

ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI

DNRO 981/00.05.12/2022

Tutkintaryhmä: Sakari Hatakka,

Juha-Pekka Törmälä

RAPORTTI

Sähkönjakeluverkossa tapahtunut rakennuspalojen sarjan aiheuttanut vakava onnettomuus

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

Sakari
Törmälä

Onnettomuustutkintaraportti
dnro Tukes 981/00.05.12/2022

**SÄHKÖNJAKELUVERKOSSA TAPAHTUNUT
RAKENNUSPALOJEN SARJAN AIHEUTTANUT VAKAVA
ONNETTOMUUS**

Tutkintaryhmä:

Sakari Hatakka, Juha-Pekka Törmälä

Sisällysluettelo

Tutkimusraportin tiivistelmä	4
1. Johdanto	6
2. Onnettomuuspaikkaa syöttävän sähköjakeluverkon rakenne pääpiirteittäin	7
2.1. Keskijänniteverkon vikasuojauksen periaatteita	9
3. Tapahtumakuvaus	9
3.1. Tapahtumat ennen onnettomuutta	9
3.2. Lumikuormasta aiheutunut vikatapahtuma ja vian hoito	10
3.3. Tapahtumat vikapaikan erottamisen jälkeen	10
4. Jakeluverkkoa koskevat turvallisuusvaatimukset ja määräysten mukaisuus	11
4.1. Jakeluverkon tekniset turvallisuusvaatimukset, kunnossapito ja tarkastukset	11
4.2. Kytkentätilanne onnettomuuden sattuessa	14
4.2.1 Huoltotoimien jälkeinen poikkeuksellinen kytkentätilanne sähköasemalla 30.11.2021	14
5. Toiminnanharjoittajat tapahtumaketjussa	16
5.1. Jakeluverkon käytön turvallisuus - käytön johtaja	16
5.2. Sähkötyöt - sähkötöiden johtaja	16
6. Sähköturvallisuuslain vaatimukset sähkö- ja käyttötyölle	17
6.1. Sähkö- ja käyttötyön suorittamista koskevat vaatimukset	17
7. Vakiintuneet menettelyt sähköturvalliselle työskentelylle	17
7.1. Koulutus ja opastus	18
8. Onnettomuuden tutkinta	18
9. Jakeluverkon määräystenmukaisuus ja kunnossapito	20
9.1. Jakeluverkon kunnossapito	20
9.2. Onnettomuuspaikan ilmajohdon määräystenmukaisuus	20
9.2.1 Yhteispylväsrakenne	20
9.2.2 Johdon etäisyys kasvavista puista	21
9.2.3 Niin sanottujen nolausehtojen täyttyminen pienjänniteverkkoa (230/ 400 V) koskevien vaatimusten mukaan	22
9.2.4 Kosketusjännitteen kannalta sallittu maadoitusjännite	22
9.2.5 110/20 kV sähköaseman laitteisto	23

9.2.6	Kapasiivisen maasulkuvirran kompensointi -sammutus	24
9.2.7	Määräaikaistarkastus.....	24
9.2.8	Vuorokauden säätila onnettomuuden sattuessa	25
10.	Jakeluverkon käytön turvallisuus ja käyttöturvallisuuden hallinta	25
10.1.	Sähkölaitteiston haltija ja käytön johtaja	25
10.2.	Käytöstä vastaava henkilö - käytön valvoja.....	26
10.3.	Sähköurakoitsijan sähköasematyöryhmä.....	27
10.4.	Toteutuneet menettelyt käyttötöissä.....	27
11.	Onnettomuustutkinnan tulokset.....	28
11.1.	Onnettomuuteen johtanut välitön syy	28
11.2.	Onnettomuuden syntyyn vaikuttaneita tekijöitä	29
12.	Tapahtuman aiheuttamat vahingot ja vaaratilanne.....	30
12.1.	Onnettomuuden seurauksena aiheutuneet vaarajännitteet	30
12.2.	Vian seurauksena aiheutuneet rakennuspalot, laiterikot ja sähköiskun vaara.....	31
13.	Yhteenveto onnettomuudesta ja siihen vaikuttaneista tekijöistä	32
14.	Poikkeamat verkon käytön turvallisuutta koskevista vaatimuksista.....	34
15.	Tapahtumat onnettomuuden jälkeen	35
16.	Tutkintaryhmän ehdotukset vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi	36
17.	Lähteet.....	36
18.	Otteita onnettomuuteen liittyvistä säädöskohdista ja sähkötyöturvallisuutta koskevista vaatimuksista.....	36
19.	Accimap	43

Tutkimusraportin tiivistelmä

Onnettomuustapaus	Sähkönjakeluverkossa tapahtunut rakennuspalojen (ns. sähköpalojen) sarjan aiheuttanut vakava onnettomuus
Tapahtuma-aika	Lauantai 18.12.2021
Tapahtumapaikka	Lieksa, Ruunaa
Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista	<p>Tutkittuun sähkönjakeluverkon onnettomuuteen johtanut tapahtumaketju sai alkunsa 30.11.2021. Vahinkopaikkaa syöttävällä 110/20 kV sähköasemalla ilmeni huoltotöiden yhteydessä odottamaton vika, jonka seurauksena työtä varten tehtyä kiskokeskeytystä ei saatu palautettua suunnitellusti takaisin normaalin kytkentätilanteeseen.</p> <p>Onnettomuuspaikan jakeluverkon alueella talvet ovat runsaslumisia. Sääolot vaikeutuivat lauantaina 18.12.2021, jolloin jakeluverkon ilmajohdoille ja ympäröiviin puihin kertyi enenevästi lunta ns. tykkylunta aiheuttaen lisääntyvästi verkkovikoja. Sääolosuhteiden pahentuessa kaatui lumikuormassa ollut puu 20 kV:n avojohdolle, jonka seurauksena syntyi verkkovikatilanne, josta aiheutui rakennuspalojen sarja ja sähkötapaturman vaaraa laajalla alueella.</p> <p>Palautuskytkennän yhteydessä (30.11.2021) oli syntynyt virheellinen ja vaarallinen käyttökytkentä, joka ei tullut huomioiduksi verkon valvonnassa. Virheellisen käyttökytkennän seurauksena tapahtumaketjussa syttyi kolme rakennuspaloa ja aiheutui vakava sähköiskun vaara.</p> <p>Tapahtumaketjussa virheellisestä kytkentätilanteesta johtuen sähköaseman 20 kV:n johtolähtöjen vikasuojauskoordinaatio eikä laitteiston käyttö ollut määräysten mukainen. Olennaiset turvallisuustoiminnot eivät toimineet vikatilanteessa, eikä pitkään jatkunut vaarallinen käyttötilanne tullut huomioiduksi verkon valvonnassa.</p> <p>Onnettomuustutkinnan mukaan yllättävässä muutostilanteessa turvalliseen toimintaan liittyvä riskinarviointi ja toteutettu kytkentäpäättös perustuivat vajavaisiin tietoihin, jolloin syntyi virheellinen oletus, että toteutetussa käyttötilanteessa vikasuojaus toimisi vaaditusti.</p> <p>Onnettomuuteen johtaneena merkityksellisenä tekijänä pidetään sitä, että sähköverkon valvontajärjestelmän turvallisuuteen liittyvien hälytysten ja tilatietojen muutoksista tuottama tieto ei ole omiaan tukemaan verkon käyttöön liittyviä päätelmiä ja niiden pohjalta tehtäviä ratkaisuja verkon käyttöä valvovien henkilöiden tasolla.</p>
Tarvittavat korjaavat toimenpiteet ja tutkintaryhmän ehdotukset vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi	1. Verkon erilaisiin kytkentätilanteisiin ja verkon rakenteesta johtuviin muutoksiin tulee aina liittyä kiinteänä osana vikasuojauksen tapauskohtainen turvallisuustarkastelu, jonka pohjalla on oltava riittävän yksityiskohtaiset tiedot. Kytkentöjen suunnittelussa tulee noudattaa standardin mukaista alalla suurjännitetöissä vakiintunutta kirjallista menettelyä kytkentäohjelman laadinnassa.

	<p>2. Sähköturvallisuuslain vaatimus on, että sähkölaitteistoja on käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Verkonhaltijalla on siten oltava menettelyt, joilla verkon käytön turvallisuutta valvotaan ja vikatilanteisiin reagoidaan viipymättä niin, että turvallisuus säilyy.</p> <p>Valvomoon tulevista hälytyksistä tulee selkeästi käydä ilmi niiden turvallisuusmerkitys.</p> <p>3. Sähköasemilla on käytössä rakenteeltaan erityyppisiä ja -ikäisiä kytkinlaitoksia. Sähkölaitteiston turvallisessa käytössä on varmistettava ja huolehdittava siitä, että käytettävissä on aina ajantasainen dokumentointi, josta ilmenee mm. laitteistokohtaiset suojauskytkennät ja sallitut kytkentätilanteet.</p> <p>4. Sähköasemien suojausjärjestelmissä, jo käytössä olevien asemien modernisoinnissa ja suojaukseen liittyvissä muutoksissa tulisi pyrkiä suojaustekniikkaan, joka on itsessään turvallista käyttäjän toimista riippumatta.</p>
Tutkintaraportin päiväys	12.5.2022
Tutkintaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset	Onnettomuustutkintaraportti on sähköisesti allekirjoitettu asiakirja.

1. Johdanto

Pelastuslaitos sai myöhään lauantai-iltana 18.12.2021 ilmoituksen Itä-Suomessa sijaitsevan jakeluverkkoyhtiön alueen pienjänniteliittymän rakennuspalosta. Pelastuslaitos ilmoitti palosta verkkoyhtiön valvomoon, josta hälytettiin palopaikalle verkostoasentajaryhmä. Paikan päällä asentajat totesivat, että liittymässä on pienjänniteverkosta poikkeavia huomattavan suuria jännitteitä. Pian asentajat havaitsivat, että palopaikan lähistöllä oli kaatunut puu 20 kV:n avojohdon johtokadulle ja johdoille, jonka seurauksena muuntopiiriä ryhdyttiin välittömästi erottamaan keskijänniteverkosta.

Asentajaryhmän ollessa paikalla havaittiin myöhemmin seuraavan vuorokauden puolella sunnuntaina, että saman kiinteistön pihasauna oli syttynyt tuleen. Myöhemmin samaan, jo jännitteettömäksi erotettuun, muuntopiiriin kuuluvan tyhjillään olevan kiinteistön päärakennuksen havaittiin olevan tulossa.

Onnettomuuspaikkaa syöttävä sähköverkko on tyypillinen Suomessa käytetty jakeluverkko, joka koostuu jänniteportailtaan suur- ja keskijänniteverkosta (suurjännitteet)* sekä pienjänniteverkosta. Jakeluverkon haltijan keskijänniteverkko syöttää pienjänniteverkkoja, joihin kuluttajien sähkölaitteistot liittyvät. Sähkönjakeluverkkoa sekä suur- että pienjänniteverkkoa on taajamien ulkopuolella toteutettu perinteisesti erilaisiin pylväsrakenteisiin asennetuilla ilmajohdoilla.

Ilmajohdot ovat alttiina sääilmiöille, myrskyt ja lumikuormat aiheuttavat haasteita ja vikatilanteita jakeluverkkojen keskijännite- ja pienjänniteilmajohdoille. Keskijänniteverkon vikatilanteista aiheutuu kuluttajille sähkökatkoja ja häiriöitä laajemmin kuin jakeluverkon pienjänniteveioista, jotka rajoittuvat usein muutamiin pienjännitejohtolähtöjen liittyisiin.

Paikassa, jossa tutkittu sähkövahinko ja onnettomuus tapahtui, on jakeluverkon 20 kV:n avojohto sijoitettu yleisesti käytetyn yhteiskäyttöpylväsrakenteen mukaisesti johtokadulla samaan pylvääseen muuntopiirin kuluttajia syöttävän 230/400 voltin pienjänniteriippujohdon ns. AMKA-johdon yläpuolelle.

Osana onnettomuuteen johtanutta tapahtumaketjua katkesi lumikuormassa ollut puu johtokadulle, jonka seurauksena avorakenteisen keskijännitejohdon johdin katkesi ja putosi alapuolella olevien rinnan kytkettyjen AMKA-riippujohtojen päälle. Katkennut keskijännitejohdin jäi kiinni toisen AMKA-johdon päällystämättömään kannattimeen (PEN-johtimeen). Vaurioituneen keskijännitejohdon vikasuojaus ei toiminut määräysten mukaisesti, jolloin 20 kV:n jännite levisi hallitsemattomasti muuntopiiriin pienjänniteliittymiin, niiden maadoitettuihin osiin aiheuttaen kolme rakennuspaloa, useita laiterikkoja ja henkilöille vakavaa sähköiskun vaaraa.

Vaarallinen tapahtumaketju sai alkunsa jo aiemmin ennen puun kaatumista johdolle ja tulipalojen syttymistä 110/20 kV:n sähköaseman huoltotöitä varten 30.11.2021 toteutetun kiskokeskeytyksen palautuskytkennän yhteydessä.

Onnettomuuden syiden selvittelyssä ja onnettomuustutkinnassa todettiin useita syytekijöitä, jotka olivat vaikuttamassa tapahtumaketjussa siihen, että vahinkoon johtanut vakava suojauspuute ei tullut havaituksi kytkennän suunnittelussa ja verkon käytössä.

** Suurjännitteiksi kutsutaan 400 kV:n ja 110 kV:n jännitteitä. Yli 1000 voltin (1 kV), mutta alle 110 kilovoltin (110 kV) jännitteitä keskijännitteiksi ja jakeluverkkojen enintään 1000 voltin (1 kV) jännitteitä pienjännitteeksi.*



Kuvat 1. ja 2. Vaurioitunut avojohto ja onnettomuuden seurauksena palava rakennus.

2. Onnettomuuspaikkaa syöttävän sähköjakeluverkon rakenne pääpiirteittäin

Onnettomuusalueen johtolähtöä syötetään jakeluverkonhaltijan sähköasemalta** (Kuva 3.), jossa 110 kV:n siirtojännite muunnetaan kahdella päämuuntajalla 20 kV:n keskijännitteiseksi jakelujännitteeksi. Sähköasemilla sijaitsevat päämuuntajien lisäksi mm. suurjännitekytkinlaitteisto, -kytkinlaitteet ja apujännitejärjestelmät.

Sähköverkoissa tapahtuu vika- ja häiriötilanteita, kuten oikosulkuja, maasulkuja, ylikuormituksia, yli- ja alijännitteitä. Sähköaseman kytkinlaitoksen keskeisiä toimintoja ovat kytkinlaitoksen ja keskijänniteverkon johtolähtöjen suojausjärjestelmän ylivirta- ja maasulkureleet ja niihin liittyvät katkaisijat, joilla johtolähtö kytketään irti verkosta vikatilanteessa sekä ilmajohtoverkon ohimeneviin vikoihin liittyvät jälleenkytkentätoiminnot.

Onnettomuuspaikkaa syöttävälle sähköasemalle on keskitetty verkon rakenteesta johtuvan kapasitiivisen maasulkuvirran kompensointi eli ns. sammutuslaitteisto. Maasulun kompensoinnilla vähennetään verkon rakenteesta riippuvaa vikapaikassa muutoin esiintyvää maasulkuvirtaa ja rajoitetaan ihmisille sekä eläimille vaarallisia kosketusjännitteitä.

Sähköasemalta syötetty 20 kV:n keskijännite muunnetaan jakelualueella muuntopiireittäin 230/400 voltin pienjännitelähtöihin kuluttajien käytettäväksi. Jakeluverkon kolmivaiheisten muuntajien toisiokäämityksen päät on kytketty yhteen ns. tähtipisteeseen. Tähtipiste on kytketty maahan ja siihen kytketään nollajohdin ja asennusten suojamaadoitusjohdin (PEN-johdin) muuntajan tähtipisteen kautta. Toisiokäämien toiset päät muodostavat pienjänniteverkon (230/ 400 V) kolme vaihetta. Muuntajalta pienjännitteiset vaiheet (L1, L2 ja L3) ja PEN-johdin viedään sähkön käyttöpaikalle kuluttajien sähköasennukseen. Kuluttajien liittymä syöttävät johtolähdöt suojataan ylivirtasuojilla. Kuluttajaliittymissä sähköasennukset ja laitteet kytketään joko yksivaiheisesti (230 V) vaihejohtimen ja nollajohtimen tai kolmivaiheisesti (400 V) vaihejohtimen välille.

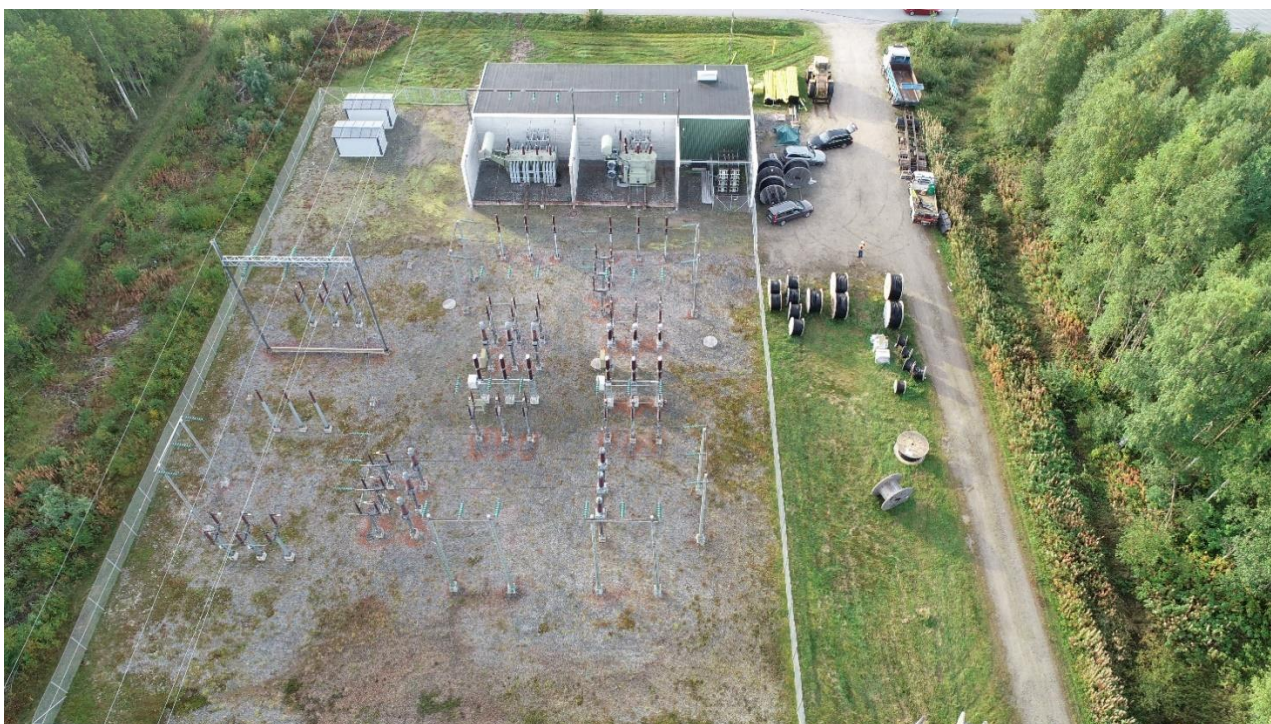
Vahinkopaikan johtolähdön sähkönsyöttö jakelumuuntajille ja vahinkopaikalle (keski- ja pienjännitesiiro) on toteutettu pääosin ilmajohtona, pois lukien lyhyehköjä kiinteistöjä syöttäviä maakaapeloituja osuuksia.

Keskijännitesiirossa on käytetty ilmajohtoverkon pylväsrakenteiden orsien eristimille asennettua päällystämätöntä metallirakenteista ilmajohtoa, tyyppiltään Fersemal.

Onnettomuuspaikan jakelumuuntajan jälkeinen pienjännitesähköjakelu on toteutettu pääosin AMKA-riippukierrehjoilla. Johdon rakenteessa päällystetyt vaihejohtimet on kierretty johdon kannatusköytenä toimivan nollajohtimen (PEN-johdin) ympärille. Johtokiinnityksestä ja mekaanisesta kuormituksesta aiheutuvat voimat kohdistuvat kannatusköyteen, tästä syystä kannatin on mekaanisesti lujuempi kuin sen ympärille kierretyt alumiinijohtimet. AMKA-johdot tunnistetaan vaihejohtinten lukumäärän, poikkipinnan ja kannatusköyden poikkipinta-alan avulla, esim. 1 x 16 + 25, 3 x 16 + 25 jne. Ensimmäinen luku ilmaisee riippujohdon vaihejohtinten lukumäärän, seuraavat vaihejohtimien ja PEN-johtimen poikkipinnan (mm²). Määräyksissä esitetyin edellytyksin voidaan ilmajohtorakenteissa yhteispylväskäytössä asentaa samaan pylvääseen mm. keskijänniteavojohtoa, AMKA-riippukierrekaapelia ja televerkon johtoja.

Onnettomuuspaikan ilmajohtojakelussa on samaan pylvääseen asennettu eri jänniteportaiden (20 kV ja 230/400 V) ilmajohtoja kahden pienjänniteilmajohdon ollessa rinnankytkettynä yhteispylväskäyttöön.

***Sähköasemat ovat sähköverkon risteyskohtia, joissa sähkönsiirto voidaan jakaa eri johdoille ja muuttaa siirrettäviä jännitetasoja. 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 vaarallisesti jännitteiseksi esim. erottamiseen käytetyn kytkinlaitteen virheellisen käytön tai virhetoiminnan takia tai muista syistä laitteistoon tulleen odottamattoman jännitteen takia.*



Kuva 3. Yleiskuva onnettomuuspaikan johtolähtöä syöttävästä sähköasemasta.

2.1. Keskijänniteverkon vikasuojauksen periaatteita

Sähköasemalla toteutettavat keskijänniteverkon johtolähtöjen yleisimmät suojaustoiminnot ovat ylivirtasuojaus ja maasulkusuojaus ja niihin liittyvät automaattiset jälleenkytkennät.

Vian sattuessa suojausten on toimittava mahdollisimman nopeasti siten, että ihmisille ja eläimille ei aiheudu vaaraa eikä laitteisto vaurioidu. Suojaus toteutetaan mittamuuntajista, suojaroleista ja katkaisijoista muodostuvalla kokonaisuudella.

Verkon oikosulkuviassa vikavirta on tyypillisesti verkon kuormitusvirtaa suurempi ja suojaus voidaan toteuttaa ylivirtasuojauksena.

Maasta erotetussa ja kompensoidussa verkossa, kuten verkossa, jossa vahinko tapahtui, yksivaiheisen maasulun maasulkuvirta voi olla verkon normaalia kuormitusvirtaa pienempi. Vikasuojauksia ei voi siten toteuttaa ylivirtaan perustuvalla mittauksella, vastaavasti kuten oikosulkusuojaus. Suojaukseen tarvitaan erityinen maasulkusuojaus, jonka keskeinen tehtävä on henkilöturvallisuuden varmistaminen keskijänniteverkon vikatilanteissa.

Maasulkusuojauksen suojaroleen toimintaehdoista ovat verkon epäsymmetriatilanteissa mm. nollajännitteen ja suojatun johtolähdön maasulkuvirran rajojen ylittyminen. Käytännössä maasulkusuojaus toteutetaan suunnatuilla maasulkureleillä. Maasulkusuojaus asetellaan siten, etteivät vikatilanteissa sallitut tietyt kosketusjännitevaatimukset ylity.

Onnettomuuspaikkaa syöttävällä sähköasemalla on kaksiportainen vikasuojaus. Ensimmäisessä portaassa johtolähtöjen lähtökatkaisijoiden suojaroleistys sekä toiseen portaaseen aseteltu, niin sanottu kiskosuojaus. Myös varasuojauksena toimiva kiskosuojaus asetellaan pääsääntöisesti toimimaan jonkin verran ensimmäistä porrasta suuremmilla laukaisukriteereillä. Suojaroleen havahtuminen ja katkaisijan avautuminen tapahtuu, kun portaalle asetellut laukaisuehdot täyttyvät.

Onnettomuuden esiselvitysvaiheessa kävi selväksi, että keskijänniteverkon vikasuojaus ei ole toiminut turvallisuusvaatimusten mukaisesti.

3. Tapahtumakuvaus

3.1. Tapahtumat ennen onnettomuutta

Vahinkopaikkaa syöttävällä sähköasemalla oli toteutettu 30.11.2021 huoltotöitä varten kiskokeskeytys, jossa toisen päämuuntajan syöttämän keskijännitekojeiston kisko otettiin jännitteettömäksi ennakkoon laaditun kytkentäsuunnitelman mukaisesti. Palautuskytkennässä yhden johtolähdön katkaisijavaunua ei saatu mekaanisen vian takia paikoilleen ja palautusta vietyä kytkentäsuunnitelman mukaisesti loppuun. Sähköaseman kojeiston rakenne mahdollistaa syöttää päämuuntajien PT1 ja PT2 jälkeisiä johtolähtöjä pääkiskojen 1 ja 2 kaksikiskojärjestelmässä (myöhemmin kiskot A ja B). Kytkentä päätettiin palauttaa siten, että pääkiskon 1 johtolähtöjä syötetään lähtökatkaisijoiden kautta poikkeuksellisesti kiskolta 1B. Korvaava kytkentä tehtiin yhdistämällä kiskot A ja B kojeiston katkaisijoiden avulla. Kytkentä palautettaisiin aikanaan takaisin, kun katkaisijavaunu on korjattu.

Jakeluverkon alueella talvet ovat tyypillisesti runsaslumisia. Joulukuun 2021 puolivälin jälkeen lumitilanne paheni ja kävi verkon käytön kannalta haastavaksi puiden runsaiden lumikuormien ja ns. ***tykkylumen vuoksi. Sähkölinjoille oli alkanut kertyä lunta johtojen päälle sekä johtoreittien vierialueen puustoon ja oksiin. Puihin kertynyt runsas lumikuorma alkoi johtokadulle taipuessaan aiheuttaa enenevästi sähkönjakelun vikakeskeytyksiä. Puuston lumikuormatilanteen vaikeutuessa verkkoyhtiö aloitti helikopterilla suoritettavat ilmajohdojen tarkastuslennot.

Onnettomuuden tapahtuessa lauantaina 18.12.2021 oli verkostoasentajia varattu poistamaan sellaisia lennoilla havaittuja puita, joiden arvioitiin mahdollisesti taipuvan johtojen päälle lumikuorman seurauksena. Lauantain kuluessa tapahtumia ja vikoja esiintyi pitkin päivää.

Lauantai-iltana kello 18 maissa saapui alueelle kostea lumisade, joka pahensi tilannetta ja verkostovikoja aiheutui tiheämmin. Yhtäaikaisesti keskijännitevikoja oli lauantain ja sunnuntain välisenä yönä (18 - 19.12.2021) siten, että enimmillään sähköttöminä oli noin 1500 asiakasta.

****Tykky eli tykkylumi on puun latvukseen ja oksille kasaantuva jäinen raskas lumikerrostuma.*

3.2. Lumikuormasta aiheutunut vikatapahtuma ja vian hoito

Lauantai-iltana 18.12.2021 noin klo 21.42 kaatui 20 kV:n avorakenteiselle keskijänniteilmajohdolle johtoalueen ulkopuolelta ns. vierialueelta puu, joka vaurioitti johtoa siten, että johdon keskimäinen johdin katkesi. Katkennut johdin putosi ja jäi kiinni samassa pylväässä alapuolella olevan rinnan kytketyn pienjännite riippujohtoasennuksen (230/400 V) AMKA:n toisen osajohdon kannattimeen.

Jakeluverkon käyttökeskuksessa sähkönjakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmästä eikä käytöntukijärjestelmästä havaittu, että vaurioituneen keskijännitejohdon vikasuojaus ei toimi ja vaurioitunut keskijännitejohto jäi jännitteiseksi. Tästä käynnistyi välitön vaarallinen maasulkutilanne, jossa jakeluverkon keskijännite pääsi siirtymään pienjänniteriippujohdon (AMKA) kannattinta pitkin pienjännitejakelun maadoituksiin, kuluttajaliittymiin ja niiden sähkölaitteistoihin.

Puun kaaduttua johdolle huomasi pienjänniteliittymän asukas rakennuksensa sähkökeskuksen olevan tulussa ja hälytytti paikalle pelastuslaitoksen, jonka ensimmäiset yksiköt olivat palopaikalla noin klo 22:20. Pelastuslaitos ilmoitti viasta verkkoyhtiön valvomoon, joka hälytytti paikalle verkostoasentajaryhmän klo 23:05.

Jakeluverkon valvonnassa tulkittiin kyseessä olevan pienjännitevikatapahtuma. Vialle hälytetty kahden hengen asentajaryhmä oli paikalla sunnuntain puolella 19.12.2021 n. klo 00:15. Asentajien selvittäessä vikaa ja mitatessa palopaikan kiinteistöä syöttävästä jakokaapista jännitetä, ylittyi pienjännitekäyttöön tarkoitetun mittarin mittaustasteikko. Asentajat ymmärsivät vaaratilanteen ja ettei kyseessä ole pienjännitevika. Pian työryhmä havaitsi palopaikan lähistöllä keskijänniteilmajohdolle kaatuneen puun, joka oli katkaissut yhden ilmajohdon kolmesta johtimesta. Katkennut johdin oli pudonnut keskijännitelinjan alapuolella olevan pienjänniteilmajohdon AMKA:n päälle ja jäänyt kiinni sen eristämättömään kannattimeen PEN-johtoon.

Verkostoasentajaryhmä oli yhteydessä havainnosta jakeluverkon käyttökeskukseen. Vikapaikkaa ryhdyttiin heti erottamaan maastossa helpoimmin lähestyttävällä keskijänniteverkon erottimelle. Vikapaikan jakelumuntaja erotettiin kello 01:24 sunnuntaiyönä, jolloin muuntopiirin pienjänniteliittymät tulivat jännitteettömiksi.

3.3. Tapahtumat vikapaikan erottamisen jälkeen

Pelastuslaitoksen ollessa jo poistuneena tehtävältä havaittiin n. klo 01:30, että sammutuksen kohteena olleen kiinteistön pihasauna oli syttynyt tuleen ja pelastuslaitos hälytettiin takaisin.

Myöhemmin n. klo 02:00 havaittiin läheisen asukkaista tyhjiällä olevan kiinteistön päärakennuksen olevan tulussa.

Pelastuslaitos sekä sähköasentajat kiersivät yöllä haastavissa olosuhteissa läpi niitä muuntopiirin kiinteistöjä, joihin pääsivät herätellen ihmisiä asutuista kiinteistöistä lisävahinkojen varalta. Muuntopiiriin alueella on vesistön takaisia liittymiä, jotka huonon jäättilanteen takia tarkastettiin tähyttämällä.

Seuraavana aamuna sunnuntaina 19.12.2021 vahinkopaikkaa syöttävällä sähköasemalla havaitaan, että 30.11.2021 tehdyn palautuskytkennän keskijännitelähtöjen vikasuojaus ei toimi kojeiston kytkennässä.

Kojeiston kytkentätila muutettiin sunnuntaiaamuna 19.12.2021 n. klo 06:00 turvalliseen tilaan siten, että johtolähtöjen vikasuojaus toimii.

4. Jakeluverkkoa koskevat turvallisuusvaatimukset ja määräysten mukaisuus

Onnettomuuspaikkaa syöttävän jakeluverkon osan rakentamisajankohta sijoittuu vuoteen 1973. Tuolloin voimassa olleet turvallisuusmääräykset perustuivat Sähkötarkastuslaitoksen julkaisuun A1-66 Sähkölaki ja varmuusmääräykset. Julkaisu sisältää kauppa- ja teollisuusministeriön vahvistamia määräyksiä ja Sähkötarkastuslaitoksen vahvistamia ohjeita, joita julkaisussa kutsutaan varmuusmääräyksiksi.

Onnettomuuden tutkinnassa teknistä turvallisuustasoa ja määräystenmukaisuutta on voitu jakeluverkon haltijalta saadut selvitykset huomioiden tarkastella myöhempiä Sähkötarkastuslaitoksen julkaisuja A1-74 ja A1-89 Sähköturvallisuusmääräykset vastaan. Onnettomuuteen vaikuttavin osin teknisen vaatimustason on katsottu täyttävän aiemman normatiivisen julkaisun turvallisuustason, kun se täyttää myöhemmän, tässä julkaisun A1-89 Sähköturvallisuusmääräykset vaatimukset. Myöhemmät julkaisut sisältävät edeltäjänsä yksityiskohtaisempia vaatimustenmukaisuuden selvityksen kannalta tarkemmin määriteltyjä teknisiä vaatimuksia mm. verkon suojaukselle ja rakenteelle.

Julkaisun A1-89 Sähköturvallisuusmääräykset luvun VI. (Ilmajohdot) pykäliin kuuluvat Sähkötarkastuslaitoksen vahvistamat soveltamismääräykset. Täydentävät ohjeet ja selitykset on esitetty Sähkötarkastuslaitoksen julkaisussa A4.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökseen sähköturvallisuusmääräyksistä (KTMp 205/74) perustuvat vahvavirtailmajohdoja koskevat soveltamismääräykset ja ohjeet julkaistiin ensi kerran vuonna 1975 erillisenä julkaisuna A4-75 Vahvavirtailmajohdomääräykset.

Vastaavasti onnettomuuspaikan ilmajohdorakenteen vaatimustenmukaisuutta on tarkasteltu Sähkötarkastuskeskuksen vuonna 1993 vahvistaman julkaisun A4-93 Vahvavirtailmajohdot täydentäviä ohjeita vastaan, joka korvasi edeltäjänsä vuoden 1986 julkaisun. Julkaisussa A4-93 on huomioitu julkaisun A1-89 Sähköturvallisuusmääräykset johtuvat muutokset. Ilmajohdon onnettomuuteen vaikuttavin osin vaatimustason on katsottu täyttävän aiemman julkaisun turvallisuustason, kun se täyttää myöhemmän julkaisun A4-93 Vahvavirtailmajohdot vaatimukset.

Sähköturvallisuutta koskevien teknisten vaatimusten mm. standardien painosten vaihtuessa muutokset eivät ole lähtökohtaisesti takautuvia. Sen sijaan säädösten, lakien ja asetusten, muutokset saattavat asettaa voimaan tullessaan velvoitteita.

4.1. Jakeluverkon tekniset turvallisuusvaatimukset, kunnossapito ja tarkastukset

Sähköturvallisuutta säätelevissä normatiivisissa asiakirjoissa on annettu eri aikakausina eri tavoin vaatimuksia sähkölaitteiston olennaisille turvallisuusvaatimuksille, kunnossapidolle ja tarkastuksille. Nykyiset vaatimukset perustuvat sähköturvallisuuslakiin (STL 1135/2016) ja valtioneuvoston asetukseen sähkölaitteistoista (VNa 1434/ 2016).

Sähköturvallisuuslaki (STL 1135/2016) ja valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (VNa 1434/2016):

- Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Niistä ei saa aiheutua sähköisesti tai sähkömagneettisesti kohtuutonta häiriötä eikä niiden toiminta saa häiriintyä helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (STL 1135/2016 6§)
- Sähkölaitteisto on suunniteltava, rakennettava ja korjattava hyvän turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti ottaen huomioon lain 6 §:n vaatimukset. Lisäksi sähkölaitteiston on täytettävä valtioneuvoston asetuksen (VNa 1434/2016) liitteessä säädetyt sähkölaitteiston olennaiset turvallisuusvaatimukset. Olennaiset turvallisuusvaatimukset koskevat suojausta sähköiskulta, suojausta tulipaloa ja kuumuutta vastaan, suojausta muilta haittavaikutuksilta, erityislaitteistojen sekä erityisolosuhteiden vaatimuksia, eri laitteistojen keskinäistä yhteensopivuutta sekä muita olennaisia rakennevaatimuksia. Vaatimukset koskevat myös tarpeellisia merkintöjä ja asiakirjoja. Sähkölaitteiston rakenteessa on otettava huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat.
- Sähkölaitteiston katsotaan täyttävän olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos se suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen sähköturvallisuusviranomaisen luetteloimia standardeja, joita noudattaen sähkölaitteiston katsotaan täyttävän tämän lain vaatimukset. Valtioneuvoston asetuksella säädetään standardista poikkeamisen menettelystä. (STL 1135/2016 33 §, 34 §)
- Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava, että käytön tai käyttöolosuhteiden muuttuessa ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin, joilla voidaan varmistaa sähkölaitteiston turvallisuus muuttuneissa olosuhteissa. (STL 1135/2016 35 §)
- Sen, joka kytkee sähkölaitteistot yhteen, on varmistettava, ettei toimenpiteestä aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. (STL 1135/2016 36 §)
- Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että mm. jakeluverkon sähkölaitteistoille (sähkölaitteistoluokka 3) laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sähkölaitteiston haltija vastaa siitä, että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet. (STL 1135/2016 48 §)
- Jakeluverkon sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus viiden vuoden välein. Sähkölaitteiston haltija tulee huolehtia määräaikaistarkastuksesta. Määräaikaistarkastuksen voi tehdä sähköturvallisuuslain mukainen valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. (STL 1135/2016 49 §, 50 §)

Onnettomuuden kannalta julkaisuun A1-89 Sähköturvallisuusmääräykset nähden onnettomuustutinnan kannalta keskeisiä teknisiä vaatimuksia ovat:

Luku II. Suojausta koskevat määräykset

- ylivirta ja maasulkusuojaus (8 §)
- enintään 1000 V järjestelmän kosketusjännitesuojaus, ns. ensimmäinen ja toinen nollausehto (9 §)
- yli 1000 V järjestelmän kosketusjännitesuojaus (10 §)

Luku VI. Ilmajohdot

- johdon rakenne (42 §)
- johdon sijainti ja johtuvat rakennevaatimukset (43 §)

Julkaisun A1-89 Sähköturvallisuusmääräykset luvun IX vaatimukset, koskien sähkölaitoksen tarkastuksia on nykyisin veloitettu sähköturvallisuuslain 1135/2016 muun muassa kunnossapitoa ja tarkastuksia koskevissa vaatimuksissa.

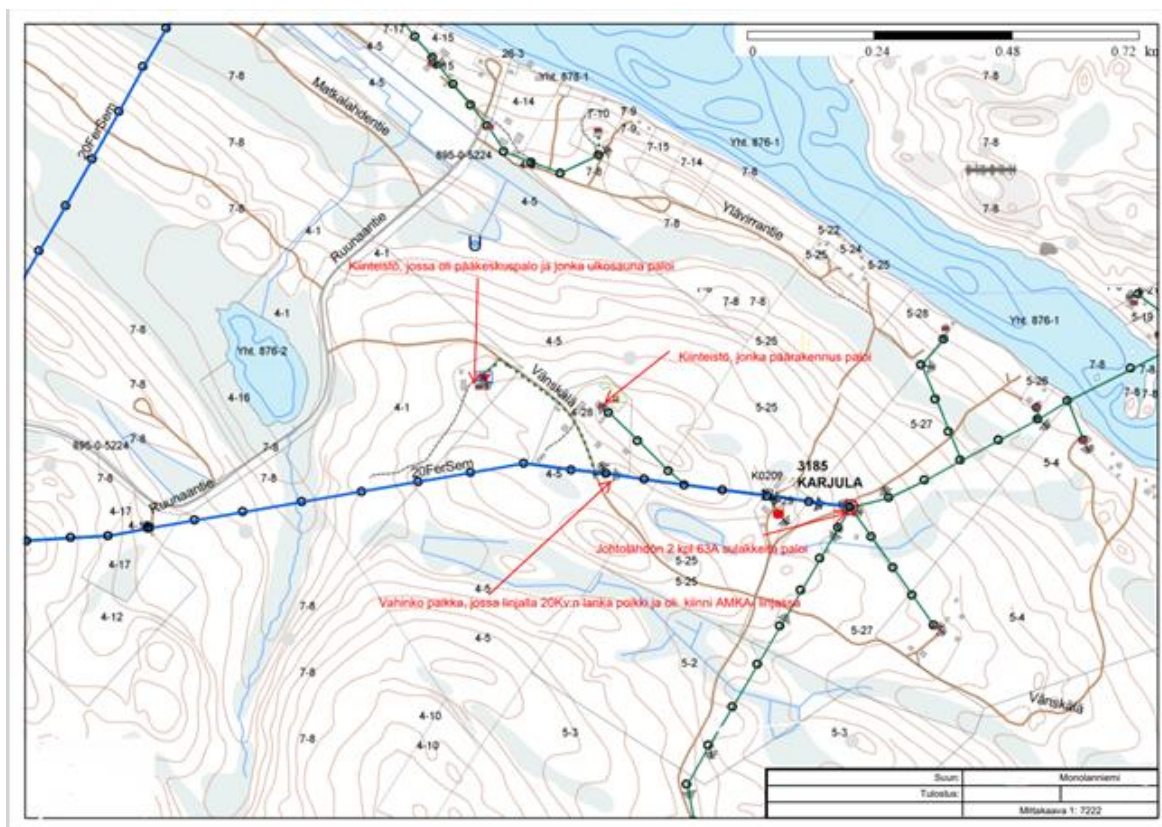
Onnettomuuden kannalta julkaisuun A4-93 Vahvavirtailmajohtomääräykset nähden tarkasteltuja keskeisiä mm. johtojen sijoitteluun ja mekaaniseen lujuuteen liittyviä vaatimuksia ovat:

Luku 3. Johdon rakenne

- 3.1.2 Varmennettu johto

Luku 4. Johdon sijainti ja siitä johtuvat rakennevaatimukset

- 4.1.2 Etäisyys kasvavista puista
- 4.4 Yhteispylvärakenteet
- 4.4.2 Suur- ja pienjännitejohdon yhteispylvärakenne
 - 4.4.2.2 Rakenne



Kuva 4. Havainnekuva onnettomuuspaikan muuntopiirin johtoasennuksista ja pienjänniteverkon maadoituksista.

4.2. Kytkentätilanne onnettomuuden sattuessa

4.2.1 Huoltotoimien jälkeinen poikkeuksellinen kytkentätilanne sähköasemalla 30.11.2021

Onnettomuuspaikkaa syöttävällä sähköasemalla toteutettiin 30.11.2021 kiskokeskeytys, jonka aikana tehtiin huoltotoimia päämuuntajan PT1 syöttämällä kiskolla 1. Töitä varten työkohte erotettiin ennakkoon laaditun kytkentäsuunnitelman mukaisesti jännitteettömäksi. Kytkentää palautettaessa yhden johtolähdön katkaisijavaunua ei saatu mekaanisen vian vuoksi paikoilleen ja kytkentäsuunnitelmaa vietyä sen vuoksi suunnitelman mukaisesti loppuun.

Jakeluverkon käyttöhenkilöstö ja sähköasematyöryhmä keskustelivat korvaavasta kytkennästä. Kytkentä päätettiin toteuttaa jäljempänä olevan kuvan (Kuva 5.) mukaiseen kytkentään. Odottamattomassa vikatilanteessa syöttö päätettiin järjestää yhdistämällä kiskoston 1. kiskot A ja B katkaisijoilla J08 (Tuleva) A sekä B käyttötilanteeseen, jossa päämuuntajan jälkeiset kiskon 1 johtolähdöt jäivät kaksikiskojärjestelmässä kiskolle B.

Kuvassa 5. on punaisella esitetty päämuuntajan PT1 syöttämä kytkentä vikatapahtumahetkellä. Oranssilla värillä on kuvattu toisen päämuuntajan PT2 syöttämä kiskokytkentä.

Jakeluverkkoyhtiön verkonvalvonnan kaukokäyttökaaviosta tulkiten korvaava kytkentä vaikutti turvalliselta ja kiskolle B siirrettyjen johtolähtöjen suojausten katsottiin toimivan asetellusti. Jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän kaukokäyttökaavioista arvioitiin kiskolla A olevaan mittauskennoon J02A perustuvan suojauskytkennän toimivan nyt kiskoon B yhdistetyillä lähtökatkaisijoilla.

Todellisuudessa sähköasemalla ei ollut suojauskytkentää kiskolle B siirrettyjen lähtökatkaisijoiden maasulkusuojausten laukaisuun tarvittavalle nolajännitemittaukselle. Verkonvalvonnassa ei nähty, että kiskolle B siirrettyjen johtolähtöjen lähtökatkaisijoiden maasulkusuojaus ei toimisi vikatilanteessa.

Toteutettaessa kytkentää ei myöskään tullut huomioiduksi, että korvaavassa kytkennässä ja kiskoyhdistyksessä katkaisija J08 (Tuleva) on suojausten toisen portaan toimiessa aukeava katkaisija, joka toimiessaan erottaa kiskot A ja B ja niihin liitetyt olennaiset turvallisustoiminnot.

Kytkennässä onnettomuuspaikkaa syöttävällä johtolähdöllä ei ollut jälleenkytkentätoimintoa.

4.2.2 Verkon vikasuojaus ja käytönvalvonta vikatilanteessa 18.12.2021

Lauantaina 18.12.2021 sää- ja lumitilanteen vaikeutuessa n. klo 21.42 kaatui onnettomuuspaikassa 20 kV:n keskijännitejohdolle johtoalueen ulkopuolelta lumikuormassa ollut puu.

Syntyneessä vikatilanteessa vikapaikan poiskytkentään tarvittava johtolähdön suunnattu maasulkusuojaus ei toiminut, koska kytkennässä ei ollut suojauskytkennän havahtumiseen ja edelleen lähtökatkaisijoiden toimintaan tarvittavaa nolajännitteen mittausta.

Verkon käytönvalvonnassa ei ilmennyt sellaista yksiselitteistä indikaatioita, että 30.11.2021 tehdyssä korvauskytkennässä lähtökatkaisijoiden laukaisun aikaan saavalta suojauskytkennältä puuttuu maasulkusuojausten toiminnan edellytyksenä oleva nolajännitteen U_0 mittaustieto.

Jäinen, lumikuormassa johdon päällä katketessaan käynyt puu oli siinä määrin eristävä, että se ei saanut aikaan johtolähdön oikosulkusuojausten toimintaa.

Tapahtuma-aikaan käytönohjaus- ja valvontajärjestelmä antoi lyhyellä aikaa lukuisia hälytyksiä.

5. Toiminnanharjoittajat tapahtumaketjussa

Sähköverkkotoimintaa saa harjoittaa Suomessa sijaitsevassa sähköverkossa vain Energiaviraston (EV) myöntämällä sähköverkkoluvalla. (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Kyseessä olevan verkonhaltijan toimintamalli on, että verkon rakentaminen, kunnossapito- ja korjaustyöt toteutetaan sähkötöihin oikeudet omaavilla sähköverkkojen erityispiirteisiin perehtyneillä ja erikoistuneilla toiminnanharjoittajilla. Merkittävän osan töistä suorittaa verkkoyhtiön sisäryitys.

Verkon turvallisuuden seuranta, hallinta ja käyttökeskustoiminta toteutetaan pääosin verkonhaltijan palveluksessa olevien asiantuntijoiden voimin.

5.1. Jakeluverkon käytön turvallisuus - käytön johtaja

Sähkömarkkinalain mukaan sähköverkkoluvan haltijalla on oltava palveluksessaan sellainen käytön johtaja sekä, jos hakija suorittaa sähkötöitä, sähkötöiden johtaja, joka täyttää sähköturvallisuuslaissa ja sen nojalla säädetyt kelpoisuusvaatimukset. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 6§)

Käytön johtajan nimeämisestä, ilmoittamisesta Tukesin sähkölaiteistorekisteriin ja velvollisuuksista on säädetty sähköturvallisuuslaissa. Sähköverkkoluvan haltijan nimeämällä käytön johtajalla tulee olla sähkötöihin oikeuttava sähköpätevyys ryhmän S1 laajuudessa. Kyseeseen tulee myös vastaavan laajuinen aiempien säädösten nojalla myönnetty sähköalan pätevyystodistus.

Käytön johtaja vastaa siitä, että sähkölaiteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia, ja että sähkölaiteisto on sähköturvallisuuslain edellyttämässä kunnossa käytön aikana. Käytön johtaja vastaa myös siitä, että käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi tehtäviinsä opastettuja. [Sähköturvallisuuslaki (STL 1135/2016) 60 §, 61 §, 62 §]

Kun sähkölaiteistojen erilaisia korjaus-, huolto- ja kunnossapitotöitä tai käyttötöitä tehdään sähköalan palveluntarjoajien toimesta, tällöin käytön johtaja vastaa siitä, että laitteistoon ja turvalliseen toimintaan liittyvät seikat ja erityispiirteet tulevat huomioiduiksi. Käytön johtaja huolehtii käyttötoiminnan ja kunnossapidon kannalta tarpeellisten menetelmien, vastuiden ja suorittajien määrittelyistä.

5.2. Sähkötyöt - sähkötöiden johtaja

Sähkötöiden tekemisen edellytykset esitetään sähköturvallisuuslaissa. Lain keskeinen vaatimus on, että toiminnanharjoittajan on nimettävä ennen töiden aloittamista palveluksessaan oleva työalueeseen nähden riittävän kelpoisuuden omaava henkilö sähkötöiden johtajaksi ja tehtävä toimintailmoitus Tukesin sähköurakoitsijarekisteriin.

Sähköturvallisuuslain mukaan yli 1000 voltin (V) osiin kohdistuvat sähkötyöt edellyttävät toiminnanharjoittajalta oikeutta sähkötöihin sähköpätevyyden S1 laajuudessa ja alle 1000 voltin työt vähintään sähköpätevyyden S2 laajuudessa. Kyseeseen tulee myös vastaavan laajuinen aiempien säädösten nojalla yrityksen nimeämälle sähkötöiden johtajalle myönnetty sähköalan pätevyystodistus. (STL 1135/2016 66 §, 67 § ja 68 §)

Toiminnanharjoittajan nimeämän sähkötöiden johtajan on johdettava ja valvottava sähkötöitä. Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia sekä sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä. Töiden johtaja huolehtii siitä, että sähkölaitteet ja -laitteistot

ovat niille edellytetyssä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista sekä sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä.

6. Sähköturvallisuuslain vaatimukset sähkö- ja käyttötyölle

Sähköturvallisuuslaki määrittelee sähkö- ja käyttötyön. Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä. Sähkötyöksi ei katsota sähkölaitteen eikä -laitteiston purkutyötä, jos laite tai laitteisto on tehty luotettavasti ja asianmukaisesti jännitteettömäksi. Käyttötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä ja sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä. (STL 1135/2016 53 §)

Lain perusvaatimus on, että sähkö- tai käyttötöitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu. (STL 1135/2016 53 § ja 54 §)

Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä antaa tarkempia vaatimuksia sähköturvallisuuslaissa tarkoitetuista sähkö- ja käyttötöistä sekä niiden suorittajan kelpoisuusvaatimuksista. (VNa 1435/2016)

Sähkötyössä, käyttötyössä ja sähkölaitteiston lähellä tehtävässä työssä, jossa voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara, noudatetaan työturvallisuuslakia. Lisäksi työssä on noudatettava sähköturvallisuuslain olennaisia turvallisuusvaatimuksia, jotka koskevat työkohteen turvallisuudesta huolehtivan henkilön nimeämistä, ohjeita ja opastusta, työssä käytettäviä välineitä, työmenettelyjä, varoitusmerkintöjen käyttöä sekä työntekijöiden ja sivullisten vaaralliselle alueelle joutumisen estämistä.

6.1. Sähkö- ja käyttötyön suorittamista koskevat vaatimukset

Sitovat määräykset sähkölaitteistojen sähkö- ja käyttötyön turvallisuudesta perustuvat sähköturvallisuuslakiin. Valtioneuvoston asetuksen sähkötyöstä ja käyttötyöstä liitteessä säädetään tarkemmin mm. sähköturvallisuuslaissa sähkötyöturvallisuudelle asetetuista vaatimuksista. Työskentelyä ja työmenetelmiä koskevien vaatimusten katsotaan täyttyvän, kun työ tehdään soveltaen sähköturvallisuusviranomaisen vahvistamia standardeja ja julkaisuja. Sähkötöitä koskeva vahvistettu standardi on SFS 6002:2015 + A1: 2018 Sähkötyöturvallisuus.

7. Vakiintuneet menettelyt sähköturvalliselle työskentelylle

Sähköturvallisuusviranomaisen julkaisee luettelon (onnettomuusajankohdan Tukes luettelo on S10-2019) niistä standardeista, joita noudattaen sähkölaitteiston katsotaan täyttävän sähköturvallisuuslain sähkölaitteistoille ja sähkötyöturvallisuudelle asettamat vaatimukset (STL 1135/2016 33 § ja VNa 1435/2016, Sähkötyön turvallisen suorittamisen olennaiset turvallisuusvaatimukset).

Suomalainen sähköturvallisuusstandardi SFS 6002 on säädösten mukainen luetteloitu standardi, jota noudattamalla työtä koskevien turvallisuusvaatimusten katsotaan täyttyvän. Standardi sisältää eurooppalaisen esikuvastandardin EN 50110-1:2013, "Operation of electrical installations" suomenkielisen käännöksen sekä siihen tehdyt kansalliset lisäykset.

Julkaisu sisältää säädöksissä tarkoitettuja työssä noudatettavia vakiintuneita turvallisiksi todettuja työmenetelmiä ja ohjeita turvalliseen työskentelyyn sähkölaitteistojen käytössä sekä työskentelyssä sähkölaitteistoissa tai niiden lähellä. Standardia sovelletaan työskentelyyn kaikilla jännitealueilla. Standardissa esitetään vaadittu turvallisuustaso kaikkeen käyttöön, asennukseen ja kunnossapitoon liittyvään sähkötyöturvallisuuteen.

Tutkitun onnettomuuden kannalta sähkötyöturvallisuusstandardin asettamia vaatimuksia on esitetty raportin kohdassa 18. (Otteita onnettomuutta koskevista säädöskohdista ja sähkötyöturvallisuutta koskevista vaatimuksista).

7.1. Koulutus ja opastus

Työntekijälle annettavaa koulutusta ja opastusta koskeva vaatimus on annettu valtioneuvoston asetuksessa sähkötyöstä ja käyttötyöstä.

Sähkötyöturvallisuutta koskeva koulutus [(VNa 1435/2016 ja standardi SFS 6002) kohta X.7]:
Velvoittavan standardin vaatimus on, että kaikille sähköalan töitä tekeville henkilöille, mukaan luettuna työnjohto-, käyttö- ja asiantuntijatehtävissä toimivat henkilöt, on annettava sähkötyöturvallisuuskoulutus, joka sisältää vähintään seuraavat asiat:

- sähkön aiheuttamat vaarat ja niiltä suojautuminen
- sähkötyöturvallisuutta koskevien keskeisten säädösten periaatteet, säädösten mukaisten vastuuhenkilöiden tehtävät ja standardin SFS 6002 asema
- standardin SFS 6002 sisältö soveltuvin osin

Suurjännitteisessä jakeluverkossa työskentelevän henkilöstön koulutukseen ja opastukseen liittyy sähkö- ja sähkötyöturvallisuuteen liittyvän koulutuksen ja opastuksen lisäksi lukuisia muita turvalliseen työskentelyyn liittyviä osaamis- ja koulutusvaatimuksia.

8. Onnettomuuden tutkinta

Rakennuspalojen ja mm. laiterikkojen sarja käynnistyi lauantai-iltana 18.12.2021 noin klo 21:42, kun keskijännitejohto vaurioitui sen päälle kaatuneen puun seurauksena. Jakeluverkon pienjänniteliittymässä kiinteistön asukas huomasi rakennuksensa ulkoseinällä olevan sähkökeskuksen olevan tulossa ja hälytti pelastuslaitoksen.

Tukesin tietoon onnettomuus tuli jakeluverkon käytön johtajan ilmoituksella 20.12.2021. Onnettomuustutkintakeskus (OTKES) ja Pohjois- Karjalan pelastuslaitos lähestyivät Tukesia ilmaisten huolensa vakavasta onnettomuudesta.

Tukes selvitti ensi vaiheessa tapahtumaa ja verkon turvallisen käytön kannalta toteutettuja välttämättömiä toimenpiteitä yhdessä verkonhaltijan käytön johtajan ja verkkopäällikön kanssa. Ilmeni, että tapahtuma on hyvin poikkeuksellinen.

Tehdyn esiselvityksen perusteella Tukes päätti aloittaa tapauksesta onnettomuustutkinnan. Onnettomuudesta aiheutuneiden rakennuspalojen sarjan ns. sähköpalojen lisäksi, aiheutui tapahtumasta laiterikkoja sekä vakavaa sähkötapaturman ja hengenvaaraa.

Tutkintaryhmä nimettiin 28.1.2022. Tutkintaryhmään kuuluivat ylitarkastajat Sakari Hatakka ja Juha-Pekka Törmälä.

Tukesin onnettomuustutkinnan tavoitteena oli selvittää:

- tapahtumien kulku, onnettomuuden seuraukset ja vakavat turvallisuusriskit
- keskijänniteverkon vikasuojaus ja syyt sen toimimattomuudelle onnettomuustilanteessa
- verkkoyhtiön sekä käyttöön, kunnossapitoon ja muutostöihin liittyvien palveluntarjoajien vastuut, ohjeistus ja toimintatavat

- kunnossapitoon, muutosten toteuttamiseen sekä tapahtuman kannalta olennaisiin töihin liittyvät yleiset työmenettelyt
- lakisääteiseen tarkastustoimintaan liittyvät vastuut, ohjeet ja toimintatavat, tarkastushavaintojen ja korjaavien toimien dokumentointi
- verkkoyhtiön vian hoito ja käyttötoiminta pelastustyön turvallisuuden varmistamiseksi
- muut onnettomuuteen vaikuttaneet tekijät - lainsäädännön vaatimusten noudattaminen.

Tutkintaryhmän tuli arvioida selvityksen perusteella ongelmien laajuutta ja yleistettävyyttä, ja tehdä ehdotukset tarvittavista valvontatoimenpiteistä ja suosituksista vastaavien onnettomuuteen johtaneiden tekijöiden ennaltaehkäisemiseksi.

Onnettomuustutkinta perustuu sähköturvallisuuslakiin (1135/2016, 114 §). Tutkinnassa tuli tehdä yhteistyötä muiden viranomaisten kanssa.

Valvontakäynnillä 5.4.2022 Tukesin tutkintaryhmä (Sakari Hatakka ja Juha-Pekka Törmälä) selvittivät yhdessä jakeluverkon käytön johtajan ja palveluntarjoajan sähkötöiden johtajan kanssa onnettomuutta edeltäneen käyttökeskeytyksen tapahtuman kulkua ja sovittuja turvallisuuden varmistavia menettelyjä jakeluverkon käyttöhenkilöstön ja palveluntarjoajan sähköasematyöryhmän kesken. Käynnillä tutustuttiin onnettomuuspaikkaa syöttävän sähköaseman laitteistoon.

Tukesin tutkintaryhmällä oli raporttia laatiessaan käytössään seuraava materiaali:

- verkonhaltijalta onnettomuustutkintaa varten saatuja tietoja ja selvityksiä:
 - onnettomuuteen liittyviä valokuvatallenteita (raportin kuvat verkonhaltija ja Tukes)
 - käytön johtajan laatima tapahtumaraportti keskijänniteviasta
 - onnettomuuspaikkaa syöttävän sähköaseman verkkokartta
 - onnettomuuspaikkaa syöttävän sähköaseman kosketusjännitevaatimusten tarkastelu
 - onnettomuuspaikkaa syöttävän muuntamon maadoitusmittaukset/ kosketusjännitetarkastelu
 - päämuuntajalta PT 1 syötettyjen johtolähtöjen sammuttamaton ja sammutettu maasulkuvirta
 - selvitys onnettomuuspaikkaa syöttävän ilmajohdon johtokadun hoidosta
 - pienjänniteverkon maadoitusmittaukset
 - listaus käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän tapahtumista ajalla 30.11-19.12.2021
 - relesuojaukset, sisältäen suojalaitteet, koestuspöytäkirjat, konfiguraatio
 - sähköaseman sammutuslaitteiston tekninen eritelmä
 - selvitys onnettomuuspaikan johto-osan yhteispylväskäyttökelpoisuudesta
 - selvitys onnettomuuspaikan johto-osan mm. pylväsrakenteisen kunnonhallinnasta
 - onnettomuuspaikan muuntopiirin pienjänniteliittyvien kWh- mittaustietoja
 - tulipalojen sarjaan liittyviä hälytys-, onnettomuus ja rakennuselosteita PRONTO-tietokannasta
 - poliisin tiedonsaantipyyntö
 - jakeluverkolle suoritettujen kolmannen osapuolen tarkastuspöytäkirjoja
 - Ilmatieteen laitoksen tietoja onnettomuuden aikaisesta säätilasta
 - onnettomuuteen liittyvien henkilöiden puhuttamisessa kirjattuja muistiinpanoja

Tukes on kuullut tutkinnassa jakeluverkon verkonhaltijan käytön johtajaa ja käyttöpäällikköä, jakeluverkossa tapahtuma-aikana työskennellyttä käytön valvojaa sekä verkon kunnossapitopalveluita tarjoavan urakoitsijan sähkötöiden johtajaa ja vian hoitoon onnettomuuspaikalla osallistunutta työryhmää. Kuulemisissa on saatu toiminnanharjoittajien selvityksiä mm. verkon käytön turvallisuuden valvonnan järjestelyistä, henkilöstön sähköalan koulutuksesta ja työkokemuksesta, toteutuneesta opastuksesta sekä sähkötyöturvallisuuskoulutuksesta.

9. Jakeluverkon määräysten mukaisuus ja kunnossapito

Tässä kohdassa on käsitelty saatujen ja tehtyjen selvitysten perusteella edellä kohdassa 4. esitettyjen jakeluverkkoa koskevien turvallisuusvaatimusten ja määräysten täyttymistä jakeluverkon osassa onnettomuuden sattuessa.

9.1. Jakeluverkon kunnossapito

Sähkölaitteistot jaetaan niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten mukaan kolmeen luokkaan. Verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muut vastaavat sähköverkot kuuluvat laitteistoluokkaan 3.

Jakeluverkolle ja siihen liittyville laitteistoille tulee laitteistoluokassa 3 laatia sähköturvallisuuslain mukainen verkon eri osa-alueet kattava kunnossapito-ohjelma (STL 1135/2016 48 §). Kunnossapito-ohjelmaan sisällytetään kunnossapitoon kuuluvat huolto-, kunnossapito- ja korjaustyöt sekä kootaan sisältö mm. laitteiston osien valmistajien antamista huolto-ohjeista. Kunnossapito-ohjelmassa suunnitellut ja yksilöidyt toimenpiteet sidotaan kalenteriaikaan, toteutuneista huoltotoimenpiteistä sekä havaittujen vikojen ja puutteiden korjaamisesta tulee pitää kirjaa.

- Jakeluverkolle ja siihen liittyville laitteistoille on laadittu verkon eri osa-alueet kattava kunnossapito-ohjelma.

9.2. Onnettomuuspaikan ilmajohton määräysten mukaisuus

Onnettomuuteen johtaneessa tapahtumaketjussa 20 kV:n avojohdolle kaatui puu, joka katkaisi yhden kolmesta päällystämättömästä johtimesta jääden kiinni yhteiskäyttöpylväsrakenteessa olevaan riippukierrejohto AMKA:n eristämättömään kannattimeen (PEN-johtoon).

- Johdolle kaatunut puu sijaitsi onnettomuustutkintaa varten toimitettujen valokuvatallenteiden ja selvitysten perusteella ns. johtokadun ulkopuolella.

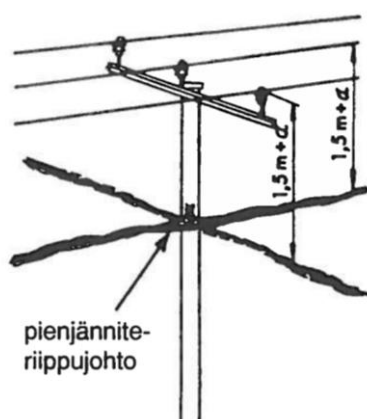
9.2.1 Yhteispylväsrakenne

Keskijännitejohdon alapuolelle yhteispylväskäyttöön on voitu asentaa vahvavirtailmajohtomääräysten mukaisesti rinnankytketty riippukierrejohto sitä koskevien asennus- ja suojausvaatimusten mukaisesti: Julkaisun A4 mukaan eri järjestelmiin tai virtapiireihin kuuluvien johtojen ollessa kiinnitettyinä yhteisiin pylväisiin on pidettävä huolta siitä, ettei yhteispylväsrakenteesta aiheudu vaaraa (StM 43 § 4).

Julkaisun kohta 4.4.2 Suur- ja pienjännitejohdon yhteispylväsrakenteiden vaatimuksia:

- Suurjänniteavojohdo ei saa olla pienjänniteriippujohdon alapuolella.
- Suurjännitejohto on rakennettava varmennetuksi johdoksi siltä osalta, jolla yhteispylväsrakennetta käytetään.
- Kaksi AMKA-riippukierrejohtoa on voitu suojata yhteisellä ylikuormitussuojalla. Ylikuormitussuojana käytetyn sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta määräytyy ohuemman osajohdon mukaan. Haaroitettaessa kahta rinnankytkettyä AMKA-johtoa on haarajohto kytkettävä kumpaankin osajohtoon.

- Selvitysten mukaan onnettomuuspaikan muuntopiirin ilmajohtoasennus täyttää suur- ja pienjännitejohdoille yhteispylväskäytössä edellytetyn varmennetun johdon vaatimukset.



Kuva 6. Julkaisu A4 suurjänniteavojohdon virtajohtimen vähimmäisetäisyys (perusvaatimus) pienjänniteriippujohdosta (1,5 metriä + jännitelisä 0,22 metriä).

9.2.2 Johdon etäisyys kasvavista puista

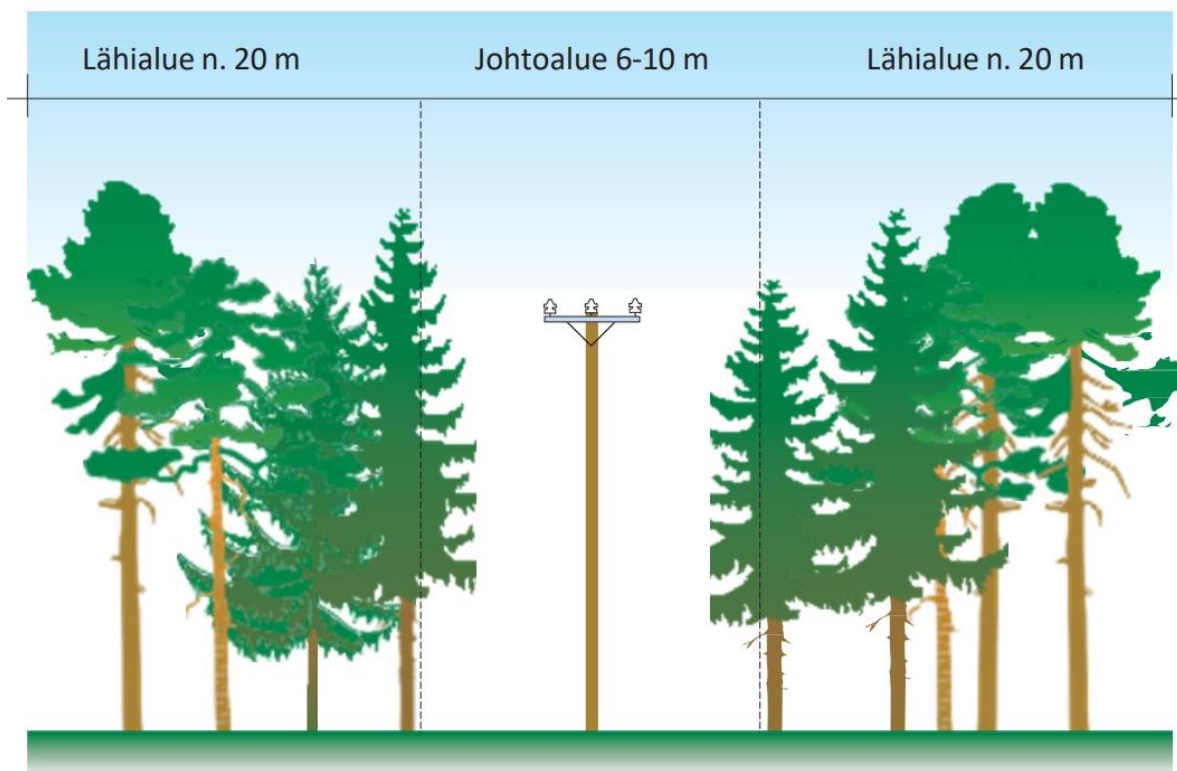
- Johdon vaurioitumisen aiheuttanut puu kaatui avojohdolle johtoalueen ulkopuolelta ns. vierialueelta. Sitovissa määräyksissä avojohdon virtajohtimen etäisyyden pystyssä olevista puista on oltava vähintään 1 metri + johdon jännitteestä johtuva jännitelisä. Suurjännitteellä etäisyys on hedelmäpuista 4 metriä + jännitelisä. 20 kV:n johdon jännitelisä on 0,22 metriä.
- Päälystetyillä johtimilla varustetulla pienjänniteilmajohdolla ei ole etäisyysvaatimuksia puustoon, ne pitää kuitenkin sijoittaa siten, etteivät puun oksat tai runko voi vahingoittaa johtoa. (Vahvavirtailmajohdomääräykset A4 ja standardi SFS-EN 50341-2-7 Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä. Osa 2-7: Suomen kansalliset velvoittavat määrittelyt.)

Yleisen käytännön mukaisesti jakeluverkkoyhtiö on sopinut maan- ja metsänomistajien kanssa erityisestä johtoalueesta johtoaluesopimuksella.

Johtokadun ulkopuolisen lähialueen eli vierimetsän hoidossa on pyritty ennakoiden poistamaan puita, jotka sääilmiöissä kovalla tuulella, myrskyissä tai lumikuormassa voivat taipua tai katketa johdolle. Toimenpiteet vierimetsänhoidossa voidaan tehdä maanomistajan suostumuksella. Perusvierimetsänhoitoa alueella on tehty vuonna 2020. Johtoalueen suunniteltuun kausiraivaukseen kuuluu pohjanraivaus, oksinta ja yksittäisten vaarallisten puiden poisto.

Jakeluverkon kunnossapito-ohjelmaan sisältyvät keski- ja pienjännitepylväiden kuntotarkastukset mm. lahoisuus- ja harusten tarkastukset samoin, kuin muuntamoiden sekä jako- ja haaroituskaappien kuntotarkastukset.

- Onnettomuustutkinnassa saatujen selvitysten mukaan onnettomuuspaikan johtoalue oli raivattu kunnossapitosuunnitelman mukaisesti ja ilmajohtotasennusta koskevat sitovat etäisyysvaatimukset metsässä sijaitsevalla johtoalueella kasvaviin puihin täyttyivät.



Kuva 7. (Lähde Energiateollisuuden ohjeellinen julkaisu Johtoalueiden vierimetsien hoito 2018)

9.2.3 Niin sanottujen nolausehtojen täytyminen pienjänniteverkkoa (230/ 400 V) koskevien vaatimusten mukaan.

- Onnettomuuspaikan muuntamon jälkeinen pienjänniteverkko on kuvattu edellä kuvassa 4. Pienjännitejakelun ylivirtasuojaukseen ja maadoitusten vaatimustenmukaisuuden seurantaan liittyvät tarkastukset ja mittaukset oli tehty kunnossapitosuunnitelman mukaisesti.

9.2.4 Kosketusjännitteen kannalta sallittu maadoitusjännite

Yksivaiheisen maasulun suojamaadoitettuun osaan aiheuttama maadoitusjännite ei saa aiheuttaa kytkinlaitoksessa eikä paikassa missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu, vaarallista kosketusjännitettä. Maadoitusjännite ei myöskään saa vaarantaa samaan maadoituselektrodiin maadoitetun tai lähellä sijaitsevan toisen laitteen eristystä (Sähkötarkastuslaitoksen julkaisu A1-74 10 § Yli 1000 V järjestelmän kosketusjännitesuojaus).

Vuoden 1974 julkaisussa jaotellaan laitokset (laitteiston) maadoitetuissa tai maadoitukseen muuten johtavassa yhteydessä olevissa osissa esiintyvistä maadoitusjännitteistä aiheutuvan kosketusjännitteen (mukaan lukien askeljännite) vaarallisuuden kannalta eri ryhmiin.

- Onnettomuuspaikan pienjännitelähtöjä syöttävän muuntamon maadoitusmittaus on tehty kunnossapitosuunnitelman mukaisesti. Muuntamo täyttää julkaisun maadoitusryhmän d. vaatimukset [maadoitusjännite $\frac{500}{\sqrt{t/s}}$ volttia (V)].

9.2.5 110/20 kV sähköaseman laitteisto

Sähköasema on rakennettu vuonna 1981. Laitteistoon on tehty vuosien mittaan muutoksia ja päivityksiä, kuitenkin siten, että kojeiston perusrakenne ja kiskojärjestelmä ovat rakennusajankohdan alkuperäiset. Kytkinlaitos on rakenteeltaan ns. ilmaeristeinen kytkinlaitos.

Sähköasemalla on kaksi 110 kV/ 20 kV päämuuntajaa PT1 ja PT2. Päämuuntajien ja 20kV:n johtolähtöjen välissä on kiskojärjestelmän katkaisijat ja erottimet.

Kojeiston kaksikiskojärjestelmässä on rakenteellisesti pääkiskot 1 ja 2 ja niitä vastaavat kaksoiskiskot 1B ja 2A.

Normaalissa käyttötilanteessa kuvassa 5. olevassa kiskojärjestelmässä ylemmällä kiskolla 1A ovat johtolähdöt J04 - J07 ja alemmalla kiskolla B johtolähdöt J23 - J28. Onnettomuuspaikan johtolähtöä syöttää normaalitilanteessa päämuuntajan PT1 jälkeinen pääkisko 1A.

Sähköaseman vara-/ omakäyttöön voidaan käyttää molempia kiskostoja.

- Sähköasemalla sijaitsevien suojalaitteiden mm. suojaareiden koestukset ja katkaisijahuollot on tehty suunnitellusti ja niistä on käytettävissä pöytäkirjat. Suojasasettelut oli tehty verkon kytkentätilanteessa suojauslaskennan mukaisesti.

- Sähköasemalle on tehty säännönmukaisia tarkastuksia ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet. Tarkastuksissa havaitut viat ja puutteet on käsitelty/ korjattu.



Kuva 8. Yleiskuva kytkinlaitokselta.

Sähköaseman turvallista käyttöä varten on laitteistosta oltava sen käyttöä ja hoitoa varten tarvittavat kaaviot ja ohjeet (valtioneuvoston asetuksen sähkölaitteistoista 1434/ 2016, Liitteen olennaiset turvallisuusvaatimukset).

Onnettomuustutkintaa varten tehdyistä selvityksistä ilmeni, että:

- Sähköaseman pääkaaviossa oli joidenkin kojeiston kennojen suojausfunktioissa epätäsmällisyyksiä.
- Sähköaseman suojausten toteutuksesta ei ole käytettävissä erillistä ****suojauskaaviota. Suojausten suunnittelu ja asettelu on perustunut verkonhaltijan järjestelmissä oleviin suojausasettelutaulukoihin.
- Tukesin valvontakäynnillä 6.4.2022 todettiin, että laitteiston kojeiston käyttöön ja käyttötilanteeseen liittyvät merkinnät eivät ole yksiselitteisiä. Sähköasemalla käyttöä varten olevista kaavioista ei voi todeta kojeiston sisäistä suojauskytettä.

*****Sähköaseman suojausjärjestelmään liitetyt suojaustoiminnot on esitetty suojauskaaviossa. Vikasuojauksen suojausjärjestelmään liitetyt suojaustoiminnot on mahdollista tarkastella suojauskaavion avulla. Kaavioista ilmenee miten erilaiset mm. verkkoviat johtavat suojausjärjestelmään havaitumista katkaisijan vikapaikan erottavaan toimintaan. Kaaviossa esitetään yleensä myös suojauskoordinaation virtamuuntajien suojausjärjestelmien ja katkaisijoiden sijoittelu sähköaseman kojeiston ns. kennoihin.*

9.2.6 Kapasitiivisen maasulkuvirran kompensointi -sammutus

Sähköasemalle on keskitetty verkon ilmajohdoista ja maakaapeleista johtuvan kapasitiivisen maasulkuvirran kompensointi eli ns. sammutuslaitteisto. Kompensoinnilla vähennetään vikapaikassa muutoin esiintyvää maasulkuvirtaa ja rajoitetaan ihmisille sekä eläimille vaarallisia kosketus- ja askeljännitteitä.

- Puun kaaduttua lauantai-iltana 18.12.2021 johdolle ja sen seurauksena varasuojauksen katkaisijan J08 toimittua, korvauskytkennän johtolähdöillä ei ollut keskitettyä kompensointia, kunnes suojauspuute havaittiin ja palautettiin aikaisin sunnuntaiaamuna.

Onnettomuuslähdön laskentatulokset verkonhaltijan järjestelmästä:

- tilanteessa, jossa sähköaseman päämuuntaja PT2 on kytketty irti sähköasemalla sekä päämuuntajalta PT1 keskitetty kompensointi on käytössä, ennen puun kaatumista johdolle 18.12.2021:
 - Maasulkuvirta 0 Ω (ohmia) vikaresistanssilla 2,39 A (ampeeria)
 - Maasulkuvirta annetulla vikaresistanssilla 2,05 A (ampeeria)
 - Nollajännite annetulla vikaresistanssilla 9,94 kV (kilovoltia)
- tilanteessa, jossa sähköaseman päämuuntaja PT2 on kytketty irti sähköasemalla sekä päämuuntajalta PT1 keskitetty kompensointi ei ole käytössä:
 - Maasulkuvirta 0 Ω (ohmia) vikaresistanssilla 14,04 A (ampeeria)
 - Maasulkuvirta annetulla vikaresistanssilla 12,08 A (ampeeria)
 - Nollajännite annetulla vikaresistanssilla 10,18 kV (kilovoltia)

9.2.7 Määräaikaistarkastus

Jakeluverkolle tulee suorittaa määräaikaistarkastus viiden vuoden välein. Niin sanotun kolmannen osapuolen tarkastuksen voi tehdä Tukesin nimeämä valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan siitä, että:

- sähkölaitteiston käyttö on turvallista, kunnossapito on riittävää turvallisuuden ylläpitämiseksi ja laitteistolle on tehty kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet;
- sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

- Laitteiston pistokoeluonteisessa määräaikaistarkastuksesta laadituissa pöytäkirjoissa ei ole huomautuksia onnettomuusjohto-osaan liittyen. Muuntoasemaan kohdistuneen määräaikaistarkastuksen pöytäkirjassa ei ole mainintaa siitä, että asemalla tai verkonhaltijan järjestelmissä ei ole käyttöön ja hoitoon tarvittavaa suojauskaavioita.

9.2.8 Vuorokauden säätila onnettomuuden sattuessa

Vuorokauden keskisää 18.12.2021:

- sademäärä 4,8 mm
- lumensyvyys 26 cm
- lämpötila -2,6 °C

10. Jakeluverkon käytön turvallisuus ja käyttöturvallisuuden hallinta

Sitovat määräykset sähkölaitteistojen käytön turvallisuudesta ja sähkötyöturvallisuudesta annetaan sähköturvallisuuslaissa (STL 1135/2016), valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (VNa 1434/2016) ja valtioneuvoston asetuksessa sähkötyöstä ja käyttötöistä (VNa 1435/2016).

Sähköturvallisuuslain perusvaatimus on, että sähkölaitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.

Käytännön menettelyt sähkötyöturvallisuuden osalta on annettu sähkötyöturvallisuusstandardissa SFS 6002. Sähkötyöturvallisuusstandardia suurjännitesähköasennusten osalta täydentävässä julkaisussa Suurjännitelaitteistojen sähkötyöt (ns. SÄTKY) esitetään suurjännitelaitteistoympäristössä tehtävien töiden sovitut toimintaperiaatteet. Julkaisussa käsitellään mm. töiden ja kytkentöjen ennakkosuunnittelua, turvallisia menettelyjä verkon sähkö- ja käyttötöissä sekä käyttötoiminnan hallinnassa.

Tukes on tehnyt verkkoyhtiöön sähkölaitteistojen turvalliseen käyttöön liittyvän valvontakäynnin vuonna 2017. Valvontakäynnistä laaditussa pöytäkirjassa on esitetty dokumentointiin liittyviä kehittämistarpeita. Saatujen selvitysten mukaan verkonhaltijan toimintatapa dokumentoida laitteistoon kohdistuvissa tarkastuksissa havaitut viat ja puutteet korjatuiksi on täsmennetty prosessissa. Käyttötoimintaan osallistuvien, käyttökeskuksen ja palveluntarjoajien kanssa on käyty läpi käytännön menettelyt ja mm. verkon turvallisen käytön valvonta vastuutettu.

10.1. Sähkölaitteiston haltija ja käytön johtaja

Sähkölaitteiston haltija vastaa sähkölaitteiston turvallisuudesta ja sen turvallisesta käytöstä. Sähköverkkoluvan haltijalla on oltava palveluksessaan sellainen käytön johtaja sekä, jos hakija suorittaa sähkötöitä, sähkötöiden johtaja, joka täyttää sähköturvallisuuslaissa ja sen nojalla säädetyt kelpoisuusvaatimukset. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 6§, STL 1135/2016 60 §)

Keskeiset riskienhallintaan ja verkon turvalliseen käytön turvallisuuteen liittyvät menettelyt tulee määritellä verkonhaltijan turvallisuuteen liittyvissä asiakirjoissa ja ohjeissa. Sovitut menettelyt verkon turvalliseen käyttöön tulee dokumentoida tarkoituksenmukaisesti.

Sähkölaitteiston käytön johtaja huolehtii siitä, että laitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia, sen nojalla annettuja säädöksiä ja määräyksiä. Käytön johtaja huolehtii myös siitä, että käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä. Käytön johtaja voi hoitaa sähkötyöturvallisuuteen liittyviä tehtäviä itse tai huolehtia siitä, että on olemassa järjestelmä, jonka mukaan toimittuna vaatimukset täyttyvät.

Sähkölaitteistolle nimetty käytön johtaja on standardissa SFS 6002 tarkoitettu sähkölaitteiston vastuuhenkilö ja/tai sähkölaitteiston käyttöä valvova henkilö, jollei hän ole erikseen nimennyt toista ammattitaitoista henkilöä huolehtimaan käyttöä valvovalle henkilölle kuuluvista tehtävistä.

Käytäntö on, että verkkoyhtiöissä ja vastaavissa sähkölaitteiston turvallisuuden valvonta organisoidaan siten, että valvomotoimintaan nimetään sähkölaitteiston käytöstä vastaavia ja käyttöä valvovia henkilöitä.

Kun sähkölaitteistojen erilaisia korjaus-, huolto- ja kunnossapitotöitä tai käyttötöitä tehdään sähköalan palveluntarjoajien toimesta, tällöin käytön johtaja vastaa siitä, että laitteistoon ja turvalliseen toimintaan liittyvät seikat ja erityispiirteet tulevat huomioiduiksi. Käytön johtaja huolehtii käyttötoiminnan ja kunnossapidon kannalta tarpeellisten menetelmien, vastuiden ja suorittajien määrittelyistä.

Jakeluverkon turvallisesta käytöstä vastaavan henkilöstön, käytön johtajan ja verkon käyttötöissä pääsääntöisesti käytetyn sisäryrityksen työnjohdon yhteydenpito on varsin tiivistä. Verkonhaltijan toiminnasta sisäryritykseksi yhtiöitetyn suurjännitetoihin erikoistuneen palveluntarjoajan henkilöstön paikallisen verkon tuntemus on lähtökohtaisesti hyvä.

Henkilöstölle on järjestetty vuosien mittaan erilaista mm. kytkinlaitoksiin ja verkoston suojaukseen liittyvää koulutusta ja kurssitusta.

- Selvitysten mukaan jakeluverkon käytön turvallisuudesta on huolehdittu pääosin asianmukaisesti. Verkon turvalliseen käyttöön liittyvät tehtävät oli vastuutettu ja henkilöstö on verkkotoimintaan perehtynyttä. Organisaatiossa on käytössä suurjännitelaitteistoissa ja jakeluverkoissa yleisesti käytetyt työskentelystä sovitut menettelyt (mm. aiemmin mainittu ohjeellinen SÄTKY-julkaisu).

10.2. Käytöstä vastaava henkilö - käytön valvoja

Onnettomuushetkellä vuorossa ollut käytönvalvoja oli kokenut tehtävään opastettu ammattihenkilö, jolla on usean vuoden työkokemus käytönvalvonnan tehtävistä ja oli vastuutettu myös käytöstä vastaavana henkilönä. Sääolosuhteista johtuen, vuoron aikana oli lisääntyvästi hälytyksiä ja tilatietojen muutoksia, joita käytönvalvonnassa jouduttiin hallitsemaan ja hoitamaan. Vaikeutuviin ja tuleviin haastaviin sääolosuhteisiin oli varauduttu ennakoon, käyttökeskuksen käytön valvojalla olisi ollut mahdollisuus pyytää vianhoitoon lisähenkilöstöä.

Tapahtumamäärät eivät kuitenkaan olleet huomattavan poikkeuksellisia sääolosuhteisiin ja tapahtumamääriin nähden eikä käytönvalvoja kokenut olevansa erityisen kuormittunut vuoronsa aikana. Käytönvalvoja oli saanut riittävästi lepoaikaa ennen vuoroa ja hänen aiemmat työvuoronsa olivat myöskin työvuorolistan mukaiset.

Tapahtumayönä puolenyön jälkeen käyttökeskukseen tuli suunnitellusti lisämiehitystä.

10.3. Sähköurakoitsijan sähköasematyöryhmä

Sähkö- ja käyttötöiden edellytykset esitetään sähköturvallisuuslaissa. Lain keskeinen vaatimus on, että toiminnanharjoittajan on nimettävä ennen töiden aloittamista palveluksessaan oleva työalueeseen nähden riittävän kelpoisuuden omaava henkilö sähkötöiden johtajaksi ja tehtävä toimintailmoitus Tukesin sähköurakoitsijarekisteriin.

Sähkötöiden johtajan on johdettava ja valvottava sähkötöitä. Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia sekä sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä. Töiden johtaja huolehtii mm. siitä, että sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä nähden. Käytännössä sähkötöiden johtajan tehtävät liittyvät työn ohjaamiseen, työntekijöiden ammattitaidon varmistamiseen ja opastamiseen sekä työvälaineistä ja työn ulkoisista puitteista huolehtimiseen. Sähkötöiden johtajalla tulee olla siten kiinteä kosketus johdolla tehtävien töiden suorittamiseen.

Jakeluverkon käyttötoiminnassa palveluntarjoajien tulee noudattaa verkon turvallisuuden vastuussa olevan verkonhaltijan antamia turvallisuusohjeita. Verkonhaltijan ja palveluntarjoajan on huolehdittava riittävästä laitteiston käyttöön ja erityispiirteisiin liittyvästä perehdyttämisestä ja koulutuksesta. Työryhmään oli nimetty valtioneuvoston asetuksen sähkötyöstä ja käyttötyössä (VNa 1435/2016) liitteessä vaadittu työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja.

- Sähköasemalla 30.11.2021 kiskokeskeytyksessä huoltotoimia tehneet henkilöt ovat sähköasematyöskentelyyn erikoistuneita kokeneita asentajia, joiden työskentelylle edellytetty koulutus mm. sähkötyöturvallisuuskoulutus ovat ajantasaisia.

10.4. Toteutuneet menettelyt käyttötyössä

Sähkötyöturvallisuudesta annetut vaatimukset koskevat lähtökohtaisesti sähkö- ja käyttötyön työturvallisuutta: koulutusta- ja opastusta, henkilöstöä, organisaatioita sekä turvallisia työskentelytapoja. Turvallisen toiminnan peruseriaatteita on, että ennen kuin sähkölaitteistossa tehdään käyttötoimenpiteitä tai aloitetaan varsinaisia sähkötöitä, on arvioitava työhön liittyvät sähköiset riskit. Arviossa määritellään, miten käyttötoimenpiteet tai työt tehdään, ja mitä turvallisuustoimenpiteitä tulee tehdä turvallisuuden varmistamiseksi.

Arvion perusteella suurjännitelaitteistojen kytkennöistä tehdään yksittäisten laitteen kytkemisiä sekä häiriötilanne- ja hätäkytkentöjä lukuun ottamatta aina kirjallinen kytkentäohjelma, jonka tarkistaa tarvittaessa kytkentäohjelman laatijan lisäksi toinen asiantunteva henkilö. Kytkentäohjelma on kirjallinen, yksityiskohtainen suunnitelma laitteiston kytkentätoimenpiteiden etenemisestä ja niihin liittyvistä turvallisuustoimenpiteistä.

Sähköasemalla 30.11.2021 tehtäviä huoltotoimia varten tarvittavaan kiskokeskeytykseen oli laadittu ennakkoon kytkentäohjelma. Palautuskytkentää ei voitu toteuttaa katkaisijavaunun mekaanisen vian vuoksi ohjelman mukaisesti, josta syystä palautuskytkentä jouduttiin suunnittelemaan uudelleen. Korvaavaa kytkentää suunniteltiin yhdessä verkonhaltijan käyttötoiminnan ja sähköasemalla olevan työryhmän kanssa. Kytkentä päädytään tekemään siten, että päämuuntajan PT1 syöttämät johtolähdöt siirretään vaunukatkaisijoilla kiskolle 1B.

- Vakiintuneista menettelyistä poikettiin siten, että korvaavaa kytkentää ei päivitetty tai laadittu uutta kytkentäohjelmaa sähkötyöturvallisuusstandardin vaatimusten mukaisesti.

11. Onnettomuustutkinnan tulokset

Tukesin onnettomuustutkinta tehtiin sähköturvallisuuslain vaatimusten näkökulmasta.

Onnettomuuden tutkinnassa on selvitetty tapahtumien kulku sekä näihin vaikuttaneet asiat ja olosuhteet. Selvitys tapahtumien kulusta on edellä. Seuraavassa selvitetään menettelyjä onnettomuusajankohdan sähköturvallisuussäädösten vaatimusten osalta. Viittaukset julkaisuihin ovat raportin kohdassa 19. (Otteita onnettomuutta koskevista säädöskohdista ja sähkötyöturvallisuutta koskevista vaatimuksista).

1. Sähköturvallisuuslaki (STL 1135/2016)
 2. Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (VNa 1435/2016)
 3. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (VNa 1434/2016)
 4. Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit Tukes-luettelo S-10
 5. Standardi SFS 6002 (Sähkötyöturvallisuus)
- Standardin SFS 6002 velvoittavuus ilmenee valtioneuvoston asetuksesta sähkötyöstä ja käyttötyöstä (VNa 1435/2016) ja Tukes-luettelosta S-10 (sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit)

11.1. Onnettomuuteen johtanut välitön syy

Onnettomuuteen, siitä seuranneisiin vahinkoihin ja vaaratilanteisiin johtanut ilmeinen juurisyy on 30.11.2021 sähköasemalla toteutettu käyttökeskuksen johdolla tehty epäonnistunut käyttökytkentä, jota seuranneessa tapahtumaketjussa syntyi poikkeuksellinen ja vaarallinen tilanne jakeluverkon 20 kV:n keskijännitelähtöjen jäädessä ilman vikasuojausta.

Kun ennakkoon suunniteltua kiskokeskeytystä varten laadittua kytkentäohjelmaa ja siihen liittyviä kytkentätoimenpiteitä ei voitu toteuttaa yllättävästä laiterikosta johtuen suunnitellusti loppuun, tarvittiin korvaava kytkentä, jota suunniteltiin sähköasemalla käytössä olevien tietojen ja jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän kaukokäyttökaavion perusteella.

KytKentä päätettiin toteuttaa yhdistämällä kytkinaseman kiskoston 1. kiskot A ja B katkaisijoilla J08 (Tuleva) A sekä B käyttötilanteeseen, jossa päämuuntajan jälkeiset kiskon 1. johtolähdöt jäivät kaksikiskojärjestelmässä kiskolle B. (Kuva 5.)

Korvaavaa kytkentää ja käyttötilannetta arvioitaessa ei tullut huomioiduksi, että aseman kaksikiskojärjestelmän rakenteessa 1B kiskolla on kalustamaton mittauskenno, eikä kiskolta ole suojausyhteyttä 1A kiskon mittaukseen. Syntyi käyttötilanne, jossa johtolähtöjen lähtökatkaisijoiden suojareleiltä puuttui maasulkusuojauksen releistyksen tarvitsema mittaustieto.

Huomioitua ei tullut myöskään, että kiskoyhdistyksessä katkaisija J08 (Tuleva) on vikasuojauksen toisen portaan suojauksen aukeava katkaisija, eikä kojeisto sovellu siten toteutettuun kytkentään. Johdon vaurioituttua puun kaatuessa suojauksen toisen portaan suojausasettelujen ylittyessä ja siitä seuranneessa katkaisijan toiminnassa menetettiin päämuuntajan (PT1) jälkeisiltä johtolähdöiltä kokonaan mittaus (J02A), verkon kompensointi (J03A) ja sammutus (J09A).

Puun johdolle kaatumisen seurauksena katkennut keskijännitejohdin putosi samaan pylvääseen asennetun riippukierrejohto AMKA:n päälle jäaden jännitteisenä kiinni sen päällystämättömään PEN-johtimeen.

Tapatumaketjun seurauksena 20 kV:n keskijännite pääsi siirtymään hallitsemattomasti pienjännitteiseen 230/400 voltin jakeluverkkoon aiheuttaen tulipaloja ns. sähköpaloja ja aiheutti henkilöille välitöntä hengenvaaraa.



Kuvat 9. ja 10. Katkaisijavaunu ja varaus mittauskennolle kiskolla 1B

11.2. Onnettomuuden syntyyn vaikuttaneita tekijöitä

Odottamattomasta laiterikosta johtuen jouduttiin sähköasemalla huoltotöiden yhteydessä suunnittelemaan alkuperäistä kytkentäsuunnitelmaa korvaava kytkentätilanne.

Sähköasemalla ei ollut käytettävissä suojauskaavioita, josta on mahdollista tarkastella suojaareleisiin liitettyjä suojaustoimintoja ja mittauspiirejä. Esityksessä kuvataan suojauskoordinaatio, virtamuuntajien, suojaareleiden ja katkaisijoiden sijoittelu sähköasemalla. Sähköaseman turvallisen käytön kannalta tarvittava dokumentointi oli tältä osin puutteellinen.

Korvaavaa kytkentää suunniteltaessa kojeiston rakennetta ei tunnettu riittävästi siltä osin, että minkälaisissa kytkentätiloissa kojeistoa voi käyttää, mikä yhdessä sen kanssa, että käytettävissä ei ollut suojauskaaviota olivat vaikuttamassa virheelliseen kytkentäpäätökseen, jossa verkon suojaus ei toiminut määräysten mukaisesti.

Suunnittelua tehtiin ja keskustelua korvaavasta kytkennästä käytiin perustuen jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän kaukokäyttökaavioon ja sähköaseman suojaustaulukoihin. Valvontajärjestelmän päätteen tuottama kaavio vastaa kytkinlaitoksen pääpiirejä yksiviivaisena esityksenä. Syntyi oletus, että toteutetussa käyttötilanteessa suojauskytkennän mittauspiirit vastaavat pääpiirien yhdistystä.

Suunnitellusta kytkennästä keskusteltiin useamman henkilön kesken. Yllättävästä tilanteesta johtuen vakiintuneista menettelyistä poikettiin ja korvaavaa kytkentää ei päivitetty tai laadittu uutta kirjallista kytkentäohjelmaa. Sähkötyöturvallisuusstandardin mukainen kytkentäohjelman suunnittelu ja dokumentointi on lähtökohtaisesti turvalliseen työskentelyyn liittyvä menettely, johon kuitenkin liittyy kiinteästi korvauskytkentöjen suojausten suunnittelu ja asettelu.

Yllättävässä muutostilanteessa turvalliseen toimintaan liittyvä riskinarviointi ja käyttökeskuksen toteuttama kytkentäpäättös perustuivat kytkinlaitoksen ja johtolähtöjen suojauksesta käytettävissä oleviin vajavaisiin tietoihin.

Jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmä tuottaa tiedon hälytyksistä ja tilamuutoksista tapahtuma-aikaan perustuvina listauksina. Onnettomuuden sattuessa, osin sääolosuhteista johtuen, järjestelmä tuotti useita hälytyksiä ja tilatietojen muutoksia, joita käytönvalvonnassa jouduttiin hallitsemaan ja hoitamaan. Järjestelmän tuottamaa tietoa ei ole sellaisenaan kovin informatiivista, mikä ei ole omiaan tukemaan verkon käyttöön liittyviä päätelmiä ja niiden pohjalta tehtäviä ratkaisuja.

Valvontajärjestelmän päätteen kaukokäyttökaavioista ei ilmene poikkeukselliset ja väliaikaiset palautettavat kytkentätilanteet. Kun korvauskytkentä oli tehty 30.11.2021, käyttöä valvovat henkilöt eivät voineet valvontajärjestelmän tuottamaan tavanomaiseen tietoon perustuen yksiselitteisesti havaita, että maasulkusuojaus ei toimi.

Valvontajärjestelmän tuottamia hälytyksiä ei ole priorisoitu siten, että turvallisuuteen olennaisesti liittyvät hälytykset tai tilatietojen muutokset erottuisivat käytön valvojalle ensisijaisina. Pidetään mahdollisena, että tällä on merkitystä siihen, että käytönvalvojan huomio ei kiinnittynyt tapahtumassa vaaralliseen käyttötilanteen muutokseen ja tapahtumaan ei reagoitu tarvittavalla tavalla toisen portaan suojauksen toimiessa.

12. Tapahtuman aiheuttamat vahingot ja vaaratilanne

12.1. Onnettomuuden seurauksena aiheutuneet vaarajännitteet

Tukesin onnettomuustutkinnassa ei selvitetty eikä oteta kantaa keskijänniteverkon virheellisesti toteutetun käyttökytkennän ja puuttuvan vikasuojauksen seurauksena syntyneen tapahtumaketjun aiheuttamien pienjänniteverkon liittyvien yksittäisten vahinkojen ja vaurioiden, kuten tulipalojen ja laiterikkojen tarkempiin syihin.

Puun kaaduttua keskijänniteavojohdolle syntyi 20 kV:n maasulkutilanne, jota sähköaseman lähtökatkaisijat eivät virheellisestä kytkennästä johtuen kytkeneet irti sähkönsyötöstä. Vikatilanteen jatkuessa ylittyi relesuojauksen toisen portaan asettelu, mikä sai aikaan varasuojana toimivan ns. kiskosuojauksen havahtumisen. Käyttötilanteessa kiskoston 1 A ja B kiskot oli yhdistetty siten, että kiskosuojauksen katkaisijan toimiessa, pääpiirin kiskojen välinen yhteys katkesi. Suojauksen toisen portaan laukaisukaan ei erottanut johtolähtöä, vaan aiheutti tilanteen, jossa johto jäi ilman vikasuojauksia ja maasulkuvirran kompensointia, sammutusta (kuva 5.).

Suurjännitesähköasennuksia koskevassa standardissa SFS 6001 maasululla tarkoitetaan vikaa, joka aiheutuu jännitteisen johtimen kytkeytymisestä maahan tai sen ja maan välisen eristysresistanssin pienentymisestä alle määrätyn raja-arvon. Onnettomuustilannetta voidaan siten ajatella maasuluksi, jossa keskijännitejohdin katkeaa ja se kytkeytyy galvaanisesti PEN-johdon kautta pienjänniteverkossa useissa pisteissä maahan.

Keskijännitejohtimen jäädessä kiinni sen alapuolella olevan pienjännitejohdon päällystämättömään kannattimeen (PEN-johdin), syntyi vikatilanne, joka aiheutti pienjännitejakelussa pitkäaikaisen laitteistoihin kohdistuvan pidempiaikaisen ylijännitetilanteen ja ympäristössään maapotentiaalin nousun.

Riippukierrejohto AMKA:n kannattimella PEN- johtimella on pieniresistanssinen galvaaninen yhteys pienjännitejakelun maadoituksiin ja maadoituksiin liitettyihin osiin. Kun johtolähtö ei kytkeytynyt jännitteettömäksi, syntyi tilanne, jossa 20 kV:n jakelujännite ja johtolähdön sammuttamaton maasulkuvirta vaikutti hallitsemattomasti 230/400 voltin pienjänniteverkkoon ja sen asiakasliittymiin.

Pienjänniteverkossa on erilaisia maadoituksia ja rakenteita, jotka ovat suoraan galvaanisessa yhteydessä pienjänniteriippujohdon AMKA:n kannattimeen (PEN-johtimeen). Tällaisia ovat maadoitus- ja potentiaalintasauskiskot ja niihin liitetyt mm. kiinteistöjen sähköistyksessä käytetyt yhdistetty suoja- ja nollajohdin (PEN) sekä järjestelmä, jossa on eriytetyt PE-suojajohdin ja N-nollajohdin.

Tasapotentiaalın saavuttamiseksi rakennuksissa johtavat osat liitetään yhteen potentiaalintasauksessa. Potentiaalintasattavia rakenteista ovat mm. metalliset putket ja kanavat sekä metallirakenteet, joissa voi esiintyä maan potentiaali. Samoin tiettyjen sähkölaitteiden (ns. luokan I-sähkölaitteet) jännitteelle alttiit osat suojamaadoitetaan vikasuojausmenetelmänä maadoituskiskojen kautta PEN-johtimeen.

Vian seurauksena pienjänniteverkon maadoitusjärjestelmään liitetyissä osissa ja niiden läheisyydessä esiintyi maasulun seurauksena vaarajännitteitä. Vaarajännitteitä ovat mm. kosketusjännitteet, askeljäännitteet ja siirtyvä potentiaali (siirtyvä jännite).

Standardi SFS 6001 (Suurjännitesähköasennukset painos 2018) määrittelee vaarajännitteet seuraavasti:

- Kosketusjännite, - samanaikaisesti kosketeltavissa olevien johtavien osien välinen jännite
- Askeljännite, - kahden toisistaan 1 metrin (oletettu askelpituuden mitta) etäisyydellä olevan maanpinnan pisteen välinen jännite
- Siirtyvä potentiaali, -maavirran aiheuttaman maadoitusjärjestelmän potentiaalinnousun siirtyminen maadoitetun johtimen (esim. metallinen kaapelivaippa, PEN-johdin, putkisto tai rautatiekisko) välityksellä alueelle, jossa on referenssimajaan nähden alhainen tai nollapotentiaali. Seurauksena on potentiaalieron syntyminen johtimen ja sen ympäristön välille. Määritelmää sovelletaan myös tapaukseen, jossa referenssimajaan (neutraalimajaan) yhteydessä oleva johdin tuodaan maadoitusjännitteen vaikutusalueelle (ns. takaperoinen kosketusjännite).

Kosketusjännitteen ajatellaan vaikuttavan ihmiseen käden ja jalkojen tai molempien käsien välillä. ja askeljäännitteen kosketusjännitteenä, joka vaikuttaa henkilöön 1 metrin päässä toisistaan olevien jalkojen välillä.

Maasulussa maahan kulkee maasulkuvirta, jonka suuruus riippuu verkon rakenteesta, maadoitustavasta ja vikaresistanssin suuruudesta. Maasulkuvirta aiheuttaa maasulkupaikassa maadoitusjännitteen, jonka suuruus on verrannollinen maasulkuvirran suuruuteen sekä vikapaikan maadoitusimpedanssiin.

Standardin SFS 6001 mukaan maadoitusimpedanssilla tarkoitetaan maadoituksen ja tarpeeksi kaukana sijaitsevan referenssimajaan välistä impedanssia.

Maadoitusjännitteestä osa esiintyy vaarajännitteenä.

12.2. Vian seurauksena aiheutuneet rakennuspalot, laiterikot ja sähköiskun vaara

Relesuojauksen puuttuessa riippukierrehoidon PEN-johtimen katketessa saarekkeeseen jäänyt pienjänniteverkon maadoitusjärjestelmä ei kyennyt jakamaan ja purkamaan vikavirtoja siten, ettei pienjänniteverkossa olisi syntynyt vian kestäessä siirtyvän potentiaalın ja maadoitusjännitteen noususta aiheutuvia vahinkoja ja vaaraa.

Vikavirrat ja maadoitusjännitteet jakoutuivat eri tavoin eri osassa muuntopiiriä riippuen mm. erityyppisistä maadoitusolosuhteista, johon vaikuttaa mm. maaperän resistiivisyys.

Tulipalojen syttymisen ja aiheutuneet laiterikot mahdollisesti maadoitusjärjestelmässä ja liittymissä vian aikana esiintyneet hallitsemattomat jännitteet, potentiaalierot ja hajavirrat sellaisissa rakenteissa, joita ei ole tarkoitettu vikavirran kulkuteiksi.

Onnettomuuden yhteydessä oli toiminut pienjännitejakelun ylivirtasuojauksen sulakkeita vaihtelevasti. Pienjännitelähdön AMKA-asennusta suojaavalta varokekytkimeltä oli palanut kaksi kahvasulaketta, jotka olivat ilmeisesti eri vaiheessa ja siten oikosulussa johdon päälle jääneen 20 kV:n vaihejohdon kanssa. Sulakesuojaus on voinut joiltain osin vaikuttaa verkkoon liitettyjen laitteiden yli vaikuttaneisiin jännitteisiin, mutta olennaista merkitystä sillä ei tapahtumassa ole, koska keskijännitejohdon maasulku syntyi pienjännitejohdon PEN- johtimeen, jota ei ylivirtasuojata.

Materiaalisiin vahinkoihin, sähköpaloon ja vahingon laajuuteen liittymissä on vaikuttanut useita tekijöitä mm. liittymän kytkentätilanne, vahingon aikana verkkoon liitetyt laitteet ja niiden yli vaikuttava vikatilanteesta johtuva hallitsematon jännite ja vikavirrat. Sähkölaitteiston ja sen yksittäisen laitteen vaurioitumisen seurauksena kehittyvään rakennuspaloon, jonka syttymisenergia on sähkö (*****sähköpalo) vaikuttaa useat syttymispaikassa vaikuttavat mm. rakenteelliset tekijät.

Henkilö ja eläinvahinkojen kannalta onnettomuustilanne oli hyvin vaarallinen. Muuntopiirissä on kiinteistöjä, joissa ei ole vakituista asutusta tai pidetä karjaa. On mahdollista, että talviset olosuhteet, puhdas eristävä lumi ja käytetyt jalkineet ovat osaltaan olleet vaikuttamassa siihen, että vaarajännitteiden aiheuttamilta (kosketus- ja askeljännite) henkilövahingoilta vältyttiin. Vastaavasti kuin tulipalojen ja laiterikkojen syntymiseen on sähköiskun vaaraan vaikuttaneet muuntopiirin eri osien toisistaan poikkeavat olosuhteet ja asennustapa.

Onnettomuustutkinnan yhteydessä ei tullut tietoon, että sähköasemalta virheellisessä korvauskytkennässä syötetyissä muissa 20 kV:n johtolähdöissä olisi syntynyt suojauksen toimimattomuuden seurauksena vahinkoja.

******Sähköpalo ja rakennuspalo*

Tulipalosta, joka saa syttymisenergiansa sähköstä, käytetään nimitystä sähköpalo.

Rakennuspalo määritellään paloksi, jossa palo on levinnyt syttymiskohdastaan sytyttäen rakennuksen rakenteet tai irtaimiston palamaan, joko liekehtien tai kytemällä.

13. Yhteenveto onnettomuudesta ja siihen vaikuttaneista tekijöistä

Tutkittuun onnettomuuteen johtanut tapahtumaketju sai alkunsa 30.11.2021, kun vahinkopaikkaa syöttävällä sähköasemalla toteutettiin huoltotöitä varten kiskokeskeytys. Työtä varten sähköaseman keskijännitekojeiston kisko erotettiin jännitteettömäksi kytkentäsuunnitelman mukaisesti. Huoltotyön yhteydessä katkaisijavaunuun tuli odottamaton mekaaninen vika, jonka seurauksena palautuskytkentää ei voitu viedä kytkentäsuunnitelman mukaisesti loppuun.

Odottamattomassa tilanteessa palautusta varten jouduttiin laatimaan uusi kytkentäsuunnitelma. Korvaavasta kytkennästä keskusteltiin verkonhaltijan käyttöhenkilöstön ja sähköasemalla huoltotöitä tehneen sähköasematyöryhmän kesken.

Tarvittava korvaava kytkentä päätettiin toteuttaa säilyttämällä sähköaseman päämuuntajien vakiintunut syöttötilanne. Kytkentä tehtiin muuntajan PT1 syöttämällä kiskostolla kiskoyhdistyksellä ja katkaisijavaunujen siirroilla. Suunnittelua tehtiin ja keskustelua korvaavasta kytkennästä käytiin perustuen jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän kaukokäyttökaavioon ja osin tukeutuen sähköaseman suojaustaulukoihin. Syntyi virheellinen oletus, että suunnitellussa käyttötilanteessa suojauskytkennän mittauspiirit vastaavat valvontajärjestelmän kytkinlaitoksen yksiviivaista esitystä pääpiirien yhdistyksessä ja vikasuojaus toimisi vaaditusti.

Todellisuudessa korvauskytkennän johtolähtöjen katkaisijoilta puuttui vikatilanteessa maasulkusuojauksen releistyksen toiminnan tarvitsema suojauskytkentä ja nollajännitteen mittaustieto.

Toteutetussa kytkennässä ei tullut huomioiduksi, että kiskoyhdistyksessä käytetty katkaisija liittyi kytkinlaitoksen varasuojaukseen.

Myöhemmin lauantaina 18.12.2021 lumikuormassa 20 kV:n johdolle kaatuneen puun seurauksena syntyneessä verkkovikatilanteessa suojaus ei toiminut määräysten mukaisesti.

Virheellisestä kytkentätilanteesta johtuen sähköaseman 20 kV:n johtolähtöjen vikasuojauskoordinaatio ei ollut sähköturvallisuusmääräysten mukainen. Johtolähdön olennainen turvallisuustoiminto, maasulkusuojaus, ei toiminut vikatilanteessa. Vian jatkuessa, ylittyi kytkinlaitoksen varasuojauksen asettelu, joka sai aikaan katkaisijalla suojaustoiminnon, jonka seurauksena johtolähdöt jäivät ilman vikasuojasta ja vikapaikassa vaikuttavan maasulkuvirran sammutusta.

Korvauskytkennän toteutuksen ja puun kaatumisesta aiheutuneen verkkovian välisenä aikana verkon käytössä ja sen valvonnassa ei havaittu tai tullut huomioiduksi, että kytkentätilanne oli vian sattuessa vakavan vaarallinen.

Pelastuslaitoksen ottaessa yhteyttä 20 kV:n johtolähdön muuntopiirin alueella olevasta rakennuspalosta ja sammutustehtävästä pääteltiin käytönvalvonnassa, että kyse olisi pienjänniteportaan verkkoviasta. Rakennuspalopaikkaa syöttävä keskijännitelähtö näkyi valvontajärjestelmässä jännitteisenä johdon lähtökatkaisijan ollessa kiinni. Käytönvalvonnassa arvioitiin tästä syystä, että keskijännitteistä johtolähtöä ei ole tarpeen erottaa verkosta.

Verkkoyhtiön käyttöä valvovan henkilön vialle hälyttämän asentajaryhmän saapuessa palopaikalle, mitattiin kiinteistöä syöttävästä jakokaapista pienjänniteviasta poikkeavia jännitteitä, jolloin asentajat ymmärsivät vaaratilanteen. Pian työryhmä havaitsi, että palopaikan lähistöllä oli puun kaatumisen seurauksena katkennut avorakenteisen keskijännitejohdon johdin. Katkennut johdin oli pudonnut alapuolella olevan pienjänniteilmajohdon AMKA:n päälle ja jäänyt kiinni sen eristämättömään kannattimeen.

Työryhmä erotti vikapaikkaa syöttävän jakelumuuntajan keskijänniteverkosta sunnuntain puolella yöllä 19.12.2021, jolloin vikapaikan muuntopiirin pienjänniteliittymät tulivat jännitteettömiksi. Käytön valvonnassa ei havaittu, että sähköasemalta syötettiin edelleen 20 kV:n johtolähtöjä, joilta puuttui vikasuojaus ja maasulkuvirran kompensointi, - sammutus.

Yön tapahtumien jälkeen sunnuntaiaamuna 19.12.2021 havaittiin, että kytkennän keskijännitelähtöjen vikasuojaus ei toimi ja kytkentä muutettiin turvalliseen tilaan.

Tapahtumaketjun seurauksena lauantai- sunnuntai 18 - 19.12.2021 välisenä yönä jakeluverkossa tapahtunut onnettomuus aiheutti kolme rakennuspaloa ns. sähköpaloa, laiterikkoja ja vakavaa sähköiskun vaaraa.

Onnettomuuteen johtanut juurisyy oli virheellinen ja vaarallinen kytkentätilanne, jossa verkon suojaus ei toiminut määräysten mukaisesti.

Kytkentä suunniteltiin ja riskit arvioitiin perustuen vajavaisiin tietoihin. Sähköaseman kojeiston rakennetta ei tunnettu riittävästi siltä osin, että minkälaisissa kytkentätiloissa kojeistoa voi käyttää, mikä yhdessä sen kanssa, että kytkentää suunniteltaessa käytettävissä ei ollut kaaviollista esitystä mm. releistyksen suojauskytkennöistä vaikutti virheelliseen kytkentäpäätökseen.

Onnettomuuden sattuessa jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmä tuotti useita hälytyksiä ja tilatietojen muutoksia, joita käytönvalvonnassa jouduttiin hallitsemaan ja hoitamaan. Järjestelmän

tuottama tieto ei ole sellaisenaan kovin informatiivista eikä priorisoitua, mikä ei ole omiaan tukemaan verkon käyttöön liittyviä päätelmiä ja niiden pohjalta tehtäviä ratkaisuja valvovien henkilöiden tasolla.

Onnettomuustutkinnassa pidetään merkityksellisenä, että turvallisuuteen olennaisesti liittyvät hälytykset tai tilatietojen muutokset eivät erotu käytön valvonnassa käytön valvojalle ensisijaisina, josta syystä vaaralliseen käyttötilanteen muutokseen ja tapahtumaan ei reagoitu tarvittavalla tavalla toisen portaan suojauksen toimiessa.

14. Poikkeamat verkon käytön turvallisuutta koskevista vaatimuksista

Sähköturvallisuuslain sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevien yleisten vaatimusten mukaan sähkölaitteistoja on mm. huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 6 §).

Verkon käyttö ja sen turvallisuuden ylläpito on järjestelmällistä ja organisoitua. Onnettomuuteen sen eri vaiheissa liittyvän palveluntarjoajan henkilöstö on sähköverkkoihin ja sähköasematyöskentelyyn erikoistunutta ammattihenkilöstöä.

Verkkoyhtiön käytöstä vastaavat henkilöt ja käyttöä valvovat henkilöt ovat käytön sähköturvallisuudesta vastaavan käytön johtajan johdolla työskenteleviä tehtävään opastettuja ammattihenkilöitä.

- Verkonhaltijan verkonvalvonnan seurannan menettelyt eivät olleet riittäviä, että sähköturvallisuuslain vaatimus sähkölaitteiston turvallisesta käytöstä säilyi, niin että siitä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.

- Sähköturvallisuuslain turvallisen käytön vaatimusten kannalta valvontajärjestelmässä esiintyi virheellisen käyttökytkennän ja onnettomuusajankohdan välisellä ajanjaksolla sekä vikatapahtumassa sellaisia kriittisiä verkon vikasuojauksen hälytyksiä ja tilatietojen muutoksia, joiden olisi pitänyt tulla huomioiduksi ja reagoitua niihin tarvittavalla tavalla.

Jakeluverkon kunnossapito on säännönmukaista. Sähköasemaan ja onnettomuuspaikkaa syöttävään johtolähtöön kunnossapito-ohjelmassa kohdistetut toimenpiteet oli pääosin suoritettu ohjelman mukaisesti ja tarkastuksissa havaitut viat ja puutteet korjattu.

- Puutteellisena laitteiston käyttöä ja siihen kohdistuvia tarkastuksia kohtaan onnettomuustutkinnassa pidetään sitä, että laitteistosta ei ollut käytettävissä sähköturvallisuussäädösten edellyttämiä sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavia piirustuksia, kaaviota ja ohjeita.

- Jakeluverkon käyttötoimintaan ja organisaatioon liittyvänä riskienhallinnan puutteena onnettomuustutkinnassa pidetään riittämätöntä turvallisuustarkastelua suunniteltaessa ja tehtäessä päätöstä kytkentäjärjestelyistä odottamattomassa vikatilanteessa.

- Toteutuneessa menettelyssä poikettiin sähkötyöturvallisuusstandardin vaatimuksesta ja verkkoyhtiön omista ohjeista kytkentäohjelman laadinnassa. Onnettomuustutkinnassa jäi avoimeksi poikkeaman merkitys lopulliseen virheelliseen kytkentäpäätökseen ja vaarallisen käyttötilanteen syntymiseen.

Tutkitun onnettomuuden kannalta keskeiset säädöskohdat on koottu raportin kohtaan 18. (Otteita onnettomuutta koskevista säädöskohdista ja sähkötyöturvallisuutta koskevista vaatimuksista).

15. Tapahtumat onnettomuuden jälkeen

Jakeluverkonhaltija on käynnistänyt onnettomuuden jälkeen toimenpiteitä vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi.

Tukesille toimitettuja selvityksiä mm. ovat:

- sähköaseman onnettomuuspaikkaa syöttävän johtolähdön suojarale on koestettu tapahtuman jälkeen
- onnettomuuspaikkaa syöttäneen sähköaseman kojeiston sallitut kytkentätilat on määritelty ja lisätty kojeistoon käytön kannalta tarvittavia ohjeita
- sähköaseman kojeistoon tullaan lisäämään jännitemittaukset kiskon osille ja kojeisto muutetaan toimimaan siten, että vastaavanlainen kytkentätilanne ja suojauskein toimimattomuus ei ole mahdollista
- käyttöhenkilöstön sähköasemakoulutusta kerrataan
- jakeluverkon käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän kaukokäyttökaaviot on käyty läpi ja riskit arvioitu vastaavien tilanteiden ehkäisemiseksi verkonhaltijan sähköasemien osalta
- käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän tuottamien hälytysten ja tilamuutosten seuranta on tehostettu ja seuranta on otettu osaksi verkon käytönvalvojien säännönmukaisia kokoontumisia
- verkonhaltijan sähköasemien suojauskaaviot käydään läpi, tarvittaessa kaaviot päivitetään
- käynnistetty käytönohjaus- ja valvontajärjestelmän hälytys- ja tapahtumalistan hälytysten priorisointi ja kehittämisprojekti
- kytkentäsuunnitelmaan liittyvien menettelyjen ohjeistus on kerrattu käyttöhenkilöstön kanssa

16. Tutkintaryhmän ehdotukset vastaavien onnettomuuksien välttämiseksi

1. Verkon erilaisiin kytkentätilanteisiin ja verkon rakenteesta johtuviin muutoksiin tulee aina liittyä kiinteänä osana vikasuojauksen tapauskohtainen turvallisuustarkastelu, jonka pohjalla on oltava riittävän yksityiskohtaiset tiedot. Kytkentöjen suunnittelussa tulee noudattaa standardin mukaista alalla suurjännitetöissä vakiintunutta kirjallista menettelyä kytkentäohjelman laadinnassa.

2. Sähköturvallisuuslain vaatimus on, että sähkölaitteistoja on käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Verkonhaltijalla on siten oltava menettelyt, joilla verkon käytön turvallisuutta valvotaan ja vikatilanteisiin reagoidaan viipymättä niin, että turvallisuus säilyy. Valvomoon tulevista hälytyksistä tulee selkeästi käydä ilmi niiden turvallisuusmerkitys.

3. Sähköasemilla on käytössä rakenteeltaan erityyppisiä ja -ikäisiä kytkinlaitoksia. Sähkölaitteiston turvallisessa käytössä on varmistettava ja huolehdittava siitä, että käytettävissä on aina ajantasainen dokumentointi, josta ilmenee mm. laitteistokohtaiset suojauskytkennät ja sallitut kytkentätilanteet.

4. Sähköasemien suojausjärjestelmissä, jo käytössä olevien asemien modernisoinnissa ja suojaukseen liittyvissä muutoksissa tulisi pyrkiä suojaustekniikkaan, joka on itsessään turvallista käyttäjän toimista riippumatta.

17. Lähteet

- Tapaturmailmoitus verkonhaltijan käytön johtajalta
- Onnettomuuden tutkintaan liittyvissä puhuttamisissa ja saaduissa selvityksissä kertyneitä tietoja
- Verkonhaltijalta saatuja selvityksiä
- Onnettomuuteen liittyviä valokuvatallenteita
- Ilmatieteen laitoksen tietoja tapaturman aikaisesta säätilasta
- Sähköturvallisuuslaki (STL 1135/2016)
- Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (VNa 1435/2016)
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (VNa 1434/2016)
- Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002: 2015 + A1: 2018
- TUKES-julkaisu 3/2001 Sähköpalojen riskienhallinta

18. Otteita onnettomuuteen liittyvistä säädöskohdista ja sähkötyöturvallisuutta koskevista vaatimuksista

Sähköturvallisuuslaki 1135/ 2017

6 § Sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset

1. mom. Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

2. mom. Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön.

Luku 4. Sähkötöitä ja käyttöitä koskevat vaatimukset

31 § Sähkölaitteiston turvallisuusvaatimukset

1. mom. Sähkölaitteisto on suunniteltava, rakennettava ja korjattava hyvän turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti ottaen huomioon 6 §:n 1 momentin 1 kohdassa säädetyt vaatimukset.

2. mom. Sen lisäksi, mitä 1 momentissa säädetään, sähkölaitteiston on täytettävä olennaiset turvallisuusvaatimukset. Olennaiset turvallisuusvaatimukset koskevat suojausta sähköiskulta, suojausta tulipaloa ja kuumuutta vastaan, suojausta muilta haittavaikutuksilta, erityislaitteistojen sekä erityisolosuhteiden vaatimuksia, eri laitteistojen keskinäistä yhteensopivuutta sekä muita olennaisia rakennevaatimuksia. Vaatimukset koskevat myös tarpeellisia merkintöjä ja asiakirjoja.

3. mom. Sähkölaitteiston rakenteessa on otettava huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat.

4. mom. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin sähkölaitteiston olennaisista turvallisuusvaatimuksista.

32 § Turvallisuusvaatimusten täytyminen

1. mom. Sähkölaitteiston katsotaan täyttävän 31 §:ssä tarkoitetut olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos se suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen 33 §:ssä tarkoitettuja standardeja tai julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin vaatimuksiin on vahvistettu 33 §:n mukaisesti.

2. mom. Sähkölaitteiston olennaisten turvallisuusvaatimusten täytyminen on tarvittaessa 1 momentista poiketen mahdollista osoittaa noudattaen, mitä 34 §:ssä säädetään.

33 § Sovellettavat standardit ja julkaisut

1. mom. Sähköturvallisuusviranomaisen julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen sähkölaitteiston katsotaan täyttävän tämän lain vaatimukset.

2. mom. Jos standardeja ei tietyn sähkölaitteiston osalta ole laadittu, voidaan soveltaa standardeihin verrattavia julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin on vahvistettu 1 momentin mukaisesti.

3. mom. Standardin tai sen painoksen vaihtuessa sähköturvallisuusviranomaisen päivittää standardiluettelon. Luettelon päivityshetkellä rakenteilla oleva sähkölaitteisto voidaan rakentaa valmiiksi ja ottaa käyttöön edellisen standardin mukaisena kolmen vuoden kuluessa päivityksestä.

35 § Käyttöolosuhteiden muuttuminen

1. mom. Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava, että käytön tai käyttöolosuhteiden muuttuessa ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin, joilla voidaan varmistaa sähkölaitteiston turvallisuus muuttuneissa olosuhteissa.

36 § Sähkölaitteistojen kytkeminen yhteen

1. mom. Sen, joka kytkee sähkölaitteistot yhteen, on varmistettava, ettei toimenpiteestä aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.

48 § Sähkölaitteiston huolto ja kunnossapito-ohjelma

1. mom. Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sähkölaitteiston haltija vastaa siitä, että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet.

49 § Sähkölaitteiston määräaikaistarkastus

3. mom. Luokan 3 sähkölaitteistolle määräaikaistarkastus on tehtävä viiden vuoden välein.

4. mom. Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteiston määräaikaistarkastuksesta.

50 § Määräaikaistarkastuksen sisältö ja suorittaja

1. mom. Määräaikaistarkastuksessa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että:

1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista, kunnossapito on riittävää turvallisuuden ylläpitämiseksi ja laitteistolle on tehty kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet;

2) sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä;

3) sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

2. mom. Määräaikaistarkastukseen on aina sisällytettävä kohteessa mahdollisesti olevat lääkintätilat, räjähdysvaaralliset tilat ja palovaaralliset tilat.

3. mom. Määräaikaistarkastuksen voi tehdä 75 §:ssä tarkoitettu valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja.

53 § Sähkö- ja käyttötyön määrittely

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

3. mom. Käyttötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä ja sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä.

54 § Perusvaatimus sähkötyölle ja käyttötyölle

1. mom. Sähkötöitä tai käyttötöitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu.

55 § Sähkötöiden tekemisen edellytykset

1. mom. Toiminnanharjoittaja saa tehdä sähkötyötä seuraavilla edellytyksillä:

1) töitä johtamaan on nimetty henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (sähkötöiden johtaja);

2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito;

3) toiminnanharjoittajan käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset;

4) toiminnasta on tehty ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle ennen kuin sähkötöitä koskeva toiminta aloitetaan.

59 § Sähkötöiden johtajan tehtävät

1. mom. Sähkötöiden johtaja vastaa siitä, että:

1) sähkötöissä noudatetaan tätä lakia;

2) sähkölaitteet ja -laitteistot ovat tämän lain edellyttämässä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista;

3) sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi tehtäviinsä opastettuja

60 § Käytön johtajaa edellyttävät sähkölaitteistot

1. mom. Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käyttötöitä varten käytön johtaja, jos:

1) sähkölaitteistoon kuuluu yli 1 000 voltin nimellijännitteisiä osia, lukuun ottamatta enintään 1 000 voltin nimellijännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja; tai

2) sähkölaitteiston liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria.

61 § Sähkölaitteiston haltijaa ja käytön johtajaa koskevat vaatimukset

2. mom. Sähköverkonhaltijan käytön johtajan palvelussuhteeseen sovelletaan, mitä sähkömarkkina-laissa säädetään.

62 § Käytön johtajan tehtävät

1. mom. Käytön johtaja vastaa siitä, että:

- 1) sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan tätä lakia;
- 2) sähkölaitteisto on tämän lain edellyttämässä kunnossa käytön aikana;
- 3) käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi tehtäviinsä opastettuja.

82 § Sähkötyöturvallisuuden vaatimukset

1. mom. Sähkötyössä, käyttötöissä ja sähkölaitteiston lähellä tehtävässä työssä, jossa voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara, noudatetaan työturvallisuuslakia. Lisäksi työssä on noudatettava tämän lain olennaisia turvallisuusvaatimuksia, jotka koskevat työkohteen turvallisuudesta huolehtivan henkilön nimeämistä, ohjeita ja opastusta, työssä käytettäviä välineitä, työmenettelyjä, varoitusmerkintöjen käyttöä sekä työntekijöiden ja sivullisten vaaralliselle alueelle joutumisen estämistä.

2. mom. Edellä 1 momentissa tarkoitettuja olennaisia turvallisuusvaatimuksia noudatetaan 56 §:n 2 momentissa tarkoitettussa maallikkotyössä soveltuvin osin siten, että voidaan riittävästi varmistua sähkötyöturvallisuudesta.

3. mom. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin 1 momentissa tarkoitetuista olennaisista turvallisuusvaatimuksista.

83 § Turvallisuusvaatimusten täyttäminen

1. mom. Työn katsotaan täyttävän 82 §:ssä tarkoitettuja olennaisia turvallisuusvaatimuksia, jos se tehdään soveltaen 84 §:ssä tarkoitettuja standardeja tai julkaisuja.

2. mom. Turvallisuusvaatimusten täytyminen on tarvittaessa 1 momentista poiketen mahdollista osoittaa noudattaen, mitä 85 §:ssä säädetään.

84 § Sovellettavat standardit ja julkaisut

1. mom. Sähköturvallisuusviranomaisen julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen katsotaan sähkötyöturvallisuuden täyttävän tämän lain olennaiset turvallisuusvaatimukset.

2. mom. Jos standardeja ei tiettyjen työmenetelmien tai sähkölaitteistojen osalta ole laadittu, voidaan soveltaa standardeihin verrattavia julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin on vahvistettu 1 momentin mukaisesti.

85 § Standardeista poikkeaminen

1. mom. Standardeista voidaan tarvittaessa poiketa, jos vastaava turvallisuustaso voidaan muutoin saavuttaa.

2. mom. Poikkeamisesta on laadittava kirjallinen selvitys ennen sähkötyön tai käyttötöiden aloittamista. Selvityksen tulee olla siten laadittu, että sen perusteella voidaan todeta vaatimusten täytyminen.

Poikkeamisen käyttöönottoon on oltava sähkötyön johtajan tai käytön johtajan kirjallinen vahvistus.

3. mom. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin standardista poikkeamisen menettelyn yksityiskohdista.

Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä 1435/ 2016**SÄHKÖTYÖN TURVALLISEN SUORITTAMISEN OLENNAISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET (Liite)****1 § Työskentelyn yleiset vaatimukset**

Työt on suoritettava huolellisesti ja ammattitaitoisesti vaarantamatta kenenkään henkeä tai terveyttä.

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

Työssä on otettava huomioon Suomessa noudatettavat menettelytavat, vallitsevat työolosuhteet sekä sähkölaitteistojen rakenteelliset ominaisuudet.

2 § Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että jokaiseen sähkötyön tekokohteeseen nimetään lain 73 §:n mukainen sähköalan ammattihenkilö työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi, Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja voi osallistua sähkötyön tekemiseen tai tehdä sen kokonaan itse.

Jos sähkötyön tekemiseen ei tarvita sähkötöiden johtajaa, työn tekijän pitää valvoa työnaikaista sähköturvallisuutta.

3 § Ohjeet ja opastus

Sähkötyötä ja käyttötyötä varten on tarvittaessa laadittava tässä liitteessä säädettyjä vaatimuksia täydentäviä työmenetelmäkohtaisia tai työkohtaisia kirjallisia ohjeita.

Työntekijälle on annettava koulutusta ja opastusta siten, että tiedot jatkuvasti vastaavat työn vaatimuksia.

8 § Käyttötyöt (4.7.2019/804)

Sähkölaitteiston käyttötyöt on tehtävä riittävää huolellisuutta noudattaen siten, ettei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa. Tarvittaessa on noudatettava liitteen 5–7 §:n mukaisia menettelyjä.

Valtioneuvoston asetuksen sähkölaitteistoista (VNa 1434/2016) liitteen olennaiset sähkölaitteistojen turvallisuusvaatimukset, koskien onnettomuutta:

Kohta 2. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä sähkölaitteistossa esiintyvän vian aikana kosketettaessa jännitteelle alttiita osia tai oltaessa sähkölaitteiston lähellä.

Kohta 7. Suojalaitteiden on toimittava sellaisilla virroilla, jännitteillä ja sellaisessa ajassa, jotka takaavat riittävän turvallisuuden.

Kohta 8. Sähkölaitteiston sähköinen suojajärjestelmä on valittava siten, että se voidaan pitää toimintakuntoisena ja luotettavana koko sähkölaitteiston käyttöiän.

Kohta 9. Eri jännitteellä syötettyjen virtapiirien jännitteisten osien välinen vika tai sähkölaitteistosta muusta syystä aiheutuva ylijännite ei saa aiheuttaa vaaraa tai vahinkoa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle.

Kohta 17. Ilmajohtojen ja muiden sähkönjakeluun liittyvien sähkölaitteistojen rakenteissa on otettava huomioon tavanomaisten sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevien vaatimusten lisäksi liitteesä mainitut tekijät.

Kohta 21. Sähkölaitteisto on varustettava sen käyttöä ja hoitoa varten tarpeellisilla merkinnöillä ja varoituskilvillä.

Tutkitun onnettomuuden kannalta sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002: 2015 + A1:2018 asettaa seuraavia vaatimuksia:

Standardin kohta 4. Perusperiaatteet

Kansallinen lisävaatimus. Henkilöstön (kohta 4.2) ja organisaation (kohta 4.3) osalta on noudatettava Suomessa käytössä olevia vaatimuksia. Näitä vaatimuksia on esitetty standardin velvoittavassa liitteessä X ja siinä viitatuissa säädöksissä. Jos EN-standardin vaatimukset ja kansalliset vaatimukset ovat ristiriidassa, noudatetaan Suomessa käytössä olevia kansallisia vaatimuksia.

4.1 Turvallinen toiminta.

Ennen kuin sähkölaitteistossa tehdään käyttötoimenpiteitä tai töitä, on arvioitava sähköiset riskit. Tässä arvioissa määritellään, miten käyttötoimenpiteet tai työt tehdään, ja mitä turvallisuustoimenpiteitä tulee tehdä turvallisuuden varmistamiseksi.

Kansallinen lisävaatimus. Suurjännitelaitteistojen kytkennöistä tehdään yksittäisen laitteen kytkemisiä sekä häiriötilanne ja hätäkytkentöjä lukuun ottamatta aina kirjallinen kytkentäohjelma, jonka tarkistaa tarvittaessa kytkentäohjelman laatijan lisäksi toinen asiantunteva henkilö.

Standardin luku 4. kohta 4.2. (Henkilöstö):

- Kaikkien henkilöiden, jotka osallistuvat työhön sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä, on oltava opastettuja työtä koskeviin säädöksiin, vaatimuksiin ja yrityksen ohjeisiin. Nämä ohjeet on kerrattava työn kuluessa, jos työsuoritus on pitkäaikainen tai muuten vaativa. Henkilöiltä pitää vaatia näiden säädösten, vaatimusten ja ohjeiden noudattamista.

- Ennen kuin työ aloitetaan ja työn aikana työsuorituksesta vastaavan henkilön on varmistettava, että työssä noudatetaan asiaankuuluvia säädöksiä, vaatimuksia ja ohjeita. Työsuorituksesta vastaavan henkilön on opastettava kaikkia työhön osallistuvia henkilöitä myös niistä vaaroista, joita henkilöt eivät voi välittömästi havaita.

Organisaatio (Standardin luku 4. kohta 4.3):

- Jokaisesta sähkölaitteistosta on vastuussa sähkölaitteiston vastuhenkilö.

Ennen kuin sähköjärjestelmän järjestelyjä muutetaan tai töitä sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä aloitetaan, työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan ja sähkölaitteiston käyttöä valvovan henkilön pitää sopia sekä työn tekemisen mahdollistavista sähköjärjestelmän järjestelyistä että työtavoista.

Henkilöstöä ja sähkötöiden turvallisuuden organisointia koskevat vaatimukset (Liite X):

- Liitteen kohdassa X.1 esitetään sähkötyön turvallisuuden järjestelyjä koskevia vaatimuksia tilanteissa, joissa töitä tehdään ammattimaisesti sähkötöiden johtajan tai käytön johtajan alaisuudessa.

Sähköalan töihin osallistuvat henkilöt (Standardin kohta X.5)

Kaikkien sähköalan töitä tekevien henkilöiden tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu. Tämä yleisvaatimus koskee sekä ammattihenkilöitä, opastettuja henkilöitä että maallikoita.

Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja (Standardin kohta X.6):

- Standardin kohdassa viitataan valtioneuvoston asetuksen sähkötyöstä ja käyttötyöstä liitteessä vaadittuun menettelyyn työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeämisestä.

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että jokaiseen sähkötyön tekokohteeseen nimetään sähköturvallisuuslain mukainen sähköalan ammattihenkilö työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja voi osallistua sähkötyön tekemiseen tai tehdä sen kokonaan itse.

19. Accimap

