

# SÄHKÖNJAKELUVERKON HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Kemin Energia ja Vesi Oy:n jakeluverkossa

Tikkanen Marko

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Marko Tikkanen	<b>Vuosi</b>	2024
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Kari Kenttä		
<b>Toimeksiantaja</b>	Kemin Energia ja Vesi Oy Ins. (AMK) Erkki Näätsaari		
<b>Työn nimi</b>	Sähkönjakeluverkon huolto ja kunnossapito Kemin Energia ja Vesi Oy:n jakeluverkossa		
<b>Sivumäärä</b>	67 + 0		

---

Tässä työssä tutkittiin Kemin alueella sähkönsiirrosta vastaavan Kemin Energia ja Vesi Oy:n sähköverkon huoltoa ja kunnossapitoa. Työssä käytiin läpi sähköverkon komponenteille määritettyjä huoltovälejä valmistajien ohjeista ja niitä verrattiin yhtiössä käytössä olevien komponenttien huoltoon. Työssä käytiin läpi yleisimpiä kunnossapitostrategioita, sähkönjakeluun vaikuttavia lakeja ja määräyksiä.

Työssä on kerätty tietoa yleisimmin vikaantuvista komponenteista ja varaosien saatavuudesta. Kaikkiin sähköverkossa oleviin laitteisiin ja komponentteihin ei ole saatavilla varaosia ja työssä on käyty läpi purettavista laitteista varastoitavia käyttökelpoisia osia ja laitteiden käyttövarmuutta parantavia vaihtoehtoja, joilla mahdollisia sähkönjakelukeskeytyksiä voidaan ennaltaehkäistä.

Tulokseksi on saatu tietoa sähkönjakelukeskeytyksiin johtavien vikojen aiheuttajista ja rikkoontuvista komponenteista sekä huollon ja käytön kannalta tärkeitä varastoitavia varaosia.

Electrical and automation engineering  
Bachelor of engineering

---

<b>Author</b>	Marko Tikkanen	<b>Year</b>	2024
<b>Supervisor</b>	Kari Kenttä, M.eng. (tech)		
<b>Commissioned by</b>	Kemin Energia ja Vesi Oy		
<b>Title</b>	Erkki Näätsaari, Beng. Service and maintenance of the electricity distribution network in Kemin Energia ja Vesi Oy`s distribution network		
<b>Number of pages</b>	67 + 0		

---

In this work, the servicing and maintenance of the electricity network of Kemin Energia ja Vesi Oy, which is responsible for electricity transmission in the Kemi area, was studied. The maintenance intervals defined for the components of the electricity network were reviewed in the manufacturer's instructions and compared with the maintenance of components used in the company. The most common maintenance strategies, laws and regulations affecting electricity distribution were reviewed.

The work collected information on the most commonly failed components and the availability of spare parts. Spare parts are not available for all devices and components in the electricity network. The work has reviewed usable parts to be stored from dismantled equipment and alternatives for improving the reliability of equipment to prevent possible interruptions in electricity distribution.

The result of the thesis was information on the causes of faults leading to power outages and broken components, as well as spare parts that are important for maintenance and operation.

**Keywords** electricity distribution network, network maintenance, maintenance

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	KEMIN ENERGIA JA VESI OY .....	9
3	SÄHKÖVERKON HUOLTO JA KUNNOSSAPITO .....	11
3.1	Kunnossapidon määritelmä .....	11
3.2	Kunnossapitolajit .....	12
4	SÄHKÖVERKKOA KOSKEVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET .....	14
4.1	Sähkömarkkinalaki .....	14
4.2	Sähtöturvallisuuslaki .....	16
5	SÄHKÖNJAKELUVERKON RAKENNE KEMIN ENERGIAN VERKOSSA ...	20
5.1	Sähköasema .....	20
5.1.1	110 kV:n laitteet .....	20
5.1.2	20 kV:n laitteet .....	25
5.1.3	Suojaukset .....	29
5.2	Jakelumuuntamot .....	32
5.2.1	20 kV:n laitteet .....	34
5.2.2	Pienjännitelaitteet .....	36
5.3	Pienjännitejakeluverkko .....	37
6	SÄHKÖNJAKELUVERKON HUOLTO KEMIN ENERGIAN VERKOSSA .....	39
6.1	Sähköasemat .....	40
6.1.1	Eroittimet .....	41
6.1.2	Mittamuuntimet .....	42
6.1.3	Katkaisijat .....	42
6.1.4	Tehomuuntajat .....	43
6.1.5	Keskijännitekatkaisijat .....	44
6.1.6	Suojareleet .....	47
6.2	Keskijänniteverkko .....	48
6.2.1	Ilmajohtoverkko .....	48
6.2.2	Maakaapeliverkko .....	50
6.3	Pienjänniteverkko .....	50

7 YLEISIMMÄT VIAT KEMIN ENERGIAN VERKOSSA .....	52
7.1 Keski <span>j</span> änniteverkko.....	52
7.2 Keski <span>j</span> änniteverkon säästettävät varaosat.....	58
7.3 Pien <span>j</span> änniteverkko .....	59
7.4 Pien <span>j</span> änniteverkon säästettävät varaosat .....	62
8 POHDINTA.....	65
LÄHTEET.....	66

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Kemin Energia ja Vesi Oy:tä ja työnantajan edustajaa Erkki Näätsaarta työn aiheesta ja aiheeseen liittyvistä materiaaleista. Kiitän myös opinnäytetyön ohjaajaa Kari Kenttää hyvästä ohjauksesta ja vinkeistä työnaikana. Suurin kiitos kuuluu perheelleni kaikesta kannustamisesta ja jaksamisesta elää projektin rinnalla.

Kemissä 11.4.2024

Marko Tikkanen

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Kenve	Kemin Energia ja Vesi Oy
JK	jakokaappi
MA	muuntoasema
KA	kytkinasema
PJ	pienjännite
KJ	keskijännite

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Kemissä toimivan sähkönjakeluverkkoyhtiön, Kemin Energia ja Vesi Oy, sähkönjakeluverkon huolto ja kunnossapito. Työn teoriaosana on käyty läpi sähköverkon ja sähköverkon huollon osalta tärkeitä lakipykälä. Työssä on tarkasteltu standardoituja kunnossapitolajeja ja käyty läpi niiden sisältöä. Työssä käydään läpi Kemin Energian sähkönjakeluverkon keskeisimmät komponentit 110/ 20 kV:n sähköasemasta kuluttajan liittymään ja tutustutaan sähköverkon komponenttien huoltoväleihin. Lopuksi on tutkittu verkkoyhtiön yleisimpiä vikoja sähköverkossa ja kirjattu ylös varaosia, joita olisi hyvä säilyttää uusittavista verkon komponenteista.



## 2 KEMIN ENERGIA JA VESI OY

Kemin Energia ja Vesi Oy on Kemin alueella toimiva energiayhtiö, joka vastaa alueen sähkönsiirrosta ja jakelusta. Kemin Energian, tuttavallisemmin Kenven, sähkönjakeluverkkoon kuuluu kaksi sähköasemaa, Syväkankaalla ja Karihaarassa. Syväkankaalla sijaitseva asema on rakennettu uudelleen 2010, missä sijaitsee kaksi 25 MVA:n päämuuntajaa. Karihaarassa sijaitseva asema, kuvio 1, on rakennettu 2015, missä sijaitsee yksi 25 MVA:n päämuuntaja. Vuonna 2022 sähköä toimitettiin 15017 asiakkaalle yhteensä 157 GWh. Uusia sähköliittymiä rakennettiin 19 kappaletta ja liittymämuutoksia tehtiin 14 kappaletta. (Kemin Energia ja Vesi Oy 2022a.)



Kuvio 1. Karihaaran sähköasema (Kemin Energia ja Vesi Oy)

Yhtiö toimittaa myös vettä ja kaukolämpöä Kemin alueella. Puhtaan veden myynti vuonna 2022 oli 1,21 miljoonaa kuutiometriä ja jäteveden laskutus 1,05 miljoonaa kuutiometriä. Vesijohtoverkkoon liittyneitä kiinteistöjä oli 5203 ja jätevesiverkkoon liittyneitä asiakkaita 4956. Vesijohtoverkostoon liittyi 8 uutta kiinteistöä ja jätevesiverkostoon liittyi 9 kiinteistöä. Kaukolämmön myynti oli 154,5 GWh, josta 74,1 % tuotettiin puulla, 16,8 % turpeella, 0,3 % öljyllä ja 8,8 % ostoenergiana Metsä Fibren tehtaalta. Kaukolämpöasiakkaita oli 456, joista 6 kappaletta oli uusia asiakkaita. (Kemin Energia ja Vesi Oy 2022b.)

Yhtiö työllisti vuoden 2022 lopussa 66 henkilöä, joista 63 vakinaisessa –ja 3 määräaikaisessa työsuhteessa. Liikevaihdoksi muodostui 25,6 miljoonaa euroa, joka kasvoi edellisestä vuodesta noin 6,2 prosenttia. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Mikko Kangasniemi. (Kemin Energia ja Vesi Oy 2022b.)



Kuvio 2. Kemin Energia ja Vesi Oy:n organisaatiokaavio (Kemin Energia ja Vesi Oy 2022b)

### 3 SÄHKÖVERKON HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Sähtöturvallisuuslain perusteella verkonhaltijan on laadittava sähköverkon huoltotoimien ja kunnossapidon toteuttamiseksi huolto- ja kunnossapito-ohjelma sähköverkoista. Sähköjakeluverkko luokitellaan luokan 3 sähkölaitteistoksi. Sähkölaitteistojen kunnossapito-ohjelmaan on sisällytettävä myös säännöllistä huoltoa vaatimattomien sähkölaitteistojen riittävä valvonta sähtöturvallisuutta vaarantavien asioiden osalta. Luokan 3 sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus viiden vuoden välein. Näillä tarkoitetaan mm. vikaantumisia, rikkoontumisia sekä käyttöolosuhteiden muutoksia. Huolto- ja kunnossapito-ohjelman avulla sähköverkon kuntoa on helpompi valvoa. Sähköverkon turvallisen käytön kannalta tärkeitä tarkastuskohteita ovat mm. maadoitukset ja niiden kunto, releet ja niiden asetteluarvot sekä puupylväät ja niiden kunto. (Headpower portaali 2023; Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016 § 44, § 48 ja § 49.)

#### 3.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapidon tarkoituksena on pitää sähköverkko toimintakuntoisena ja vähentää vikaantumisien määrä minimiin. Vikaantunut verkonosa tai komponentti korjataan mahdollisimman nopeasti, jotta viasta koituvat seuraukset olisivat mahdollisimman pienet.

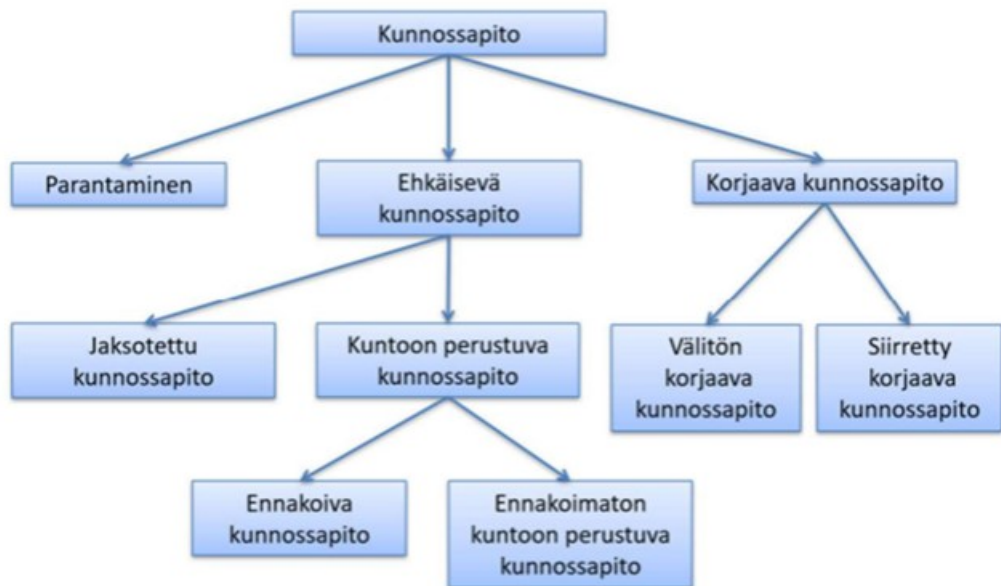
Sähköjakelua voidaan verrata tuotantoon, jolloin hallinnallisesta näkökulmasta kunnossapito on tuotanto-omaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, kehittämistä, säätämistä ja säilyttämistä. Kunnossapidon avulla kohteella tai laitteella pyritään ylläpitämään toimintakyky tai palauttamaan toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. Määritelmän mukaan kunnossapito on kohteen toimintakykyä, suunnitteluheikkouksien korjaamista, elinjakson hallintaa, modernisointia ja alkuperäiseen kuntoon saattamista sekä kohteen toiminnasta kerätyn tiedon analysointia ja johtopäätösten tekemistä. Kohteen käytön turvallisuus, käyttö- ja kunnossapidon kehittäminen sekä oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen ovat myös kunnossapitoon luettavia tekijöitä. (Järviö & Lehtiö 2012,19.)

Suomen standardisoimisliiton standardi SFS-EN 13306:2017 määrittää, että kunnossapito on yhdistelmä kaikkia koneen elinjakson aikaisia teknisiä, hallinnollisia ja liikkeenjohdollisia toimia, joilla pyritään ylläpitämään tai palauttamaan laitteen toimintakyky sellaiseksi, että se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnan.

PSK standardisoinnin standardi PSK 6201:2011 määrittää, että kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson ajan.

### 3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jakautuu moneen osa-alueeseen. Yleisimmin käytössä olevat kunnossapitolajit ovat parantava, ehkäisevä ja korjaava kunnossapito. Kunnossapitoon vaikuttaa olennaisesti huollettavien laitteiden määrä ja laitteille valmistajan määrittämät huoltovälit. Kuviossa 3 on esitetty SFS-EN 13306 standardissa määritellyt kunnossapitolajit.



Kuvio 3. SFS-EN 13306 Kunnossapitolajit (SFS-EN13306:2017)

Parantava kunnossapito on sähköyhtiöillä yleensä käytössä saneerauksena. Parantamalla sähköverkkoa jatketaan sähköverkon käyttöikä, parannetaan toimintavarmuutta, käyttöä ja turvallisuutta. Parantava kunnossapito työtä tehdään pääosin suunnitellusti. Etuna parantavassa kunnossapidossa on mahdollistaa isojakin säästöjä ja vähentää ylimitoitettuja töitä. Haittana ovat isot alkuinvestoinnit.

Ehkäisevänä kunnossapitona laitteita ja komponentteja huolletaan ennakoivasti suunnitelmien mukaan. Tällöin sähköverkossa voidaan ennakoida laitteissa mahdollisesti tulevia materiaalisia ja ulkoisia vaurioita ja toteuttaa korjaavat toimenpiteet ja huollot yleensä hallitusti ilman asiakkaalle koituvaa sähkökatkoa. Ehkäisevällä kunnossapidolla saavutetaan parempi riskienhallinta, korkeampi käyttöaste ja sähkökatkojen suunnittelu. Haittana ovat korkeat investointikustannukset. Ehkäisevä kunnossapito vaatii ennakkosuunnitelmia ja saattaa sisältää ylimitoitettuja töitä.

Korjaavaa kunnossapitoa tapahtuu laitteen, verkonosan tai komponenttien vikaantuessa. Pääsääntöisesti korjaava kunnossapito on ennalta suunnittelematonta työtä, jolloin vikatila on jo päällä. Varsinkin talviaikaan vikatilasta voi koitua suuria ongelmia kotitalouksille, jolloin on tärkeää saada vikatila korjattua. Korjaava kunnossapito vaatii investointeja vain varastoitaviin varaosiin eikä sisällä ylimitoitettuja töitä. Haittana ovat hallitsemattomat kustannukset ja odottamattomat häiriöt.

## 4 SÄHKÖVERKKOA KOSKEVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET

Sähköverkkotoimintaa ja sähköverkkoa määrää Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588 ja siihen liittyvät muutossäädökset sekä Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135.

### 4.1 Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalaissa tavoitteena on varmistaa edellytykset tehokkaaseen, toimitusvarmaan ja kilpailukykyiseen sähkön hinta ja palveluperiaatteiden turvaamiseen. Sähkömarkkinalaki määrittää sähköverkkotoiminnan luvanvaraisuuden, johon sähköverkkoluvan myöntää Energiamarkkinavirasto. Lisäksi sähkömarkkinalaissa määritellään sähköverkon rakentamista, verkonhaltijan velvollisuuksia, jakeluverkkoa ja jakeluverkonhaltijaa koskevia säännöksiä ja velvollisuuksia, sähkösopimuksia ja laskutusta. Sähkömarkkinalaista tärkeimpinä pykälinä sähkönjakelunkannalta ovat:

*”Sähköverkkotoimintaa saa harjoittaa Suomessa sijaitsevassa sähköverkossa vain Energiamarkkinaviraston myöntämällä luvalla (sähköverkkolupa). Sähköverkkolupaa ei voida siirtää toiselle.”* (Sähkömarkkinalaki 2013/588 § 4.)

*”Sähköverkkoluvan hakijan on täytettävä seuraavat yleiset vaatimukset:*

- 1) Hakija on yhteisö tai laitos.*
- 2) Hakijan organisaatio vastaa sen harjoittaman sähköverkkotoiminnan laajuutta ja luonnetta.*
- 3) Hakijalla on palveluksessaan riittävä henkilöstö, joka vastaa sen harjoittaman verkkotoiminnan laajuutta ja luonnetta.*
- 4) Hakijalla on palveluksessaan sellainen käytön johtaja sekä, jos hakija suorittaa sähkötoita, sähkötoiden johtaja, joka täyttää sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) ja sen nojalla säädetyt kelpoisuusvaatimukset.*
- 5) Hakijalla on taloudelliset edellytykset kannattavaan sähköverkkotoimintaan.*
- 6) Hakijalla on päätösvalta sähköverkon käyttöön, ylläpitoon ja kehittämiseen tarvittaviin varoihin sekä päätösvalta tehdä verkon käyttäjien kanssa liittymissopimuksia ja sähköverkkosopimuksia.*

- 7) *Jos hakija harjoittaa sähköverkkotoiminnan lisäksi muuta toimintaa tai jos hakija harjoittaa sekä kantaverkkotoimintaa että jakeluverkkotoimintaa, hakija on esittänyt selvityksen, että nämä toiminnat on eriytetty toisistaan.* (Sähkömarkkinalaki 2013/588 § 6.)

*”Verkonhaltijan tulee riittävän hyvälaatuisen sähkön saannin turvaamiseksi verkkonsa käyttäjille ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan sekä yhteyksiä toisiin verkkoihin sähköverkkojen toiminnalle säädettyjen vaatimusten ja verkon käyttäjien kohtuullisten tarpeiden mukaisesti.*

*Sähköverkko on suunniteltava ja rakennettava ja sitä on ylläpidettävä siten, että;*

- 1) *Sähköverkko täyttää sähköverkon toiminnan laatuvaatimukset ja sähkönsiirron sekä -jakelun tekninen laatu on muutoinkin hyvä.*
- 2) *Sähköverkko ja sähköverkkopalvelut toimivat luotettavasti ja varmasti silloin, kun niihin kohdistuu normaaleja odotettavissa olevia ilmastollisia, mekaanisia tai muita ulkoisia häiriöitä.*
- 3) *Sähköverkko ja sähköverkkopalvelut toimivat mahdollisimman luotettavasti normaaliolojen häiriötilanteissa ja valmiuslaissa [\(1552/2011\)](#) tarkoitetuissa poikkeusoloissa.*
- 4) *Sähköverkko toimii yhteensopivasti sähköjärjestelmän kanssa ja se voidaan tarvittaessa liittää yhteen toisen sähköverkon kanssa.*
- 5) *Sähköverkkoon voidaan liittää vaatimukset täyttäviä käyttöpaikkoja, voimalaitoksia ja sähkövarastoja.*
- 6) *Verkonhaltija kykenee tuottamaan siirto- ja jakelupalvelun verkkonsa käyttäjille kustannustehokkaalla tavalla.*
- 7) *Verkonhaltija kykenee täyttämään 1–6 kohdassa asetettujen vaatimusten lisäksi muut sille kuuluvat tai tämän lain nojalla asetetut velvollisuudet.* (Sähkömarkkinalaki 2013/588 §19.)

*”Verkonhaltijan on kohtuullista korvausta vastaan myytävä sähkön siirto- ja jakelupalveluja niitä tarvitseville sähköverkkonsa siirtokyvyn rajoissa.”* (Sähkömarkkinalaki 2013/588 § 21.)

*”Verkonhaltijan on huolehdittava sähköverkkonsa varmasta, luotettavasta ja tehokkaasta käytöstä sekä siitä, että kaikki verkkonhaltijan sähköverkon varmaan, luotettavaan ja tehokkaaseen käyttöön tarvittavat lisäpalvelut sekä kulutusjouston ja energiavarastojen edellyttämät palvelut ovat saatavilla.”* (Sähkömarkkinalaki 2023/497 § 21 c.)

*"Jakeluverkko on suunniteltava ja rakennettava, ja sitä on ylläpidettävä siten, että:*

- 1) Verkko täyttää järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset;*
- 2) Jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asemakaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestäväää sähköjakelun keskeytystä;*
- 3) Jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muulla kuin 2 kohdassa tarkoitetulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestäväää sähköjakelun keskeytystä.*
- 4) Jakeluverkonhaltija voi määrittää käyttöpaikkaan sovellettavan tavoitetaso 1 momentin 3 kohdasta poiketen paikallisten olosuhteiden mukaisesti, jos:*
- 5) Käyttöpaikka sijaitsee saarella, johon ei ole siltaa tai vastaavaa muuta kiinteää yhteyttä taikka säännöllisesti liikennöitävää maantielauttayhteyttä; tai*
- 6) Käyttöpaikan vuotuinen sähkökulutus on ollut kolmen edellisen kalenterivuoden aikana enintään 2 500 kilowattituntia ja 1 momentin 3 kohdan vaatimuksen täyttämisen edellyttämien investointien kustannukset olisivat käyttöpaikan osalta poikkeuksellisen suuret sen muista käyttöpaikoista etäisen sijainnin vuoksi." (Sähkömarkkinalaki 2013/588 § 51.)*

Suomessa on 77 sähköverkonhaltijaa, joilla on voimassa oleva sähköverkkolupa. (Energiavirasto 2024.)

#### 4.2 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden ja sähkölaitteistojen turvallinen käyttö ja estää käytöstä aiheutuvia sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoitus on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus. Sähköturvallisuuslaissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavat vaatimukset, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta ja



vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteistojen haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta. Sähköturvallisuutta valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes.

Sähköturvallisuuslaista tärkeimpinä pykälinä sähkönverkon huollon ja sähkönjakelun kannalta ovat:

*”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 magneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä*
- 3) *Niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.*
- 4) *Jos sähkölaitte tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön.”*  
(Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 6.)

*”Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava, että käytön tai käyttöolosuhteiden muuttuessa ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin, joilla voidaan varmistaa sähkölaitteiston turvallisuus muuttuneissa olosuhteissa.”* (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 35.)

*”Sähkölaitteistot jaetaan niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta luokkiin seuraavasti:*

- 1) *luokan 1 sähkölaitteisto:*
  - a. *sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa*
  - b. *muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirta-*
- 2) *suojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;*
- 3) *luokan 2 sähkölaitteisto:*
  - a. *sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;*
  - b. *sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle*

kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria.

4) luokan 3 sähkölaitteisto:

5) c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko. Sähkölaitteistoluokitusta ei sovelleta viestintäverkkojen, hissien, ilma-alusten eikä maa- ja vesikulkuneuvojen sähkölaitteistoihin.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 44.)

”Sähkölaitteiston haltija on vastuussa laitteiston turvallisuudesta, sen ylläpitämiseksi tarvittavasta kunnossapidosta ja siitä, että laitteisto täyttää tämän lain vaatimukset. Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 47.)

”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. Muiden sähkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 48.)

”Luokan 3 sähkölaitteistolle määräaikaistarkastus on tehtävä viiden vuoden välein. Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteiston määräaikaistarkastuksesta.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 49.)

”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. Määräaikaistarkastukseen on aina sisällytettävä kohteessa mahdollisesti olevat lääkintätilat, räjähdysvaaralliset tilat ja palovaaralliset tilat. Määräaikaistarkastuksen voi tehdä 75 §:ssä tarkoitettu valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 50.)

”Sähköturvallisuuslaissa määritellään sähkö- ja käyttötoita koskevia vaatimuksia. Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteistojen rakennus-, korjaus- ja huoltotyötä. Käyttötyöllä taas sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä ja sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastuksia.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 53.)

*”Sähkötöitä ja käyttötöitä tekevällä henkilöllä tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuuteen koskeviin vaatimuksiin perehdytys ja opastus.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 54.)*

Sähköverkonhaltijan on nimettävä sähkötöiden johtaja ja käytön johtaja ennen toiminnan aloittamista. Henkilöllä tai henkilöillä on oltava kyseisiin töihin oikeuttava pätevyystodistus.

*”Sähkötöiden johtaja vastaa siitä, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia, sähkölaitteet ja -laitteistot ovat lain edellyttämässä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovutus hetkellä ja että sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastettuja.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 59.)*

*”Käytön johtaja vastaa siitä, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia, sähkölaitteisto on lain edellyttämässä kunnossa käytön aikana ja käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia riittävästi opastettuja.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 62.)*

*”Sähköverkonhaltijan on annettava käytön johtajalle riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa käyttötöitä. Lisäksi sähkölaitteiston haltijan on annettava käytön johtajalle tarvittavat tiedot sähkölaitteiston rakennus- ja korjaustöistä sekä niihin liittyvistä tarkastuksista. Käytön johtajan on tunnettava sähköturvallisuutta koskevat vaatimukset ja ylläpidettävä ammattitaitoaan.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 61.)*

*”Sähkötyössä, käyttötyössä 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.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 82.)*

*”Jos sähkölaitte tai -laitteisto ei ole tämän lain mukainen taikka sen huolto tai käyttö ei ole tämän lain mukaista, sähköturvallisuusviranomainen voi määrätä sähkölaitteen tai laitteiston haltijan korjaamaan puutteellisuudet ja laiminlyönnit määräajassa taikka kieltää sähkölaitteen tai -laitteiston käytön. Sähköturvallisuusviranomainen voi tarvittaessa vaatia sähkölaitteen tai laitteiston erottamista sähköverkosta. Sähköturvallisuusviranomainen ei kuitenkaan voi kieltää jakeluverkonhaltijan sähkölaitteiston käyttöä, jos kiellosta aiheutuu kohtuutonta haittaa sähkön käyttäjille. Jos sähkölaitteiston verkosta erottaminen on teknisesti tarkoituksenmukaista tehdä laitteistoa syöttävän verkkoyhtiön sähkölaitteistossa, on verkkoyhtiön tehtävä erottamistoimenpide sähköturvallisuusviranomaisen sitä pyytäessä.” (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135 § 94.)*

## 5 SÄHKÖNJAKELUVERKON RAKENNE KEMIN ENERGIAN VERKOSSA

Kenven sähkönjakeluverkkoon kuuluu kaksi sähköasemaa, joiden syötöt tulevat kantaverkkoyhtiö Fingrid verkosta. Omaa 110 kV:n siirtolinjaa on noin 2 km takajärveltä kantaverkosta syväkankaan sähköasemalle. Keskijänniteverkko kulkee pääosin maassa. Maakaapelointiaste on noin 85 %. Keskijänniteverkkoon kuuluu 211 muuntoasemaa, joista puisto- ja kiinteistömuuntamoita on 154, jotka ovat rakennettu rengasverkkoon, jolla mahdollistetaan sähkönjakelua jonkin kaapelin rikkoutuessa. Lisäksi kahdeksasta asiakasmuuntamon kojeistosta on käytössä kaksi kuormaerotinta, joilla sähkönjakelua voidaan syöttää rengasverkkona kojeiston läpi. Tähtiverkkona olevia puistomuuntamoita on 7. Pylväsmuuntajia on 24 kappaletta, joita on viimevuosina uusittu 2–4 kappaletta vuodessa puistomuuntamoiksi. Pienjännitejakeluverkossa on noin 1120 katujakokaappia, joista suurin osa on rakennettu rengasverkoksi. (Trimble NIS 2023.)

### 5.1 Sähköasema

Sähköaseman määritelmä SFS 6001 standardin mukaan: *”Määrättyyn paikkaan keskitetty sähköjakelujärjestelmän osa, joka sisältää pääasiassa siirto- tai jakelujohtojen liitännöitä, kojeistoja ja rakenteita sekä mahdollisesti myös muuntajia. Se sisältää yleensä myös järjestelmän turvallisuuteen ja valvontaan tarvittavia laitteita (esim. suojalaitteita)”*

Kemin alueen sähkönjakeluverkossa sijaitsee kaksi sähköasemaa, joista toinen Syväkankaalla ja toinen Karihaarassa. Sähköasemilla on yhteensä kolme 110 kV / 20 kV tehomuuntajia. Asemilla olevat laitteet ja komponentit poikkeavat toisistaan. Sähköasemalla sijaitsevista laitteista on käyty läpi tässä opinnäytetyössä Syväkankaalla käytössä olevia laitteita.

#### 5.1.1 110 kV:n laitteet

110 kV:n laitteet sijaitsevat sähköasemilla. Sähköasemalla on 110 kV linja päättyy pääteportaalin (kuvio 4) jälkeen kytkeydytään vaakatasossa olevalla kiertoerottimella (kuvio 5) avorakenteiseen kokoojakiskostoon (kuvio 6).

Kokoajakiskon päässä on kytkettynä jännitemuuntaja (kuvio 7). Kokoajakiskostosta kytkeydytään kaksipilarisella vaakatasossa olevalla kiertoerottimella katkaisijalle.



Kuvio 4. 110 kV:n pääteportaali



Kuvio 5. Hapam SSBII-AM-123 -kiertoerotin



Kuvio 6. 110 kV:n kokoojakiskosto



Kuvio 7. Kuvassa putkikiskoon kytketyt Artech UTD-123 -jännitemuuntajat

Katkaisijana on pufferikatkaisija eli yksipainejärjestelmällä toimiva katkaisija (kuvio 8). Katkaisija on seoskaasukatkaisija, jossa katkaisukammiossa väliaineena on SF<sub>6</sub>-kaasuun sekoitettu CF<sub>4</sub>-kaasua eli perfluorimetaania, joka estää SF<sub>6</sub>-kaasua nesteytmästä. Tällä kaasu yhdistelmällä saavutetaan

korkeampi kylmäkestoisuus. Katkaisijan oikosulun nimelliskatkaisuvirta on 31,5 kA, oikosulun nimelliskesto 1 s ja nimelliskäyttövirta 2500 A.

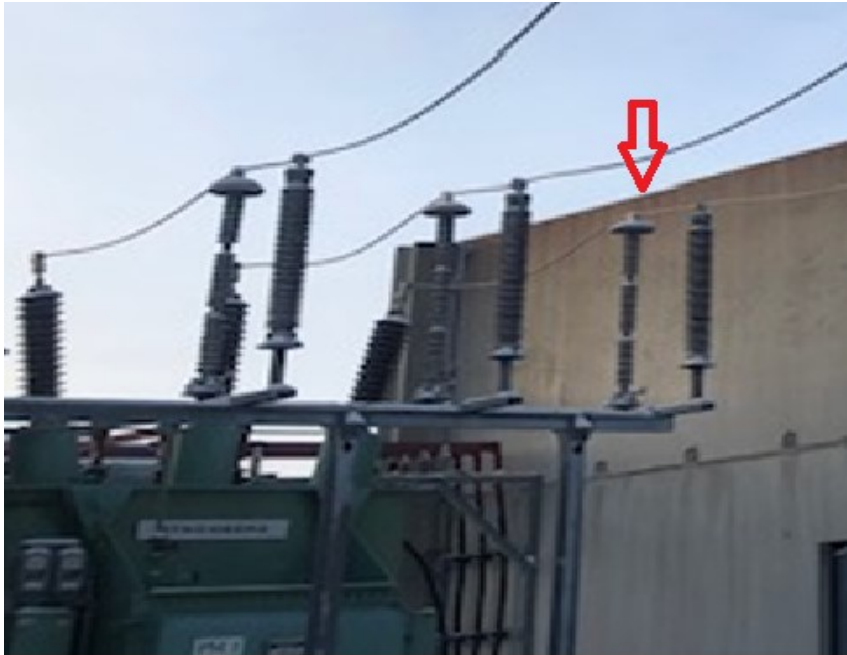


Kuvio 8. Siemens 3AP1FG -pufferikatkaisija

Katkaisijalta kytkeydytään virtamuuntajalle, joka on öljyeristeinen ja hermeettisesti suljettu (kuvio 9), josta tukieristimen kautta ylijännitesuojalle (kuvio 10) ja ylijännitesuolta päämuuntajalle (kuvio 11).



Kuvio 9. Arteche CH-123 -tyypin virtamuuntajat



Kuvio 10. 110 kV:n tukieristin ja nuolella merkattu ylijännitesuoja



Kuvio 11. 110 kV/20 kV:n Strömberg 25 MVA:n päämuuntaja 1 Syväkankaan sähköasemalta



Muuntaja on tyypiltään KATI 123x25. Kyseessä on öljyeristeinen hermeettisesti sulejettu tehomuuntaja, jonka valmistusvuosi on 1990. Muuntajan jäähdytystapa on ONAF (ONAN 60 %) ja muuntaja on IEC 76 -standardin mukainen.

Muuntajan kytkentä on YNd11

missä

Y	on	muuntajan ensiöpuolen käämien kytkentä, tähtikytkentä
N	on	ensiöpuolen tähtipiste, on tuotu muuntajan kannelle
d	on	muuntajan toisiopuolen käämien kytkentä, kolmiokytkentä
11	on	vektoriryhmännumeroa, jolla yläjännitepuolen saman vaiheen jännite on 30 asteen siirtokulmaerossa alajännitepuolen vastaavaan vaiheeseen.

Muuntajassa on käämikytkin, jossa on jännitteensäädölle 18 asentoa. Jännitteensäätö tapahtuu portaattomasti jännitteen säätäessä  $9 \times \pm 1,67 \%$ .

#### 5.1.2 20 kV:n laitteet

Sähköasemalla muuntajan, 110 kV/20 kV, toisiopuolen navoilta kaapeli kulkee virtamuuntajien kautta katkaisijalle. Sähköaseman katkaisija on ABB:n VD 4-vaunukatkaisija, joka on tyhjiökatkaisija (kuviot 12 ja 13). Katkaisijat ovat nimellisvirraltaan 630 A lukuun ottamatta muuntajilta syöttäviä katkaisijoita ja kiskokatkaisijaa, joiden nimellisvirta on 1250 A. Katkaisijoita voidaan ohjata kolmella tavalla, käyttämällä katkaisijassa olevaa painonappia, kennotermiinalilta painonapilla tai kaukokäyttö SCADA:sta. Paikallisesti ohjattaessa katkaisijan painonapilla tulee katkaisijan jousi virittää käsin ennen kytkentää. Kennotermiinalilta ohjattaessa termiinalista valitaan paikalliskäyttö aktiiviseksi, jotta ohjaus voidaan suorittaa.



Kuvio 12. ABB:n tyhjiökatkaisija malliltaan VD 4 edestäpäin



Kuvio 13. ABB:n tyhjiökatkaisija malliltaan VD 4 takaapäin

Katkaisija sijaitsee kojeistossa (kuvio 14), joka tässä tapauksessa on ABB:n UniGear-kojeisto. Kojeisto on 2-kiskojärjestelmäinen, jossa eristeenä toimii ilma. Kojeistossa on 26 kennoa, jotka on jaettuna kahteen riviin. Kumpaankin kennoriviin syöttää pääsääntöisesti oma muuntaja ja kiskostot ovat yhdistettävissä kiskokatkaisijalla. Kaikkia 26 kennoa kohden on kaksi kiskoerotinta, joilla kytkettävä kisko voidaan valita ja/tai vaihtaa ilman keskeytystä.



Kuvio 14. ABB UniGear -kojeisto

Sähköasemalla on omakäyttöä varten jakelumuuntaja. Muuntajan nimellisteho on 50 kVA. Omakäyttö muuntaja on sijoitettu omaa erilliseen ulkopuolelta kuljettavaan tilaan.

Maasulkuvirran kompensointiin on käytössä laitteisto, joka koostuu kuristimesta, säätäjästä ja maadoitusmuuntajasta.

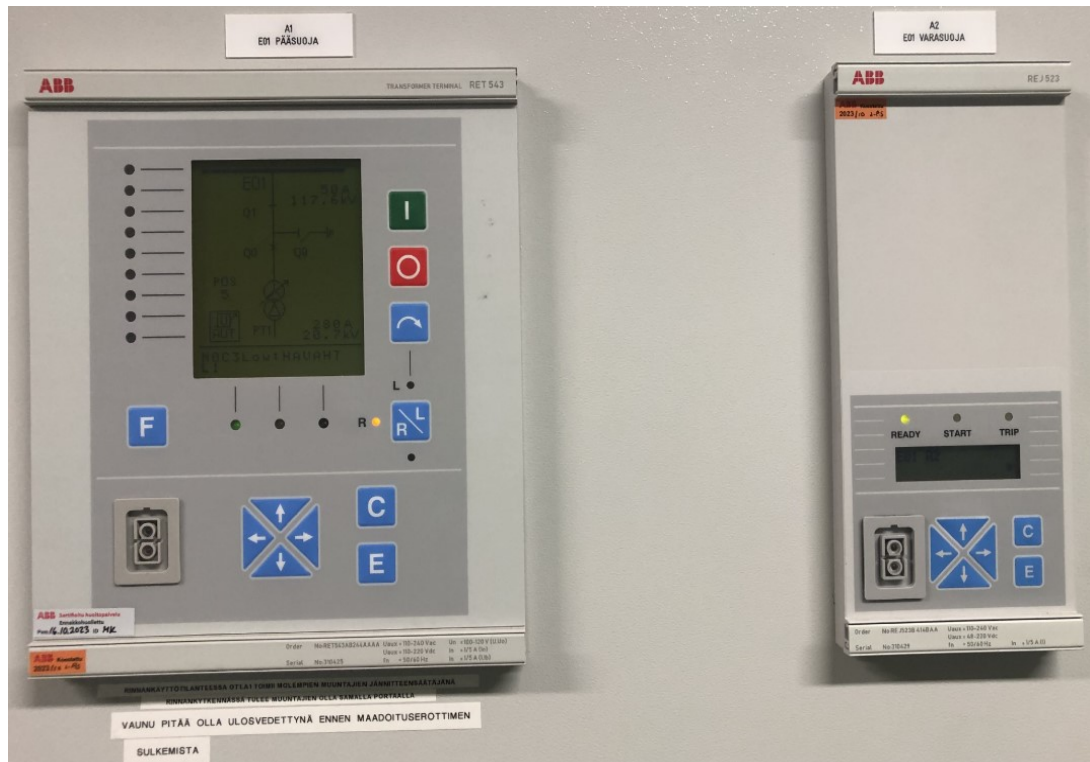
Loistehon kompensointiin on käytössä reaktori eli rinnakkaiskuristin, jolla poistetaan maakaapeleiden tuottamaa kapasitiivista loistehoa keskijänniteverkon kautta. Reaktorissa on väliottokytkimellä säädettävä kolmiasentoinen tehonsäätö, jota käytetään tarvittaessa sääolojen muuttaessa kuormituksen laatua.

### 5.1.3 Suojaukset

Sähköverkon vioilta ei voida kokonaan välttyä vaan niitä voidaan ehkäistä ja niihin varaudutaan esimerkiksi relesuojauksella. Suojauksella ei voida estää vikoja vaan sillä pyritään poistamaan viat mahdollisimman nopeasti ja vikojen sattuessa pyritään rajoittamaan niiden aiheuttamat vahingot pieniksi ja käyttökeskeytyksetlyhyiksi. Nykyään käytössä on numeerisia eli ohjelmointipohjaisia releitä, joiden asettelumahdollisuudet ovat hyvin monipuoliset ja ne ovat digitaalisesti luettavissa ja usein digitaalisesti myös aseteltavissa. Numeeriset releet ovat monipuolisia ja nykyaikaisia. (Elovaara & Haarla 2011, 335–336.)

Sähköasemalla keskijännite- ja suurjännitelaitteita suojataan relesuojauksella. Omakäytön ja tasasähkön osalta suojaukset ovat johdonsuoja-automaatteja ja sulakesuojauksia. Varmennetun relesuojauksen lisäksi muuntajan suojaukseen on käytössä öljyn pinnankorkeutta, lämpötilaa ja kaasua mittaavia suojalaitteita.

Päämuuntajan pääsuojana on ABB:n RET 543 -muuntajaterminaali (kuvio 15), jonka lisäksi varasuojana ABB:n REJ 532 -ylivirtasuoja ja keskijännitekojeiston pääsyötön kennossa valokaarisuoja ABB:n REA 101. RET 543 -muuntajaterminaalin konfiguraatioista on käytössä ylivirtasuoja, maasulkusuoja ja erovirtasuoja. RET 543 saa mittaustietonsa 110 kV:n ja 20 kV:n mittamuuntajilta. RET 543- ja REJ 532 -releiden lisäksi käämikytkimen painereleellä, muuntajan kaasureleellä ja valokaarisuojalla on hälytystiedon lisäksi laukaisu 110 kV:n katkaisijalle. Muuntajan öljyn lämmöstä ja käämin lämmöstä on hälytystieto, jonka lisäksi laukaisu keskijännitekojeistoon muuntajan katkaisijalle. Muuntajan öljykorkeudesta on hälytystieto.



Kuvio 15. ABB RET 543 -muuntajasuoja ja REJ 523 -ylivirtasuoja

Keskijännitekojeistossa on jokaisessa kennossa ABB:n REF 543 - kennoterminaali ja päämuuntajien kennossa lisänä valokaarisuoja ABB REA 101 ja varasuojana ylivirtasuoja REJ 523 (kuvio 16).



Kuvio 16. ABB REA 101 -valokaarisuoja, REF 543 -syötönsuoja ja REJ 523 -ylivirtasuojaja

Sähköaseman relesuojaukset toimivat 110 V:n tasajännitteellä, joka on akkuvarmennettu kahdella akustolla. Kyseisen sähköaseman tasasähkökeskusta voidaan syöttää tarvittaessa yhdellä akustolla esimerkiksi akkujen vaihdon yhteydessä. Molemmille akustoille on oma tasasuuntaaja (kuvio 17). Sähköaseman varavalo järjestelmä toimii tasasähköllä. Tasasähkökeskuksen suojalaitteina toimivat gG -tyypin kahvasulakkeet.



Kuvio 17. Sähköaseman tasasähkökeskuksen 110 VDC -tasasuuntaajat

Sähköaseman suojalaitteiden tapahtumat siirretään valokuituyhteydellä kaukokäyttö SCADAan ja hälytykset yhtiön varallaolijan käytössä olevaan puhelimeen. Sähköasemalla hälytystauluna toimii SACO -hälytyskeskukseen.

Sähköaseman lämmitystä, valaistusta ja ilmanvaihtoa varten on omakäyttökeskus, jota syötetään omakäyttömuuntajalla. Omakäyttökeskuksen suojoina toimivat johdonsuoja-automaatit.

## 5.2 Jakelumuuntamot

Pienjänniteverkkoa syöttävällä muuntamolla muunnetaan suurempi jännite pienemmäksi. Suomessa yleensä 20 kV:n keskijännite muunnetaan 400 V:n pienjännitteeksi. Muuntamoita rakennetaan, kun sähköistetään uudisrakennusaluetta tai saneerataan vanhaa sähköverkkoa. Muuntamon saneeraus uudeksi johtuu yleensä muuntamossa sijaitsevien laitteiden käyttöiästä ja elinkaaren loppumisesta. Muuntamon uusiminen on yksi keino



parantaa sähkönjakelun varmuutta. Jakelumuuntamo koostuu keskijännitekiskostosta, yhdestä tai useammasta jakelumuuntajasta, keskijännite erotin tai katkaisija laitteista ja suojalaitteista, pienjännitekeskuksesta ja yleensä sen omakäyttöosasta. (Näätsaari 2024.)

Jakelumuuntamoina käytetään pylväs-, puisto- ja kiinteistömuuntamoita. Pylväsmuuntamoita on käytössä lähinnä maaseudun harvaan asutuilla alueilla. Pylväsmuuntamot soveltuvat pienille enintään 315 kVA:n muuntajille. Taajamaverkossa jakelumuuntamo toimii usein keskijännitekaapelirenkaan osana. Lähdöt on varustettu katkaisijoilla tai erottimilla. Kiinteistö- ja puistomuuntamot ovat yleisiä taajamissa. Muuntamoiden nimellistehot ovat yleensä 1000 kVA:n luokkaa. Pienjänniteverkon vika- ja ylikuormitus suojaus hoidetaan jakelumuuntamoilla. Suomessa jokainen pienjännitelähtö varustetaan sulakkeella. (Lakervi & Partanen 2009, 157–158.)

Puistomuuntamoihin kytkeydytään maakaapeleilla. Puistomuuntamot ovat tehdasvalmisteisia ja yleensä kalustettuja kokonaisuuksia. Tehdasvalmisteisen kokonaisuuden sisään on asennettu jakelumuuntaja ja kytkinlaitteet. Puistomuuntamossa käytetään keskijännitekojeistona tyypillisesti ilmaeristeistä tai SF<sub>6</sub>-eristeistä kojeistoa. SF<sub>6</sub>-eristeiset kojeistot ovat korkeussuunnassa noin puolet ja pituussuunnassa noin kolmasosan pienempiä ilmaeristeisiin nähden. (Elovaara & Haarla 2011, 122–126.)



Kuvio 18. Finnkumun valmistama puistomuuntamo

#### 5.2.1 20 kV:n laitteet

Puistomuuntamossa keskijännitelaitteita ovat katkaisijat, erottimet, varokekuormaerottimet ja muuntaja. Iso osa muuntoasemista on varustettu kolmella kuormaerottimella ja yhdellä varokekuormaerottimella. Toinen yleinen malli on SF<sub>6</sub> -kaasulla eristetty kojeisto, jossa on neljä kuormaerotinta ja yksi varokekuormaerotin. Varokekuormaerotinta käytetään muuntajan suojana. Oikein asennettuna keskijännite sulake palaessaan laukaisee varokekuormaerottimen ja katkaisee muuntajan syötön. Kuviossa 19 ilmaeristeinen kuormaerotin ja kuviossa 20 SF<sub>6</sub> -kaasulla eristetty keskijännitekojeisto.



Kuvio 19. Kuormaerotin ABB mallia NAL 24



Kuvio 20. Siemens SF<sub>6</sub> -kaasulla eristetty keskijännitekojeisto

Ilmajohtorakenteisessa keskijänniteverkossa yleisimmät erottimet ovat sammutuskammiollinen erotin ja piiskaerotin. Sammutuskammiollisessa erottimessa valokaari sammutetaan sammutuskammion tyhjiössä ja piiskaerottimessa virittyneen tangon piiskamainen nopea liike sammuttaa valokaaren, tällöin väliaineena toimii ilma. Jakeluverkossa muuntajat ovat kytkentä ryhmältään Dyn11

missä

D	on	Ensiöpuolen käämit on kytketty kolmioon
y	on	Toisiopuolen käämit on kytketty tähteen
n	on	Toisiopuolen tähtipiste on tuotu muuntajan kannelle
11	on	vektoriryhmännumeroa, jolla yläjännitepuolen saman vaiheen jännite on 30 asteen siirtokulmaerossa alajännitepuolen vastaavaan vaiheeseen.

### 5.2.2 Pienjännitelaitteet

Puistomuuntamossa pienjännitelaitteet sijaitsevat yhtenäisessä tilassa yleensä puistomuuntamon päässä tai kiinteistömuuntamossa samaan keskukseen sijoitettuna. PJ -laitteisiin kuuluvat virtamuuntajat, tehomittari, kiskosto, pääkytkin, varokekytkimet ja omakäyttökeskus, jossa on suojaukset omakäytön pistorasioille, valaistukselle ja tehomittarille. Tehomittauksella seurataan muuntajan kuormitusta, jotta välttyttäisiin muuntajan liialliselta ylikuormittamiselta. Varokekytkimiltä sähköä siirretään jakeluverkkoon yleisimmin katujakokaappiin. Kenven jakeluverkossa muuntoaseman PJ -keskukselta suoraa sähkönsyöttöä asiakkaalle on pyritty välttämään mahdollisten huollosta johtuvien sähkökatkojen vuoksi. Kuviossa 21 esimerkki puistomuuntamon PJ -keskuksesta.



Kuvio 21. Esimerkkikuva muuntoaseman PJ -keskuksesta

### 5.3 Pienjännitejakeluverkko

Pienjänniteverkko koostuu osin jakokeskuksista eli katujakokaapeista, kuten kuviossa 22. Katujakokaapissa kaapeleita suojataan yleisesti gG -tyypin kahvasulakkeilla. Runkokaapelointia pyritään rakentamaan rengasmaiseksi verkoksi ja käyttämään runkokaapeleiden molempien päiden kytkennöissä varokekytkintä, jonka tarkoituksena on helpottaa huollosta, käytöstä ja kaapelin vikaantumisesta aiheutuvaa sähköjakelukeskeytystä. Kuluttajien sähköliittymiä syöttävä energia kulkee katujakokaapin kautta. Yleensä asiakasta syöttävän kaapelin oikosulkusuojaus sijaitsee katujakokaapin varokkeella ja ylivirta suojaus asiakkaan pääsulakkeilla. Sähköliittymien sähkönkulutusta seurataan kWh -mittarilla, jotka on yleensä sijoitettu asiakkaan sähkökeskukseen.



Kuvio 22. ABB:n valmistama katujakokaappi tyypiltään MJS

## 6 SÄHKÖNJAKELUVERKON HUOLTO KEMIN ENERGIAN VERKOSSA

Sähköverkon komponenttien kunnossapitoon vaikuttavat useat muuttujat. Kunnossapidon intensiteetin määrittämisessä on otettava huomioon mm. käyttöpaikka, ilmastolliset olosuhteet, käytön tyyppi, laitteen ikä ja tyyppi. Sähköverkon laitteiden rasitusolosuhteita ei yleensä voida arvioida kovinkaan tarkasti. Ennakoinnin vaikeuteen vaikuttavat esimerkiksi laitteiden satunnaiset valmistuksen epätasalaadusta johtuvat tyyppiviat, jotka voivat aiheuttaa ilmastollisesta rasitteesta aiheutuvan epäkunnon. (Aro, Elovaara, Karttunen, Nousiainen & Palva 2003.)

Kenven sähköjakeluverkossa kunnossapito ja huolto perustuu tarkastuksiin, ennakoivaan huoltoon, tarkastuksissa havaittujen puutteiden ja äkillisten vikojen korjaukseen sekä perusparannusluonteisiin kunnossapitotoimiin.

Käyttöönottotarkastus tehdään kaikille verkonosille aina otettaessa käyttöön uusi asennus, asennuksen muutos tai laajennus. Vuoden aikana rakennetulle sähköverkolle tehdään valtuutetun tarkastajan toimesta varmennustarkastus seuraavan kalenterivuoden loppuun mennessä.

Verkkokomponenttien kuntotarkastukset ja ennakoiva huolto voivat olla aika- tai luotettavuusperusteisia. Aikaperusteinen kunnossapitotoimi tapahtuu määräajoin kun taas luotettavuusperusteinen kunnossapitotoimi määräytyy kyseessä olevan komponentin vikaantumishistorian perusteella. Kunnossapito on pääosin aikaperusteista. (Kemin Energia ja Veso Oy 2022b.)

Käyttöönottotarkastuksissa suojajohtimenjatkuvuus tarkastetaan silmukkaimpedanssimittauksella. Eristysvastusmittauksissa PJ -verkossa käytetään 500 VDC -mittausta ja KJ -verkossa vähintään 1000 VDC, mutta yleensä 5 kVDC -mittausjännitettä. Muuntoasemien maadoitusmittauksissa käytetään käännepistemenetelmää. Käännepistemenetelmällä käytetään maahan upotettavia maapiikkejä mittauksessa, mikä rajoittaa mittausten ajankohtaa sulan maan aikaan.

## 6.1 Sähköasemat

Kenvellä pyritään noudattamaan sähköasemien huollossa kuukausi periaatetta, jossa käydään läpi asemaa ympäröivän aidan, aseman alueella sijaitsevien rakennusten, lukitukset, muuntaja bunkkereiden, muuntajien, mittamuuntimien ja kytkinkentän kunto silmämääräisesti. Suurjännitekatkaisijoista tarkastetaan kaasunpaine, muuntajista käämikytkimien käyttölaskurien lukemat, öljyn ja käämin lämmöt ja nämä kirjataan kansioon seurantaan varten. Muuntajan ilmankuivaimen silicageelit vaihdetaan silloin, kun kuivaimessa 1/3 osaa on geelin alkuperäisessä värissä. Maasulkuvirran kompensointilaitteistoista tarkastetaan yleinen siisteys, valaistus, öljyvuodot sekä ilmankuivaimet.

Rakennuksen sisällä tarkastetaan silmämääräisesti yleinen siisteys, valaistus, akkuhuoneen ilmanvaihto ja omakäyttömuuntajan kunto silmämääräisesti. Ohimenevät maasulut kirjataan kansioon seurantaan, kuten myös tasasähkösuuntaajien jännitteet ja virrat Kennoterminaaleista ja SACO -hälytyskeskuksesta, kuvio 23, tarkastetaan hälytykset, kirjataan ne ylös ja resetoidaan hälytyskeskukselta.





Kuvio 23. SJ -kentän kennotermiini ja SACO -hälytyskeskus

Lähtökohtaisesti kaikki yhtiön 110 kV verkon tarkastus ja huoltotyöt teetetään asiaan erikoistuneilla urakoitsijoilla. 110 kV linjan maastotarkastus tehdään vuosittain kävelemällä linja Takajärveltä Syväkankaalle. Maastotarkastuksessa otetaan huomioon johtorakenteiden ja pylväiden lisäksi aluskasvillisuus ja johtoalueen käyttö. Haruskorroosiotarkastuksia tehdään pistokokeittain 20 vuoden välein. Maadoitusmittaukset ja vaarajänniteselvitykset 12 vuoden välein. Sähköasemien maadoitusimpedanssi ja maadoitusverkon eheys todennetaan mittaamalla voltti-ampeeri menetelmällä 12 vuoden välein.

Sähköaseman SJ -laitteiden valmistajien asettamat huoltovälit ovat usein melko pitkiä ja perustuvat laitteiden käyttökerrojen määrään ja aika käyttöikänsä.

#### 6.1.1 Erottimet

Hapam -kiertoerottimien ja moottorisoitujen ohjainten kerrotaan olevan lähes huoltovapaita. Kuitenkin luotettavan toiminnan varmistamiseksi kaikissa olosuhteissa suositellaan laitteiden tarkastusta joka viides vuosi tai ainakin 1000

ohjauksen jälkeen. Mikäli laitteiden tarkastusta ei voida tehdä säännöllisesti, on suositeltavaa ohjata ohjainta, erotinta ja maadoitusveitsiä aina kun se on mahdollista, jolloin koskettimien ja nivelten toiminta säilyy hyvänä. Kenven SJ -erottimia käytetään keskimäärin 10 kertaa vuodessa ja mahdollisuuksien mukaan suoritetaan puhdistus ja rasvaushuolto. Aseman kuukausitarkastuksen yhteydessä suoritetaan silmämääräinen tarkastus eristimille ja kuivausvastusten toiminta.

### 6.1.2 Mittamuuntimet

SJ -mittamuuntimet ovat huoltovapaita. Silmämääräisiä tarkastuksia tehdään asemakierroksen yhteydessä eristimien eheyden, öljynkorkeuden ja mahdollisten vuotojen varalta. Mittamuuntimet puhdistetaan kytkinkentän ollessa jännitteettömänä.

### 6.1.3 Katkaisijat

Siemens SJ -katkaisijalle valmistaja määrittää tarkastusväliksi aikavälin 12 vuotta tai 3000 mekaanista käyttökertaa. Huoltoväliksi aikavälin 25 vuotta tai 6000 mekaanista käyttökertaa. Tarkastuksessa suoritetaan kaasuntiheysvalvojan toiminta, lämmitysvastukset, auki ohjauspiirin toiminta, kiinni ohjauseston toiminta, SF<sub>6</sub> / CF<sub>4</sub> -lukituksen toiminnan koestaminen, pumppauksen estotoiminnan tarkastaminen, ohjaimet, yleinen silmämääräinen tarkastus ja ruostesuojaus. Tarkastushuollossa kaasutiloja ei avata.

25 vuoden huollossa katkaisijan kaikki kaasutilat avataan, joten kaasut poistetaan, ylempi kosketintuki avataan, kosketinjärjestelmä tarkastetaan, painenanometri tarkastetaan, kaasun tiheysvalvojan toiminta ja toimintarajat tarkastetaan, ohjaimet tarkastetaan, sähköiset liittynät tarkastetaan, lämmitysvastukset tarkastetaan, SF<sub>6</sub> / CF<sub>4</sub> -lukituksen toiminta koestetaan, auki ohjauspiirin toiminta ja kiinniohjauksen esto tarkastetaan, pumppauksen estotoiminta tarkastetaan, SF<sub>6</sub> / CF<sub>4</sub> -kaasun kosteuspitoisuus mitataan, SF<sub>6</sub> -pitoisuus mitataan, ruostesuojaus tarkastetaan, joiden lisäksi kaikki kosketinjärjestelmät huolletaan tai uusitaan tarpeen mukaan ja kaikki kasataan uusia tiivisteitä ja suodattimia käyttäen ennen katkaisijan täyttöä eristekaasulla. Kenven kunnossapidossa KJ -katkaisijat huollatetaan maksimissaan 10 vuoden

välein, mutta viimeaikaisen pandemian myötä Syväkankaan SJ -katkaisija huolto on venynyt 14 vuotiseksi.

#### 6.1.4 Tehomuuntajat

Tehomuuntajien ns. suuren huollon huoltoväli on noin 25 vuotta. Tehomuuntajasta otetaan kuitenkin öljynäytteitä tänä aikana, joista analysoidaan öljyssä olevia ja eristepapereita heikentäviä epäpuhtauksia. Erilaiset muuntajaviat tuottavat vikakaasuja mm. vetyä, metaania, etaania, etyleeniä ja asetyleenia, joiden analysoinnilla voidaan pitkälti määrittellä muuntajan kuntoa ja toimintavarmuutta. Tehomuuntajan käämikytkin huollatetaan 5 vuoden välein. Käämikytkimen öljy on omassa säiliössä muuntaja öljystä, mikä estää muuntajan käämikytkimen käytöstä syntyvän hiilen sotkemasta muuntajan eristeitä. Huollon yhteydessä käämikytkimen öljyä vaihdetaan noin 180 kg ja käytössä ollut öljy suodatetaan takaisin pumpattaessa. Käämikytkimen koskettimet puhdistetaan ja kytkintä ajetaan ääriasentoon, jolloin voidaan varmistua käämikytkimen toiminnasta ja samalla varmistua kaukokäyttöyhteyden osoitintietojen toiminnasta. Käämikytkinhuollon yhteydessä testataan muuntajan suojalaitteet, kaasureleen ja öljynlämpöreleen toiminta, sekä hälytykset laukaisut. Kuviossa 24 Syväkankaan päämuuntaja 1 käämikytkimen kansi avattuna.



Kuvio 24. Tehomuuntajan käämikytkimen kansi avattuna huollon yhteydessä

#### 6.1.5 Keskijännitekatkaisijat

Sähköaseman katkaisijat ovat tyhjiökatkaisijoita ja katkaisijahuollot tilataan ostopalveluna. ABB:n VD 4 -tyhjiökatkaisijoiden oletettu käyttöikä on enintään 30 000 käyttökertaa. Oikeinsuoritetuilla siirroilla ulos- ja sisäänvetoja kennoon voidaan suorittaa enintään 1000 kappaletta. VD 4 -katkaisijoiden asennus ja käyttöohjeissa kerrotaan laukaisukytkimen ja energiaa keräävän jousiohjainmekanismin ajalliseksi huoltoväliksi vähintään 5 vuotta tai 5000 käyttökertaa. Syväkankaan sähköaseman katkaisijoiden käyttökerrat 14 vuoden ajalta on 55–200. Katkaisijahuollossa katkaisija erotetaan jakelusta huoltopöydälle. Katkaisijan jousiviritys puretaan ohjausnapista ja katkaisijan etusuoja poistetaan katkaisijan koneistolle suorittavaa mekaanista puhdistusta ja rasvausta varten. Katkaisijan tyhjiöpilarit puhdistetaan ulkopuolelta pölystä ja liasta. Katkaisijalle suoritetaan muutama kytkentä mekaanisesti jousi virittäen. Katkaisijan huollossa käytetään Omicron Cibano 500 -mittauslaitetta, mikä mahdollistaa yhdellä kytkennällä pilareiden ylimenovastuksen, moottorinkelan

kytkentä- ja laukaisuvirran sekä kytkentä- ja laukaisuajan mittauksen, moottorinkelan vetoherkkyyden jännitettä portaittain nostaen kytkennälle ja laukaisulle. Katkaisijan tyhjiölle suoritetaan tyhjiötesti katkaisijan ollessa auki huoltoasennossa. Tyhjiötestissä Vidar (Vacuum Interrupter Tester) testilaitteella syötetään katkaisijan kytkentäpäihin valmistajan ohjeistama jännite, joka 24 kV:n nimellisjännitteellä on 60 kV DC -jännite. Alla kuviossa 25 VD 4 -katkaisija etulevy poistettuna huollossa, kuviossa 26 Omicron Cibano 500 -mittalaitteen mittajohtimet kytkettynä katkaisijan kytkentä koskettimiin ja kuviossa 27 Meggerin valmistama Vidar -tyhjiöntiiveys testilaite. (ABB 2018.)



Kuvio 25. VD 4 -tyhjiökatkaisija etulevy poistettuna huollossa



Kuvio 26. Omicron Cibano 500 -mittajohtimet kytkettynä ylijännitteenmittausta varten



Kuvio 27. Meggerin valmistama tyhjiötiivestesteri mallia Vidar

Kenven huolto- ja kunnossapitosuunnitelmassa on kerrottu keskijännitekatkaisijoiden huoltoväliksi maksimissaan 10 vuotta. Viimeaikaisen pandemian myötä huoltoväli on venähtänyt 14 vuoteen. Viimeisessä huollossa huollettiin 26 katkaisijaa, mistä kolmessa oli rasvauksen likaisuudesta johtuvaa mekaanista vikaa ja yhden katkaisijan siirtotelakassa mekaaninen vika, joka estää katkaisijan käytön, koska kojeisto ei tunnista katkaisijan paikoillaan oloa.

#### 6.1.6 Suojareleet

REF kennotermiinalin teknisessä ohjeessa huollosta ja ylläpidosta kerrotaan: *”Kennotermiinalin toimiessa teknisissä tiedoissa määritellyissä ympäristöolosuhteissa laite ei käytännössä vaadi huoltoa. Kennotermiinali ei sisällä osia tai komponentteja, jotka ovat alttiita mekaaniselle tai sähköiselle kulumiselle normaaleissa käyttöolosuhteissa.”*

Suojareleiden määräaikaistestaukset tehdään toisiokokeina, lisäksi jokaisen releen laukaisutoiminto testataan katkaisijan laukaisulla katkaisijan ollessa huoltotilassa. Kenven huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaisesti itsevalvovat

suojareleet koestetaan 6 vuoden välein. Syväkankaan sähköasemalla kaikki suojareleet on koestettu 2023 ja samalla kennotermiinaaleihin on tehty ennakkohuoltona virtalähdekorttien vaihto.

## 6.2 Keskijänniteverkko

Keskijänniteverkossa tarkastukset ja huollot kohdistuvat ilmajohtoverkkoon ja muuntamoihin. Tarkastukset suoritetaan linjojen ja muuntamoiden ollessa jännitteisiä ja huollot jännitteettöminä. Muuntamoita on pääasiassa kolmea erilaista, pylväsmuuntamo, puistomuuntamo ja kiinteistömuuntamo. Kiinteistömuuntamot ja osa puistomuuntamoista on sisältä ohjattavia. Pylväsmuuntamot ja ilmajohtoverkon erottimet ovat ulkoa ohjattavia, eivätkä sisällä etäohjauslaitteita Kenven verkossa.

Keskijänniteilmajohdot ovat teräsvahvistettuja alumiinijohtoja. Johdon ydin on teräslankaa ja sen päällä on alumiiniset säikeet. Johdon rakenne on suunniteltu kestämään hyvin erilaisia luonnonilmiöitä ja sää olosuhteita.

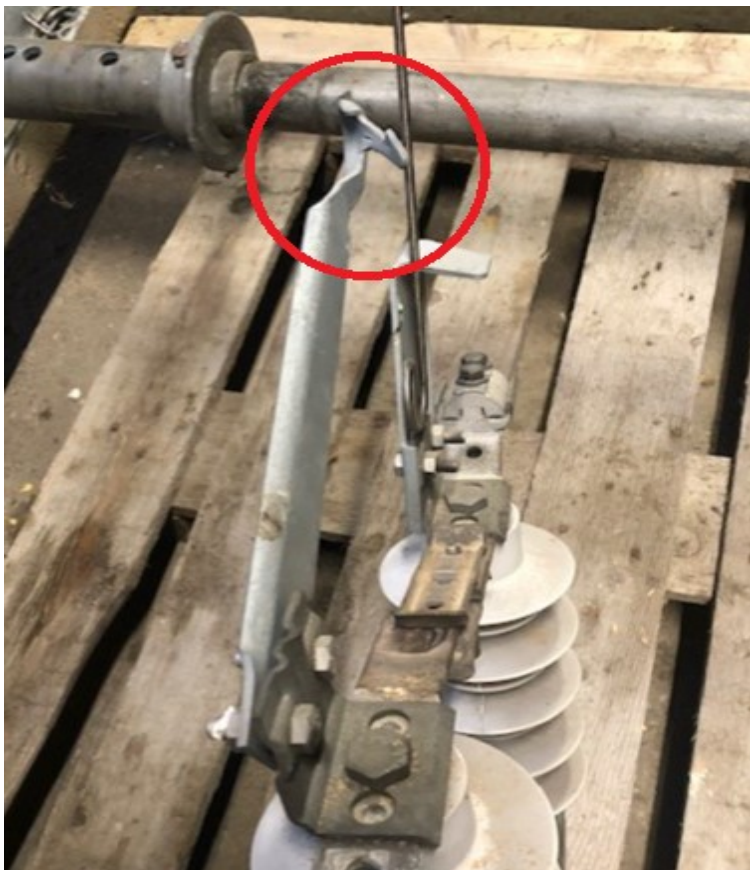
### 6.2.1 Ilmajohtoverkko

Ilmajohtoverkossa tarkastetaan silmämääräisesti pylväiden kunto, harukset, hengenvaarakyltit, maalangan kiinnitys, orsien kiinnitys pylvääseen, eristimien kunto, lankojen kiinnitykset eristimiin, lankojen kunto, lankojen kireys ja linjan raivaustarve. Ilmajohtoverkkoa ei erikseen huolleta lukuun ottamatta tarkastuksissa havaittuja vikoja.

Pylväsmuuntamoiden yhteydessä on yleensä aina muuntajaerotin, jolloin pylväsmuuntamon ja erottimien tarkastus on lähes sama. Ilmajohtoverkon erottimien ja pylväsmuuntamoiden tarkastuksessa tarkastetaan silmämääräisesti erottimen ja muuntamon tunnus, hengenvaarakyltit, erottimen kiinnitys pylvääseen/ pylväisiin, maalangan kiinnitys, maadoitusten kunto, ohjaintangon eristin, ohjaimen kiinnitys ja maadoitus, eläinsuojat, valokaaren sammutus piiskojen tai sammutus kammioiden kunto ja erottimen lukitus. Sammutuskammiollisesta erottimesta ja muuntajasta tarkastetaan mahdolliset öljyvuodot. Erottimen ollessa kiinni tarkastetaan koskettimien hyvä kontakti ja valokaaren sammutus piiskojen oikea sijainti. Koskettimien hyvällä kontaktilla



varmistetaan virran oikeasta kulku reitistä. Jos kosketinkärjet eivät ole hyvässä kontaktissa keskenään virtatie kulkee sammutuspiiskan kautta, jolloin koskettimien kytkentäpintoihin muodostuu epätasaisuutta ja samalla sammutuspiiskat kuluvat. Kuviossa 28 esimerkki viallisesta sammutuspiiskan kytkennästä.



Kuvio 28. ABB NPS 24 -erottimen sammutuspiiskan viallisesta kytkentäasennosta, mikä on korostettu punaisella

Huollossa koskettimet puhdistetaan ja rasvataan, sammutus piiskojen toiminta varmistetaan sulkemalla ja avaamalla erotinta ja tarvittaessa säädetään. Liitokset kiritään ja eristimet puhdistetaan.

Kenven huolto- ja kunnossapitosuunnitelmassa tarkastus- ja huoltovälit ovat viisi vuotta. Ilmajohdot raivataan kuuden vuoden välein ja samalla tehdään reunapuiden poisto. Raivaukset on tehty viimeksi 2023 ja seuraava raivauskierros on 2029. Pylväsmuuntamoita ja erottimia huolletaan yleensä jakelukeskeytyksien aikaan.

### 6.2.2 Maakaapeliverkko

Puistomuuntamoiden tarkastuksessa tarkastetaan muuntamon yleinen siisteys, hengenvaarakylyt, ovien lukitukset, muuntamon kennojen tai huoltotilojen valaistus ja muuntamon osoitekylyt ja numerointi. Muuntamon kennotilasta erottimien kosketinpintojen kunto, eristimien, muuntajan ja päätteiden likaisuusaste.

Muuntamon pienjännitekeskuksesta tarkastetaan sulakemerkinnät, lähtöjen merkinnät, kosteuseristeet, liitokset, ensiapuohjeet, työskentelysuojat ja erottimen ohjauskampi.

Puistomuuntamoiden huollot suoritetaan jännitteettömänä. PJ -keskukseen pääkytkimen alapuoli on yleensä jännitteinen ja kiskostoa käytetään jakopisteenä. Huollossa muuntajan kansi ja eristimet puhdistetaan ja liitokset kiristetään. Erottimet huolletaan puhdistamalla ja koskettimet rasvaamalla. Kaapelipäätteet, kiskot ja tukieristimet puhdistetaan. Muuntajanvarokekuormaerottimen laukaisutoiminto testataan ja varmistetaan SJ -sulakkeiden oikea asennus laukaisua varten. Erottimien ohjaimet puhdistetaan, tarkastetaan ja rasvataan tarpeen mukaan.

Puistomuuntamoille ja kiinteistömuuntamoille suoritetaan lämpökuvauksia talviaikaan. Kaapeleiden käyttöönoton yhteydessä on suoritettu tarvittavat mittaukset ja jännitetesti ennen kaapelin varsinaista käyttöönottoa. Kenven huolto- ja kunnossapito-ohjelmassa muuntamot huolletaan viiden vuoden välein. Asiakasmuuntamoiden liittymiskaapelit huolletaan myös viiden vuoden välein.

### 6.3 Pienjänniteverkko

Pienjänniteverkossa huollot ja tarkastukset keskittyvät ilmajohtoihin ja katujakokaappeihin. Maakaapeleiden käyttöönottotarkastuksessa on tehty tarvittavat mittaukset kaapeleiden kunnan varmistamiseksi.

Ilmajohdoissa tarkastetaan silmämääräisesti pylvään kunto, raivaustarve, johdon kannatin, liittimien kotelointi, varokkeiden kosketussuojaus, varokkeiden sulakekoko ja ilmajohdon merkintä niillä pylväillä, missä syöttökaapeli on kytketty.

Yhteiskäyttöpylväillä tulee olla keltainen varoitusnauha varoittamassa jännitteisistä johdoista.

Katujakokaapeilla tarkastetaan ulkopuolelta yleinen kunto, kaapin kallistuma, korroosio, merkkipaalu ja lukituksen toimivuus. Kaapin sisältä varokkeiden silmämääräinen tarkastus, PEN -johtimien silmämääräinen tarkastus, osoitteet ja sulakemerkinnät. Katujakokaappeja tarkastetaan pääasiassa isompien kuormitusten aikaan ja samalla suoritetaan lämpökuvaukset liittoksille. Lämpökuvauksen suorittaa omat asentajat. Lämmenneistä liitoksista otetaan kuva, mitä analysoidaan käyttöinsinöörin toimesta.

Kenven huolto- ja kunnossapito-ohjelmassa jakokaapit tarkastetaan viiden vuoden välein. Katujakokaappien tarkastuksessa kaappeja tarkastetaan yleensä alueittain ja talviaikaan.

## 7 YLEISIMMÄT VIAT KEMIN ENERGIAN VERKOSSA

Tähän osioon on koottu kokemuserusteisesti useampien vuosien ajalta Kenven sähköjakeluverkossa tapahtuneita vikoja. Osa kuvioista on yhtiön sisäisestä intrasta ja osa itse kuvaamia kohteita. Sähköjakeluverkossa tapahtuva vika johtaa lähes aina sähköjakelun keskeytykseen. Sähköverkkoa parannettaessa olisi hyvä olla purettavista verkon komponenteista ja niiden saatavuudesta tietoa ja mahdollisuuksien mukaan varastoida joitain käytettyjä komponentteja mahdollisten varaosatarpeiden täyttämiseksi. Hyväkuntoisella käytetyllä komponentilla voi olla ratkaiseva merkitys sähköjakelukeskeytyksen kestoon.

Sähköjakeluverkon vikaantuminen voi aiheutua esimerkiksi sääolosuhteista, eläimistä, löysästä liitoksesta, liikenteen aiheuttamasta tärinästä tai materiaalin haurastumisesta. Ilmajohtoverkko on vikaherkempi sääolosuhteille ja eläimille. Vastaavasti ilmajohtoverkon viat löytyvät visuaalisesti helpommin.

### 7.1 Keskijänniteverkko

Keskijänniteverkon yleisin uusimisen syy on linjojen tai laitteiden ikä. Ilmajohtoverkon komponenteista säästetään muuntaja, jos se ei vielä ole kovinkaan vanha. Taso- tai kolmio-orret otetaan talteen, mutta niiden eristimet uusitaan ennen uudelleenkäyttöä. Kenven jakeluverkossa KJ -ilmajohtoverkon yleisimmät viat ovat johtuneet pieneläimistä muuntajan kannella tai eristinvauriosta linjassa.

Pieneläimet, joista yleisimpänä oravat, aiheuttavat oikosulun muuntajan napojen välillä tai maasulun muuntajan navan ja maadoitetun muuntajan kannen välillä. Tämä voi aiheuttaa eristimen halkeamisen, mikä johtaa muuntajan paisuntasäiliöisessä muuntajassa sisäiseen oikosulkuun muuntajan eristeenä toimivan öljyn valuessa pois muuntajasta tai hermeettisesti suljetussa muuntajassa ilman päästessä muuntajan sisään. Pieneläinten aiheuttamat muuntajavauriot ovat vähentyneen, kun pylväsmuuntajalta lähtevät riippukierrekaapelit on korvattu ensimmäisen pylväsvälin osalta maakaapeloinnilla. Muuntajan KJ -navat suojataan aina lintusuojasarjalla.

Keskijännite ilmajohtojen eristimissä on havaittu vikoja, jotka johtuvat erään valmistajan tuotteesta, Ensto SDI 37 -tukieristimestä. Viallisten eristimien ongelmat on haarukoitu koskemaan vuosia 2008-2010. Eristin halkeaa ja aiheuttaa maavuodon pylvästä pitkin maalankaan tai maahan. Maalangan kiinnitys pylvääseen muodostaa galvaanisen yhteyden puuhun ja ajansaatossa pylväs palaa poikki maadoituslangan kohdalta. Toinen eristimen halkeamiseen johtava vika voi aiheutua puun kaatuessa linjaan, minkä voimasta huippu-uraan sidottu teräsvahvisteinen lanka voi halkaista eristimen. Kokemuksen perusteella Fluken valmistamalla 1 AC II VoltAlert -jännitteenkoettimella voi paikantaa pylvään, missä on viallinen eristin asettamalla jännitteenkoettimen pylvään kylkeen. Kuviossa 29 ja 30 esimerkit lähes poikki palaneesta pylvästä. Kuvio 31 rikkoutuneesta SDI 37 -eristimestä.



Kuvio 29. Eristinvaurioinen pylväs melkein poikki palaneena



Kuvio 30. SD 37 -eristimellä varustettu taso-orisi



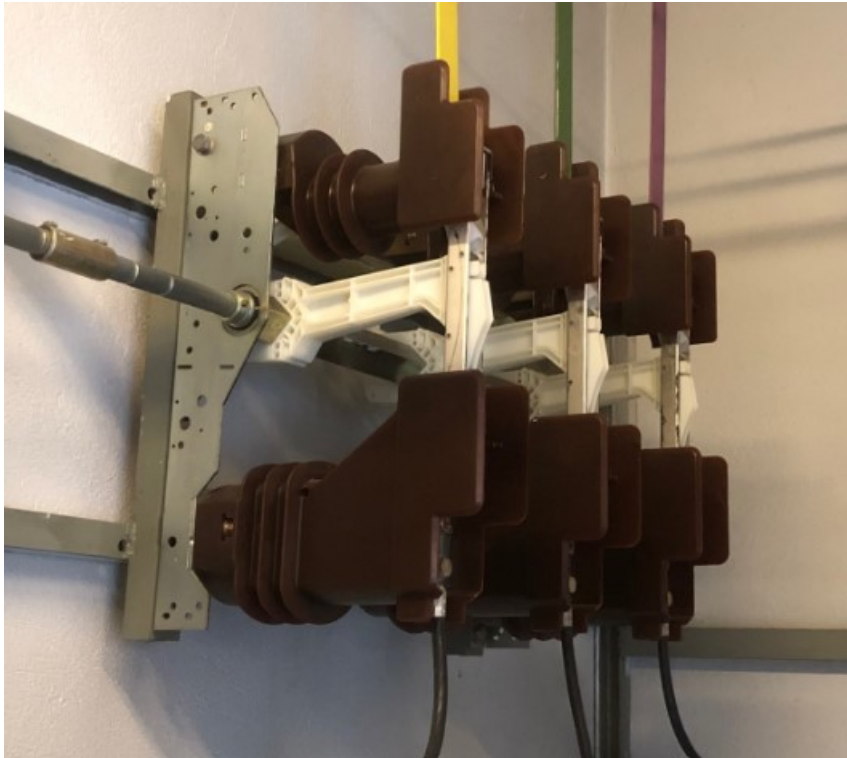
Kuvio 31. Rikkoontunut Enston SDI 37 -eristin (PSK-sähkönsiirto Oy 2024)

Puistomuuntamoiden yleisin vikakohde on kuormaerotin. Vanhemmissa Strömbergin valmistamissa muuntamoissa yleisimmät vikaantuvat kohteet ovat OJOK 24/12 -tyypin erottimen sammutuskammion kyljen halkeaminen ja erotinta liikuttavat ns. koiranluun katkeaminen. Molemmat osat ovat muovia ja haurastuvat ajan saatossa. Kuviossa 32 uusi varaosa koiranluu OJOK 24/12 -tyypin erottimeen.



Kuvio 32. ABB:n valmistama varaosa OJOK 24/12 -tyypin erottimeen

Strömberg erotin malliltaan OJDO 24A3 on vikaherkkä erotinta liikuttavaan ns. koiranluuhun. OJDO 24 A3 -mallissa erottimen kytkentäkoskettimen toiset kärjet ovat kiinteinä muoviosassa. Koiranluu on muovista valmistettu ja kiinnitetään ohjaintangon ympärille pultiliitoksella. Osaa vaihdettaessa erotinta ohjaavaa nelikulmaista akselia tulee kääntää, jotta kiinnityspultit saa oikeille kierteille. Näin erottimen ollessa auki asennossa on muoviosat vedolla, mikä ajansaatossa halkaisee muovin. Kuviossa 33 erotin kokonaisuus, 34 hajonnut ja ehjä koiranluu ja 35 uusi ABB:n valmistama varaosa.



Kuvio 33. Strömberg OJDO 24 A3 -mallin erotin



Kuvio 34. Ehjä ja rikkoontunut kiinnityskohta





Kuvio 35. Uusi varaosa kytkentä kärjellä ja puhallus sylinterillä erottimeen OJDO 24 A3

ABB:n valmistama NAL 24-6 -kuormaerotin, kuvio 36, missä tyypivikana eristimen sisään kerääntyvä vesi. Eristin on asennettuna kallistettu hieman koskettimiin päin, jolloin kondensoitunut vesi muodostaa virtatien koskettimen ja erottimen rungon välille, hapettaa kosketinpinnat ja aiheuttaa pysyvän vian. Yleensä vika aiheuttaa keskeytyksen koko muuntoasemaan, koska kyseessä on ylempi kiskostonpuolella oleva eristin. Erottimeen ei varsinaisia varaosia ole saatavilla, mutta P2 Engineering Oy tehnyt ongelmaan liittyvää tutkimus- ja kehitystyötä ja sen perusteella kehittänyt kyseiseen erottimeen soveltuvan korjaussarjan, jolla voidaan ehkäistä kondensoituvasta kosteudesta aiheutuvia ongelmia. Erottimen korjaustuote P42 sisältää silikonilämmittimen, mikä sijoitetaan erottimen puhallussylinterien läheisyyteen. Lämmitintä ohjataan pakettiin kuuluvalla termostaatilla varustetulla kytkentäkotelolla. (P2 Engineering Oy 2019.)



Kuvio 36. ABB NAL 24-6 -kuormaerotin rikkoontuneena, mikä näkyy kipinäineestä koskettimen pinnasta

## 7.2 Keskijänniteverkon säästettävät varaosat

Strömbergin erottimien koiranluita saa tilattua varaosana ABB:ltä. Sammutuskammioita ei enää valmisteta, joten näitä olisi hyvä jättää kyseisiä erottimia purettaessa varaosiksi. Irrotettuna kammio olisi hyvä puhdistaa ja tarkastaa pinnallisista mekaanisista vaurioista ja käsitellä muovilla hoitavalla aineella.

ABB:n OJOK -erottimen koiranluita saa varaosina ABB:ltä. Koiranluun yhteydessä toimitetaan uusi puhallussylinteri, jotta valokaari saadaan puhallettua sammuksiin. Purettavista erottimista materiaalilujuuden heikon kestävyyskannalta näitä ei ole kannattavaa säilyttää varaosina.

ABB:n NAL 24-6 -kuormaerottimeen ei eristimiä varaosina saa, mutta käytöstä poistuvat ehyet erottimet on hyvä säilyttää varaosina, koska kyseisiä erottimia on jälkiasennettu kiinteistömuuntamoihin.

Keskijännitelaitteistojen, missä omat mittamuuntimet, olisi mittamuuntimia järkevää varastoida vikaantumisen varalle. Mittaussuhteiltaan erilaisia mittamuuntimia on myös lähialueiden sähköverkossa erilaisia ja oikeanlaisen mittamuuntimen löytyminen läheltä voi lyhentää sähköjakelukeskeytystä jopa vuorokausia. Mittaustiedon puuttuminen ja jännitteen säätäminen ilman mittaustietoa on suojauksen ja laiterikkoontumisen kannalta riskialtista toimintaa.

### 7.3 Pienjänniteverkko

Pienjänniteverkon keskeytyksen aiheuttavat viat johtuvat yleensä tärinästä, kaivinkoneen tai muun koneen aiheuttamasta iskusta tai löysästä liitoksesta. Ilmajohtoverkossa löysä liitos varokekytkimellä aiheuttaa korkean lämpötilan liitoksessa ja voi sulattaa kytkimen kosketussuojan, kuten kuviossa 37.



Kuvio 37. Enston pylväsvarokekytkin, missä kosketussuoja sulanut

Katujakokaapissa kova isku kaappiin voi irrottaa kaapin sisällä olevat kiskot eristimistä. Kova isku voi myös johtaa löystyneeseen liittokseen varokeyttimeen ja kiskon välille. Kuviossa 38 esimerkki katujakokaapin kiskoista, jotka ovat irronneet eristimistä ja kuvioissa 39 ja 40 iskusta aiheutunut löysä liitos, mikä on sulattanut varokeyttimeen liittimen ja kiskossa olevan IP 20 -suojauksen.



Kuvio 38. Kuviossa ABB MJS -tyypin katujakokaapista, missä kiskot ovat irronneet eristimiltä



Kuvio 39. Kuviossa ABB:n XLBM -tyypin jonovarokeytkin, missä sulanut liitinsuoja



Kuvio 40. Löysän liitoksen sulattamat kosketinsuojat

#### 7.4 Pienjänniteverkon säästettävät varaosat

Ilmalinjoja uusittaessa voi osan pylväsvarokekytkimistä kerätä talteen, jos varokeytkin on malliltaan Ensto SZ 160.3 tai Ensto SZ 400.3. Kyseiset varokeytkimet ovat ns. uudempaa mallia ja todennäköisesti ollut maksimissaan 15 vuotta käytössä. Kyseiset kytkimet sopivat hyvin työmaiden väliaikaisiin liittymiin tarvittaessa. Vanhemman mallisista pylväsvarokkeista olisi hyvä säilyttää muovisia kosketussuojia varalle.

Katujakokaappien ja muuntoasemien pienjännitekeskusten varokeytkimien kiskoon liitettävyyden on muuttunut vuosien varrella. Osa jonovarokekytkimistä soveltuu liitettäväksi lattakiskoon ja uudemmissa kaapeissa ja muuntamoissa on käytössä Z-kisko. Osassa uusittavissa kaapeissa on Strömbergin valmistama

OEPJ- tai OEPS-mallin jonovarokeytkin. Kenven verkossa näitä varokeytkimiä on paljon käytössä.

OEPS kokoa 2 olevissa jonovarokeykeissa sulakkeen vaihtokahva on erillinen osa ja näitä on yleensä muuntoaseman PJ -keskuksessa tai katujakokaapissa yksi kappale, mikä irrotetaan varokeykeesta ja siirretään toiseen sulakkeita poistettaessa tai asennettaessa. Varokeykahoja olisi hyvä kerätä purettavista kohteista ja lisätä keskuksiin, missä varokeykeita on käytössä. Tällä nopeutetaan varokeykeen käyttöä ja parannetaan käytettävyyttä. OEPS -jonovarokeytkimen kytkentä on yhteensopiva Z-kiskon kanssa. Varokeypohjia ei ole tarve säilyttää, koska kaappiin tai keskukseseen kaapeleita lisättäessä voidaan käyttää uusia varokeykeita, mitkä ovat yhteensopivia kyseiseen kiskoprofiiliin.

OEPJ -jonovarokeytkimet, kuvio 41, ovat mekaanisesti kestäviä. Varokeykeiden kahvaosat kuitenkin haurastuvat ja pitkään kiinni ollutta varokeykettä aukaistaessa voi varokeykeen kädensija revetä irti varokeykannesta. 00- tyyppin gG kahvasulakkeille tarkoitettut varokeytkimet ovat tuplakytkimiä, missä on kaksi varokeykintä samalla liitoksella kiskoon. Kyseisen aikakauden, 70-luvun, katujakokaappeihin harvemmin lisätään varokeykeita. OEPJ -jonovarokeytkimet ovat latta-kiskoon yhteensopivia, minkä vuoksi purettavista kohteista olisi hyvä säilyttää varaosina kyseisiä varokeykeita.



Kuvio 41. Katujakokaappi 70 -luvulta, missä OEPJ -jonovarokeytkimet



## 8 POHDINTA

Sähköverkon huolto ja kunnossapito on tärkeä osa sähköverkkotoimintaa. Huolto ja kunnossapito on osin laissa määritelty, mikä aiheuttaa omat paineensa sähköverkkotoiminnan käyttövarmuudelle. Työssä esiintuoduilla komponenttien varastoinnilla voidaan ehkäistä ja korjata sähköverkossa tulevia vikoja ja ennalta ehkäistä niitä paremmin. Pidemmän ajan kokemukserusteinen sähköverkonhuolto, -rakentaminen ja -käyttökokemus on ollut isossa roolissa eri vuosikymmenillä asennettujen ja eri valmistajien komponenttien tunnistamiseen ja korjaamiseen.

Tässä opinnäytetyössä esiteltyjen komponenttien ja niiden yleisimpien vikaantumisien kuntoon saattamisen kannalta osataan ottaa huomioon varastoitavia komponentteja paremmin ja huoltotoimissa ottaa huomioon paremmin komponenttien fyysinen kunto.

Työtä oli mielenkiintoista tehdä ja mielestäni työn rajaus onnistui hyvin. Päivittäisen työn ohessa pääsin lähemmin näkemään sähköasemalla tehtyä katkaisijahuoltoa, mikä oli mielenkiitoinen nähdä ja mistä hyvää materiaalia tähän opinnäytetyöhön. Omasta työkokemuksesta ja työnantajalta saaduilla mahdollisuuksilla osallistua ulkopuolisten urakoitsijoiden tekemiin huoltoihin oli iso merkitys työn sisältöön.

## LÄHTEET

- ABB 2018. VD 4 asennus ja käyttöohjeet. Viitattu 13.3.2024  
[https://library.e.abb.com/public/26bdd5a125924d0492613ed5c8644051/MA\\_VD4-50KA\(FI\)Z\\_647654.pdf](https://library.e.abb.com/public/26bdd5a125924d0492613ed5c8644051/MA_VD4-50KA(FI)Z_647654.pdf).
- Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K. & Palva, V. 2003. Suurjännitetekniikka. 4. painos 2018 Espoo: Otatieto.
- Energiavirasto 2024. Verkkotoiminnan luvanvaraisuus. Viitattu 23.3.2024  
<https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-luvanvaraisuus>.
- Fingrid 2024. Viitattu 24.3.2024  
[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/yhtio/tki-toiminta/raportit/haila\\_tuomas.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/yhtio/tki-toiminta/raportit/haila_tuomas.pdf).
- Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II. Espoo: Otatieto.
- Headpower portaali 2023. Yhtiön sisäinen ohjelmisto. Ei julkinen.
- Järviö, J & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.
- Kemin Energia ja Vesi Oy 2017. Vuosikertomus 2017. Viitattu 9.2.2024  
<https://www.kenve.fi/wp-content/uploads/2018/06/Kenve-vuosikertomus-2017.pdf>.
- Kemin Energia ja Vesi Oy 2022a. Vuosikertomus 2022. Viitattu 9.2.2024  
<https://www.kenve.fi/wp-content/uploads/2023/04/KeEnVe-vuosikertomus-2022-net.pdf>.
- 2022b. Vuosikertomus 2022. Viitattu 9.2.2024 <https://www.kenve.fi/wp-content/uploads/2023/04/KeEnVe-vuosikertomus-2022-net.pdf>.
- Lakervi, E & Partanen, J. 2009. Sähköjaketekniikka. 3. painos 2014 Espoo: Otatieto.
- Näätsaari, E. 2024. Tiedonanto sähköpostilla. Yksityinen sähköpostiviesti 1.3.2024. Viestin saaja: Marko Tikkanen.
- P2 Engineering Oy 2019. P 42 20 kV erottimen korjaussarja. Viitattu 24.3.2024  
<http://p2engineering.fi/tuotteet/#p42>.
- PSK 6201 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. Painos. Helsinki: SK Standardisointiyhdistys ry.
- PSK Sähkönsiirto Oy 2024. PSK Sähkönsiirto vaihtaa varotoimenpiteenä 15000 eristintä. Viitattu 24.3.2024 <https://pkssahkonsiirto.fi/ajankohtaista/pks-sahkonsiirto-vaihtaa-varotoimenpiteena-15-000-eristinta/>.
- SFS-EN 13306 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 3. Painos. Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

Sähkömarkkinalaki 23.3.2023/497. Viitattu 3.2.2023  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230497>.

Trimble NIS 2023. Yhtiön sisäinen ohjelmisto. Ei julkinen.

