka työkohteeseen mentäessä tai sieltä poistuttaessa työn suorittaja ei saa tahattomasti tai tietämättään ulottua suojaamattomiin jännitteisiin osiin tai joutua niiden läheisyyteen. Turvallisen etäisyyden määrittelyssä on otettava huomioon sähkölaitteiston jännitetaso, työvälineet ja työskentelytapa.

Turvallinen työalue on tarvittaessa merkittävä varoituskilvin ja rajattava luotettavin puomein tai suojuksin.

Työalueen ulottuessa niin lähelle kosketussuojaamattomia, jännitteisiä sähkölaitteiston osia, että sähkötyöturvallisuus voi vaarantua, osat on eristettävä luotettavasti työalueesta tai työssä on noudatettava, mitä 29 f ja 29 g §:ssä säädetään.

29 i §

Tämän luvun soveltamisalaan kuuluvassa työssä on otettava huomioon Suomessa noudatettavat menettelytavat, vallitsevat työolosuhteet sekä sähkölaitteistojen rakenteelliset ominaisuudet.

Työn katsotaan täyttävän tässä luvussa säädetyt turvallisuusvaatimukset, jos se tehdään soveltaen standardeja tai julkaisuja, joiden vastaavuus turvallisuusvaatimuksiin on vahvistettu 29 j §:n mukaisesti.

Turvallisuusvaatimusten täytyminen on tarvittaessa 2 momentista poiketen mahdollista osoittaa noudattaen, mitä 29 k §:ssä säädetään.

29 j §

Tässä päätöksessä standardeilla tarkoitetaan virallisen standardointielimen vahvistamia teknisiä eritelmiä, jotka ovat julkisesti saatavilla.

Sähköturvallisuusviranomaisen vahvistaa turvallisuusvaatimuksia vastaavien standardien luettelon sähköturvallisuuden neuvottelukunnan lausunnon perusteella ja pitää luetteloa saatavilla.

Jos standardeja ei tiettyjen työmenetelmien tai sähkölaitteistojen osalta ole laadittu, voidaan soveltaa standardeihin verrattavia julkaisuja, joiden vastaavuus turvallisuusvaatimuksiin on vahvistettu 2 momentin mukaisesti.

Sähköturvallisuusviranomaisen tulee poistaa vahvistamastaan luettelosta viittaus standardiin tai julkaisuun taikka sen osaan, jos sen soveltamisesta aiheutuu olennaista vaaraa, sekä päivittää turvallisuusvaatimuksia vastaavien standardien luettelo 2 momentin mukaisesti.

29 k §

Turvallisuusvaatimusten täyttymisestä on laadittava kirjallinen selvitys ennen työn aloittamista, jos turvallisuusvaatimuksia vastaavista standardeista tai julkaisuista poiketaan.

Selvityksessä tulee esittää siltä osin kuin turvallisuusvaatimuksia vastaavista standardeista poiketaan:

- 1) turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valitut ratkaisut;
- 2) kuvaus siitä, miten ratkaisut täyttävät turvallisuusvaatimukset; sekä
- 3) selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus.

Selvitystä voi täydentää sähköturvallisuuslain 23 §:ssä tarkoitetun sähkölaitteiston tarkastamiseen nimetyn valtuutetun laitoksen tai tarkastajan lausunnolla siitä, täyttääkö sähkötyömenetelmä turvallisuusvaatimukset.

**Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä
KTMp (5.7.1996, 517/1996)**

2 §***Tässä päätöksessä tarkoitetaan:***

3) luokan 3 sähkölaitteisto

a) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa;

b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;

c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa.

3 luku

Sähkölaitteistojen käyttö Huolto ja kunnossapito

10 §

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.

11 §

Luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Muiden sähkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla.

Tukes-ohje S10-09 (5.10.2009) Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit

1 YLEISTÄ

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 1193/1999 koskee sähkölaitteistojen turvallisuutta ja 1194/1999 sähkötyöturvallisuutta. Päätöksissä esitettyjen olennaisten turvallisuusvaatimusten katsotaan täyttyvän, jos sovelletaan tiettyjä turvallisuusstandardeja tai vastaavia julkaisuja. Sähköturvallisuusviranomaisen eli Turvatekniikan keskuksen tehtävänä on vahvistaa tällaisten standardien ja julkaisujen luettelo Sähköturvallisuuden neuvottelukunnan lausunnon perusteella.

Tällä Tukes-ohjeella Turvatekniikan keskus vahvistaa kohdissa 2 ja 3 esitetyt standardiluettelot.

2 SÄHKÖLAITTEISTOJEN TURVALLISUUTTA KOSKEVAT STANDARDIT

Seuraavat standardit vastaavat kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 1193/1999 esitettyjä oleellisia turvallisuusvaatimuksia:

3 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUTTA KOSKEVAT STANDARDIT

Seuraavat standardit vastaavat kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 1194/1999 esitettyjä oleellisia turvallisuusvaatimuksia:

- SFS 6002 (2005) *Sähkötyöturvallisuus*
Luetteloidun standardin edellinen painos

KTMp 516/1996 (muutos 1194/1999) 29i§:n mukaan "työssä on otettava huomioon Suomessa noudatettavat menettelytavat ja vallitsevat työolosuhteet". Tämän johdosta standardin SFS 6002 uuden v. 2005 painoksen soveltamiseen on syytä siirtyä mahdollisimman pian ja viimeistään, kun työtä tekeville henkilöille annetaan seuraavan kerran KTMp 29d§:n mukainen koulutus ja opastus, joka standardin mukaan tulee uusia enintään 5 vuoden välein.

4 VOIMAANTULO

Tämä Tukes-ohje tulee voimaan ilmestyttyään ja on voimassa toistaiseksi, kuitenkin enintään 5.10.2014 saakka. Ohje uusitaan tavallisesti kerran vuodessa standardien päivittymisen takia. Tämä Tukes-ohje korvaa ohjeen S10-2007, 31.12.2007.

SFS standardi 6002 (2005), Sähkötyöturvallisuus

SFS 6002 kohta 4.2 Henkilöstö

Työnantajan on huolehdittava työtä koskevan opastamisen lisäksi yleisestä sähkötyöturvallisuuteen liittyvästä koulutuksesta. Kaikille sähkötöitä tekeville henkilöille on annettava yleinen sähkötyöturvallisuuskoulutus.

SFS kohta 4.3 Organisaatio

Kustakin työsuorituksesta vastaa työstä vastaava henkilö. Jos työ on jaettu osa-alueisiin, voi olla tarpeen nimetä henkilö, joka on vastuussa osa-alueen turvallisuudesta. Kokonaisuudesta vastaa kuitenkin aina yksi henkilö.

Kansallinen lisävaatimus

Sähkötöiden johtaja tai käytön johtaja toimii myös työstä vastaavana henkilönä. Jos sähkötöiden johtaja tai käytön johtaja ei voi toimia kaikissa työkohteissa työstä vastaavana henkilönä, hänen on huolehdittava siitä, että työstä vastaavan henkilön tehtävien hoitaminen määritellään erikseen kirjallisesti. Työstä vastaavan henkilön tehtävät voidaan siirtää kokonaisuutena vain työnantajan edustajana toimivalle itsenäiseen työhön kykenevälle sähköalan ammattihenkilölle. Yksittäisessä työkohteessa tapahtuva kyseiseen työhön liittyvien työn suorittamispaikalla tehtävien sähköturvallisuustoimien valvonta voidaan antaa erikseen nimetyille sähköturvallisuustoimien valvojalle. Sähköturvallisuustoimien valvojan on oltava itsenäiseen työhön kykenevä sähköalan ammattihenkilö, joka henkilökohtaisesti valvoo työn tekemisen sähköturvallisuutta tai tekee työn kokonaisuudessaan itse. Sähköturvallisuustoimien valvojan on oltava itsenäiseen työhön kykenevä sähköalan ammattihenkilö, joka henkilökohtaisesti valvoo työn tekemisen sähköturvallisuutta tai tekee työn kokonaisuudessaan itse. Jos esim. työryhmään kuuluu useita asentajia ilman varsinaista työnjohtajaa, on joku työryhmän jäsen nimettävä sähköturvallisuustoimien valvojaksi. Samankaltaisissa toistuvissa tehtävissä voidaan sähköturvallisuustoimien valvoja nimetä yksikäsittisellä pysyväismääräyksellä. Jäljempänä on määritelty mitkä työstä vastaavan henkilön tehtävät voidaan siirtää sähköturvallisuustoimien valvojalle.

Ennen kuin sähkölaitteistossa aloitetaan työskentely, työstä vastaavan henkilön ja sähkölaitteiston käytöstä vastaavan henkilön pitää sopia sekä työn tekemisen mahdollistavista sähköjärjestelmän järjestelyistä että sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä tehtävästä työstä.

Työstä ja sähkölaitteiston käytöstä voi vastata sama henkilö.

Jos työn suoritus on vaativa, suunnittelu on tehtävä kirjallisesti.

4.4 Yhteydenpito ja tiedonkulku

Yhteydenpitotavoiksi luetaan kaikki ne tavat, joilla tietoja siirretään tai vaihdetaan ihmisten välillä esim. suullisesti (mukaan luettuna puhelin, radiopuhelin ja henkilöiden välinen viestintä), kirjallisesti (mukaan luettuna faksi) ja visuaalisesti (mukaan luettuna näyttötaulut, numeronäyttötaulut, valot jne.).

Sähkölaitteiston käytöstä vastaavalle henkilölle on annettava ennalta tiedot sähkölaitteistoon kohdistuvista töistä.

Kaiken sähkölaitteiston turvalliseen käyttöön liittyvän tiedonvälityksen pitää tapahtua täsmällisinä ilmoituksina. Tällaisia tietoja ovat esim. verkon järjestelyt, kytkinlaitteiden tila (auki, kiinni, maadoitettu) ja turvalaitteiden sijainti. Jos tiedon välittämiseen on tarpeen käyttää muita välineitä, esimerkiksi radiosignaaleja, tietokoneita, valoja jne., niitä saa käyttää vain kun on varmistettu, että tiedonsiirto on luotettava eikä voi syntyä väärinkäsityksiä eikä anneta vääriä signaaleja.

Kaikista ilmoituksista pitää selvittää ilmoituksen antajan nimi ja tarvittaessa sijaintipaikka.

Jotta vältetään suullisessa tiedonvälityksessä esiintyvät virheet, pitää vastaanottajan toistaa tiedot takaisin lähettäjälle, jonka pitää vahvistaa niitten olevan oikein vastaanotettu ja ymmärretty.

Työtä ei saa aloittaa eikä sähkölaitteistoa tehdä jälleen jännitteiseksi työn päätyttyä pelkästään merkkien tai ennalta sovitun kellonajan perusteella.

SFS 6002 kohta 6.2.3 Laitteiston jännitteettömyyden toteaminen

Jännitteettömyys pitää todeta sähkölaitteiston kaikista navoista työalueella tai niin lähellä työaluetta kuin on käytännössä mahdollista. Jännitteettömäksi saatettujen osien tila on varmistettava paikallisissa ohjeissa määriteltyjen käytäntöjen mukaisesti. Nämä ohjeet sisältävät esimerkiksi laitteeseen sisäänrakennettujen jännitteenilmaisujärjestelmien tai erillisten jännitteenkoettimien käytön. Erillisten jännitteenkoettimien toiminta pitää kokeilla välittömästi ennen käyttöä ja jos mahdollista myös käytön jälkeen. Jos kyseessä on kaapeleilla liitetyt sähkölaitteistot, ja jännitteettömiä kaapeleita ei voida varmasti tunnistaa työkohteessa, on käytettävä muita vakiintuneen käytännön mukaisia toimenpiteitä turvallisuuden varmistamiseksi. Nämä voivat sisältää sopivien kaapelin katkaisu- tai lävistyslaitteiden käytön. Kun sähkölaitteiston jännitteettömyyden varmistamiseen käytetään kauko-ohjattuja maadoituserottimia, kauko-ohjaus- tai valvontajärjestelmän pitää siirtää luotettavasti viesti maadoituserottimen kytkentäasennosta.

SFS 6002 6.2.4 Työmaadoittaminen

Suurjännitelaitteistoissa ja eräissä pienjännitelaitteistoissa (ks. 6.2.4.2) kaikki osat, joissa työskennellään pitää työmaadoittaa.

SFS 6002 kohta 6.4.

Työskentely jännitteisten osien läheisyydessä SFS 6002 6.4.1.5

Työalue suositellaan merkittäväksi sopivilla lipuilla, köysillä, kilvillä jne. Viereiset jännitteiset kentät tai kennot voidaan myös erottaa selkeästi näkyvillä lisämerkeillä, esimerkiksi ovien edessä olevilla varoituskilvillä.