



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Sähköasennusten harjoittelukenttä

Timo Juntunen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Sähkövoimatekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkövoimatekniikka

JUNTUNEN, TIMO:  
Sähköasennusten harjoittelukenttä

Opinnäytetyö 52 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Toukokuu 2018

---

Sastamalan koulutuskuntayhtymän Vammalan ammattikoulun sähköala tarvitsee päivitetyn ulkoharjoittelukentän sisäasennusharjoittelutilojen lisäksi. Toteutuspaikka harjoittelukentälle tulee olemaan Vammalan ammattikoululla. Tässä työssä on tehty suunnitelma harjoituskentän toteuttamiseksi.

Vammalan ammattikoulun sähköala noudattaa vallitsevia sähköasennussäädöksiä ja seuraa myös yhteiskunnallisia muutoksia ja niiden vaikutusta keskijännite- ja pienjänniteverkon asennuksiin. Yhteistyötä tehdään paikallisten sähköasennusliikkeiden ja sähköverkosta vastaavien yritysten kanssa. Jatkuvan palautteen saaminen koulutuksen painopisteistä sähkö- ja automaatioasentajia palkkaavien yritysten tarpeitten huomioimiseksi on tärkeää. Opinnäytetyössä on käsitelty Carunan, Elenian ja VTT:n näkemyksiä sähköverkkojen tulevaisuuden toteutusvaihtoehdoista ja niiden rakentamista ohjaavasta sähkömarkkina-alaista.

Vanha sähkökenttä on purettu syksyn 2017 aikana. Se ei enää täyttänyt nykymääräyksiä oppilasturvallisuutta ajatellen ja siellä pystyi tekemään ainoastaan keskijänniteverkon ilmajohtoasennusharjoituksia. Maakaapeleihin liittyvät sähköasennukset korostuvat uudistettavassa harjoituskentässä. Keskijänniteverkon ilmajohtoasennuksiin ja AMKA-riippukierrekaapeleihin liittyvät harjoitukset voidaan myös suorittaa tällä kentällä. Jännitetyöohjeiden mukaisia harjoituksia tullaan tekemään jännitteettömänä. Tarkoituksena on oppia työturvallisuutta ja jännitetyökalujen käyttöä. Näihin aihealueisiin liittyvää ohjeistusta on selvitetty tässä opinnäytetyössä. Tähän opinnäytetyöhön tehtyä aineistoa voidaan käyttää myöhemmin ammattioppilaiden koulutusmateriaalin pohjana.

Uusi kenttä valmistuu vuoden 2018 aikana sähköopettajien ohjaamana oppilastyönä, ja kentällä on tarkoitus tehdä kaikki ne harjoitteet, joissa harjoitellaan sähkölaitosasennuksia, sähkölaitos ja kiinteistörajapinnan asennuksia sekä osa sisäjohtoasennuksista. Harjoituskentälle pystytetään kaksi harjoitustilaa sisäjohtoasennusten lisäharjoituksia varten.

## ABSTRACT

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

JUNTUNEN, TIMO:  
Electric installations training field

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 6 pages  
May 2018

---

Sasky municipal education and training consortium, Vammala's vocational school electric area needs updated training field for outdoor and additional space for indoor installations. There was designed a plan, how this training field can be implemented.

There was studied Caruna's, Elenia's and VTT's plans to implement future electrical network. Some of presented plans are already under real actions like Caruna's low voltage electric network renewing method. There was written also short review, how electric marketing law controls electric network construction work.

New planned training field gives possibilities to train open-wire line installations and AMKA-lines installation methods. Earth cabling is coming more important way to deliver low voltage for electric subscriber connections. New training field, which was planned, gives better possibilities to emphasize cabling installations. There is also better possibility to practice electric installations with cable sharing boxes. It will be possible to arrange electric work education with live wires working rules without real voltage connected conditions. There was described some principals, how this can be implemented in safe way. Some medium voltage line construction instructions were also handled in this thesis. All these instruction materials, which were written in this thesis, can be used for generating work instructions to vocational school electrical power students.

---

Key words: education field, electrician student training

## Sisällys

1	JOHDANTO.....	6
2	SÄHKÖNJAKELUN LÄHIAJAN KEHITYSLINJAT JA MUUTOSTRENDIT .....	7
2.1	Carunan pj-verkon rakentamismalli.....	7
2.2	Elenian sähköverkon maakaapelointi .....	12
2.3	Tasajännitteen käyttäminen sähkön siirtoverkoissa.....	13
2.4	Sähkömarkkinalain vaikutukset sähköverkkoihin .....	16
2.5	Ilmastomuutos aiheuttaa haasteita sähköverkon ylläpitoon.....	17
3	HARJOITUSKENTÄN SUUNNITTELU JA MITOITUS.....	18
3.1	Oikosulkuvirran tarkastelu laskennallisesti .....	21
3.2	Vanhojen kaapeliasennusten ja kaapelihyllyn tarkistaminen .....	25
3.3	Kentän ympäristö maa-aineksineen ja järjestelmien sijoittelu.....	26
3.4	Pienjännitejärjestelmät:.....	27
3.5	Sähkökentälle tulevat 20kV järjestelmät, valaisin- ja AMKA asennusten harjoittelupylväät .....	30
4	HARJOTTEISIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS .....	31
4.1	Jännitteetön huolto-, korjaus-, tai rakentamistyö keskijännitelinjassa.....	31
4.2	Työmaadoittaminen .....	31
4.3	Pienjännite ja pienoisjänniteasennuksia koskevat vaatimukset .....	32
4.4	Suurjänniteasennusten vaatimukset .....	32
4.5	Avojohton kiinnittäminen 20kV:n eristimen keskiuraan.....	33
4.6	PAS-johdon kiinnittäminen 20 kV:n eristimeen.....	39
4.7	Kaapelijakokaappeihin liittyvät asennustyöt .....	42
5	POHDINTA.....	45
	LÄHTEET.....	46
	LIITTEET .....	47
	Liite 1. Kentän sulakkeet ja etäisyydet.....	47
	Liite 2. Sähkökentän ympäristö maa-aineksineen .....	48
	Liite 3. Pienjännitejärjestelmät.....	49
	Liite 4. Pienjännitelaitteet sijoittelu.....	50
	Liite 5. Sähkökentälle tulevat 20kV järjestelmät, valaisin- ja AMKA asennusten harjoittelupylväät .....	51
	Liite 6. AXMK 4x35 S kaapelin ominaisuustaulukko .....	52

**LYHENTEET JA TERMIT**

HV	high voltage
HVDC	high voltage direct current
LV	low voltage
LVDC	low voltage direct current
FTB-A	fiber termination box model A

## 1 JOHDANTO

Toisen asteen ammatillisen koulutuksen opetussuunnitelma sisältää sähkö- ja energia-tekniikkaan sekä sähköverkostoasennuksiin liittyvää opetusta ja harjoituksia. Tämän opetuksen tarpeisiin Vammalan ammattikoulussa rakennetaan harjoituskenttä mahdollistamaan opetusympäristö, jossa suoritetaan pienjänniteverkon ja 1-20 kV sähköverkon asennuksia.

Sastamalan koulutuskuntayhtymän sähköala tarvitsee päivitetyn ulkoharjoittelukentän sisäasennusharjoittelutilojen lisäksi. Toteutuspaikka harjoittelukentälle tulee olemaan Vammalan ammattikoulu Ratakatu 36, 38210 Sastamala. Vammalan ammattikoulu pyrkii seuraamaan vallitsevia sähköasennuskäytäntöjä ja seuraa myös yhteiskunnallisia muutoksia ja niiden vaikutusta pienjänniteverkon asennuksiin ja asennustarpeisiin. Teemme yhteistyötä paikallisten sähköasennusliikkeiden ja sähköverkostosta vastaavien yritysten kanssa. Tätä kautta saamme jatkuvaa palautetta koulutuksen painopisteistä sähkö- ja automaatioasentajia palkkaavien yritysten tarpeitten huomioimiseksi.

Vanha sähkökenttä purettiin syksyn 2017 aikana. Se ei enää täyttänyt nykymääräyksiä oppilasturvallisuutta ajatellen ja siellä pystyi tekemään ainoastaan keskijänniteverkon ilmajohtoasennusharjoituksia. Hankerahaa on myönnetty vuoden 2017 budjettiin uuden ja monipuolisemman harjoituskentän rakentamista varten. Investointeja on jo tehty sähkötarvikkeiden hankkimiseen syksyllä 2017 ja jatkossa tätä hanketta rahoitetaan vielä sähköosaston budjetista.

Uusi kenttä valmistuu vuoden 2018 aikana opettaja/oppilastyönä ja kentällä on tarkoitus tehdä kaikki ne harjoitteet, joissa harjoitellaan sähkölaitosasennuksia, sähkölaitos-kiinteistörajapinnan asennuksia sekä osa sisäjohtoasennuksista. Harjoituskentälle pystytetään kaksi harjoitustilaa sisäjohtoasennusten harjoituksia varten. Vanha pylväsmuuntaja on tuotu maan tasalle ja siinä päästään harjoittelemaan muuntajan kansikytkentöjä. Muutama 3 m korkeuteen maan pinnasta nouseva sähköpylväs sijoitetaan harjoituskentälle pylväisiin tehtäviä sähköasennusharjoituksia varten. Harjoitusalueen keskijänniteverkon kaikki johtimet ja muuntaja maadoitetaan pysyvästi, eikä niihin laiteta koskaan jännitteitä.

## 2 SÄHKÖNJAKELUN LÄHIAJAN KEHITYSLINJAT JA MUUTOSTRENDIT

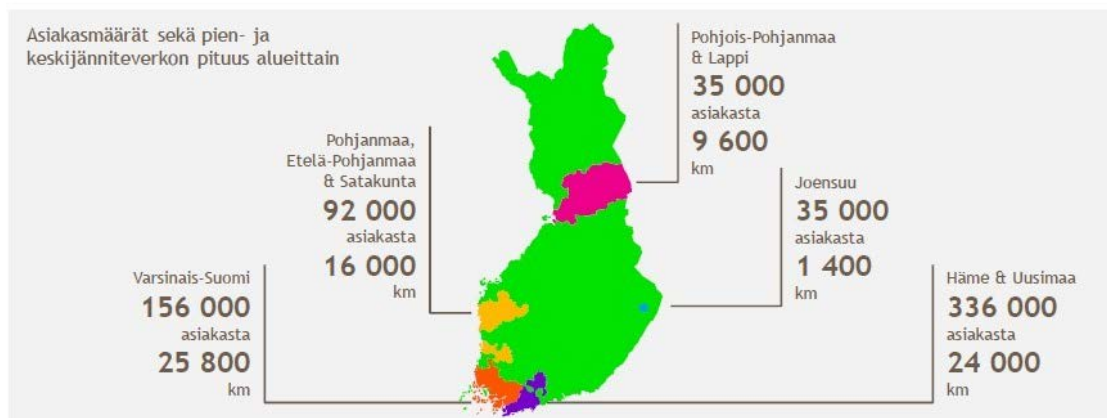
Ammatillisen koulutuksen tulee seurata ja ennakoida sähköjakeluverkoston muutostrendejä ja vastata jopa ennakkoon niihin trendeihin ja suuntauksiin, jotka ovat vahvistumassa lähitulevaisuudessa. Ammattikoulussa opetetaan tulevaisuuden osaajia, joiden tulee hallita tämän hetken käytännöt, säännöt ja tekninen ympäristö, mutta myös valmius nopeaan oppimiseen tulevan teknologian käyttöönotossa.

Carunan visioita, suunnitelmia ja nykytoteutusta on tarkasteltu laajemmin seuraavien alotsikoiden alla, koska Caruna on julkaissut tavoitteitaan selkeästi useamman vuoden tulevaisuusperspektiivillä. Elenia on julkaissut toteutussuunnitelmansa niin sanotun säävarman verkon rakentamisesta hallinnoimalleen sähköverkostoalueelle, joten Elenian verkkoratkaisuja on käsitelty myös lyhyesti. Suomessa merkittävä teknologiavaikuttaja on VTT ja sen näkemyksiä ja suunnitelmia pienjänniteverkkojen mahdollisista tulevaisuuden toteutustavoista on myös tarkasteltu omassa luvussaan.

### 2.1 Carunan pj-verkon rakentamismalli

Caruna vastaa sähköverkon ylläpidosta ja jakelusta noin 20 %:lle suomalaisista kotitalouksista ja yrityksistä (Kuva 2-1). Caruna lupaa rakentaa asiakkaillensa entistä luotettavamman verkon myös kaikkein haasteellisimpiin sääolosuhteisiin vuoteen 2028 mennessä. Koska Caruna on erittäin merkittävä toimija suomalaisessa sähköjakelussa, on uskottavaa, että Carunan kehittämä konsepti tulee olemaan mielenkiinnon kohteena myös muilla sähköjakeluyhtiöillä

### Carunalla on yli 650 000 asiakasta



KUVA 2-1. Carunan asiakkaat. (Caruna 2017, urakoitsijapäivien materiaali osa1)

Kuvassa (Kuva 2-1) on esitetty Carunan asiakkaiden jakautuminen Suomen sisäisesti ja keskijänniteverkon linjapituudet kilometreinä. Caruna esitteli huhtikuussa 2017 järjestämällään (järjestetään joka toinen vuosi) urakoitsijapäivillä PJ-verkko 2.0 mallin, joka on Carunan oma määritelmä. Caruna on siirtämässä verkon rakennuksen painopistettä keskijänniteverkon rakentamisesta pienjänniteverkon saneerausrakentamiseen (Kuva 2-2). (Caruna, urakoitsijapäivät 2017)

## Miksi tehdään PJ 2.0 projektia?


- + KJ-raamiprojektien jälkeen PJ-verkon saneeraukset ovat osa Carunan suurimpia investointiohjelmia
- + Asiakkaan näkökulmasta investoinnit konkretisoituvat PJ-verkon saneerauksissa
- + Tavoite rakentaa verkko vähintään 40 vuodelle → tulevaisuuden tarpeiden kartoitus

Asiakas

- Selkeämpi raja verkkoyhtiön ja asiakkaan verkon välillä
- Verkkoon liittyminen on entistä helpompaa, nopeampaa ja joustavampaa
- Mahdollistaa uusiutuvan energiatuotannon liittämisen suoraan runkoverkkoon
- Luotettava ja säävarma verkko

Caruna

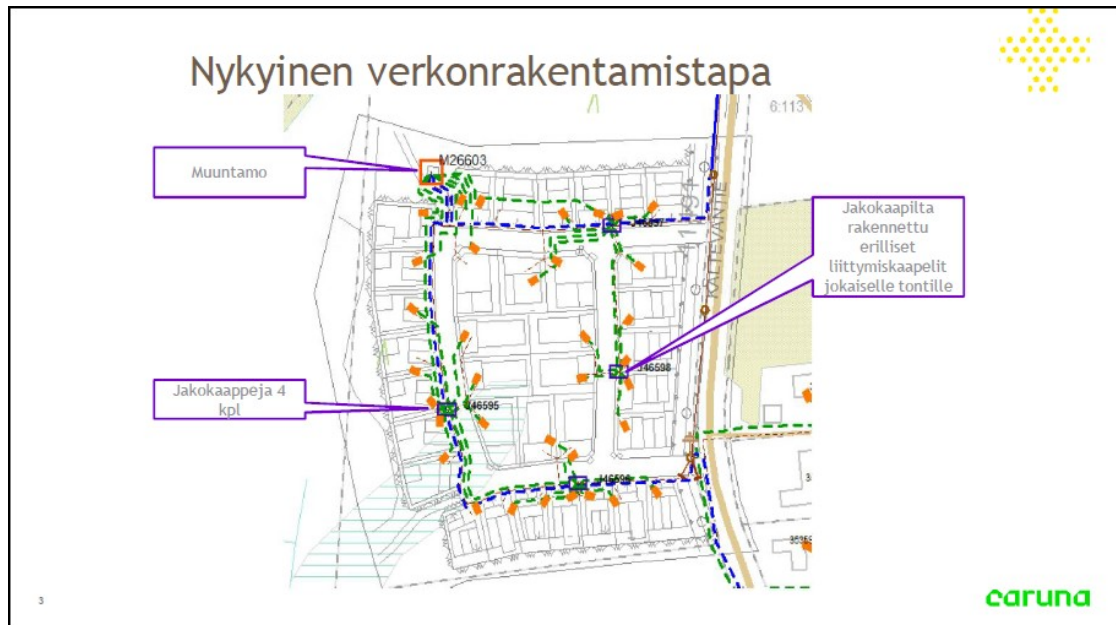
- Harmonisoida Carunan PJ-verkon rakentamistapa huomioiden tulevaisuuden tarpeet
  - Verkon rakenne
  - Suunnittelu
  - Käytettävät verkkokomponentit
  - Rakentaminen
  - Projektin valvonta



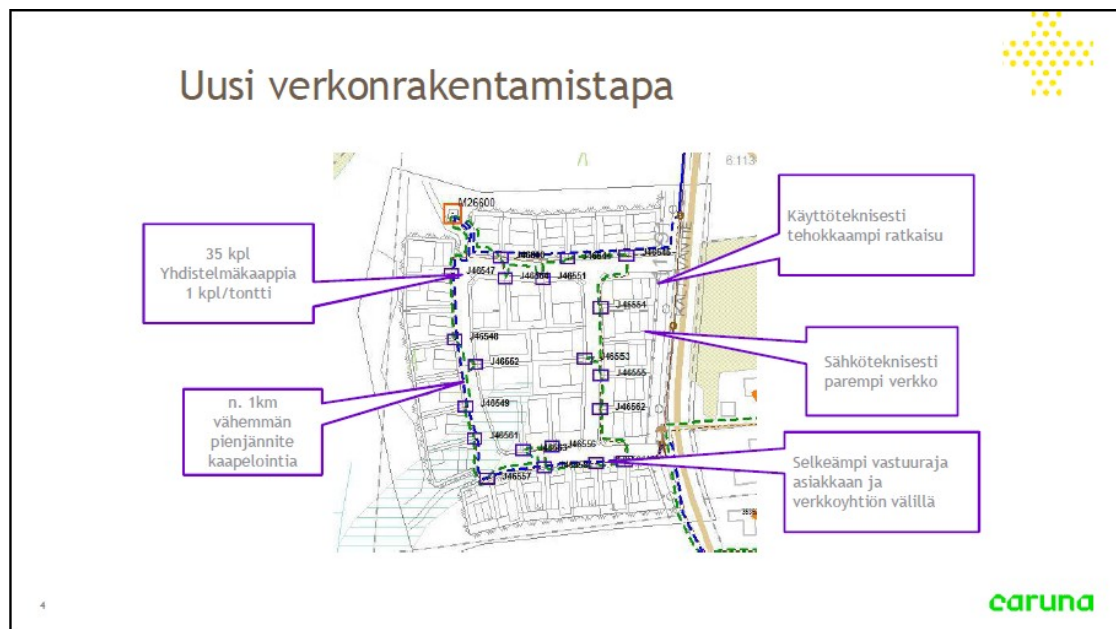
KUVA 2-2. PJ 2.0 verkon tavoitteet (Caruna 2017, urakoitsijapäivien\_materiaali\_osa1)

Kuvassa (Kuva 2-2) on analysoitu sekä asiakkaan, että Carunan kannalta syitä, miksi verkonrakentamistapaa tulisi uudistaa. Alla olevissa kuvissa (Kuva 2-3, Kuva 2-4) näytetään periaatteellinen ero vanhan verkonrakentamismallin ja uuden PJ-verkko 2.0 suunnittelumallin välisestä eroavuudesta. Caruna laskee saavuttavansa myös merkittäviä kustannussäästöjä sähköverkoston rakentamisessa uudella toteutusmallilla. Myöskin sähköverkon ylläpitäjän tarve useille käynneille uudiskohteissa vähenee huomattavasti uuden verkostomallin myötä, joten saavutetaan myös säästöjä sähköverkon ylläpitäjän työtunneissa ja matkakustannuksissa. (Caruna, urakoitsijapäivät 2017)





KUVA 2-3. Nykyinen verkonrakentamistapa (Caruna 2017, urakoitsijapäivien\_materiaali\_osa1)



KUVA 2-4. Uusi verkonrakentamistapa (Caruna 2017, urakoitsijapäivien\_materiaali\_osa1)

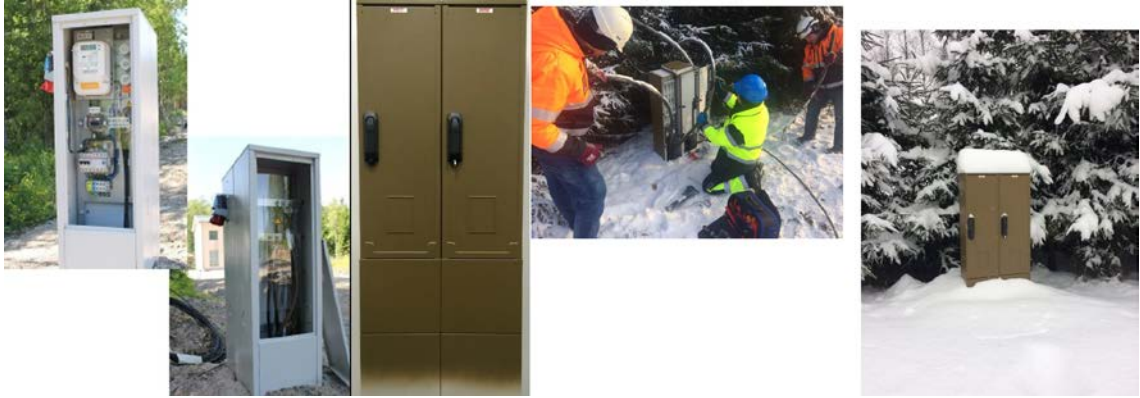
Yllä olevissa kuvissa (Kuva 2-3 ja Kuva 2-4) nähdään merkittäviä eroja uudistetussa pienjänniteverkon rakentamisessa aikaisempiin käytäntöihin verrattuna. Uudistetussa tavassa pienjännitekaapelin määrä vähenee ja yhdistelmäkaappeihin voidaan sijoittaa sähköliittymien kulutusmittarit, mikä yksinkertaistaa sähköverkoston rakennetta.

Uusi verkonrakentamistapa tarvitsee myös kaapelijakokaapin ja mittauskeskuksen yhdistämisen samaan kaappiratkaisuun (Kuva 2-5, Kuva 2-6) yhdistelmäkaapiksi siten että toiseen tilaan on pääsy ainoastaan sähköverkon haltijalla, mutta toiseen kaapin kennoon on toteutettu kiinteistökohtainen mittauskeskustila, johon myös kiinteistön palkkaama sähköurakoitsija pääsee suorittamaan mittarin takaisia sähkökytkentöjä, ilman että verkostoasentajaa tarvitsisi kutsua työkohteeseen. (Caruna, urakoitsijapäivät 2017)



KUVA 2-5. Yhdistelmäkeskus (Timo Juntunen, Caruna urakoitsijapäivät 2017)

Kuvassa (Kuva 2-5) nähdään selkeästi yhdistelmäkaapin rakenne, jossa vasemmalla puolella on normaalin kaapelijakokaapin komponentit ja oikealla puolella on tila liittymäkohtaiselle sähkömittarille, sulakkeille ja muille komponenteille.



KUVA 2-6. Caruna yhdistelmäkeskus vaihtoehtoja (Caruna 2017, urakoitsijapäivien\_materiaali\_osa1)

Kuvassa (Kuva 2-6) nähdään vaihtoehtoisia tapoja toteuttaa yhdistelmäkeskus ja esimerkkejä näistä keskuksista asennettuina sähkönjakelukäyttöön.

Yhdistelmäkaapilla on useita hyötynäkökohtia aikaisemman kahden erillisen kaapin ratkaisuun, Caruna mainitsee esimerkiksi seuraavia asioita. Verkkoyhtiön ja asiakkaan verkon rajaus on selkeämpi. Verkkoon liittyminen on helpompaa kuin aikaisemmin ja se onnistuu nopeammin. Uusiutuvan energiatuotannon liittäminen mahdollistuu suoraan sähkönjakeluverkkoon ja esimerkiksi aurinkosähkön ja tuulisähkön pientuotannon ylijäämän myynti pientuottajilta voidaan myydä sähköverkkoon.

Kiinteistön rakennusvaiheen aikana ei tarvita erillistä työmaakeskusta. Sähköauton latauspiste voidaan integroida myös yhdistelmäkaappiin. Vikatilanteiden esimerkiksi kaapelivikojen selvittäminen helpottuu. Tietoliikenneliittymien rakentaminen yhdistelmäkeskuksen sisälle onnistuu helposti. Voidaan hyödyntää kuituverkkoa ja paljon käytetty Fibox FTB-A voidaan sijoittaa yhdistelmäkaappiin (Caruna urakoitsijapäivät 2017).

Carunan tulevaisuuden visio sähkönjakeluverkon tavoitteiksi voidaan tiivistää seuraavalla tavalla: ”Energiajärjestelmät tulevaisuudessa edellyttävät muutoksia jakeluverkon suunnitteluperiaatteisiin. Eri markkinatoimijoiden rooleihin tarvitaan selkeyttä ja kaikkien osapuolien sopeutumista muuttuvan toimintaympäristöön.” (Caruna, urakoitsijapäivät 2017)

Caruna pyrkii korkeaan toimitusvarmuuteen toimittaan asiakkailleen laadukasta sähköenergiaa käyttämällä mitoitukseltaan vahvaa sähköverkkoa, jossa on tärkeänä osana älykkäät sähkömittarit (Kuva 2-7).



KUVA 2-7. Carunan tulevaisuuden verkkovisio (Caruna, urakoitsijapäivät 2017, kuvasuomennos Timo Juntunen)

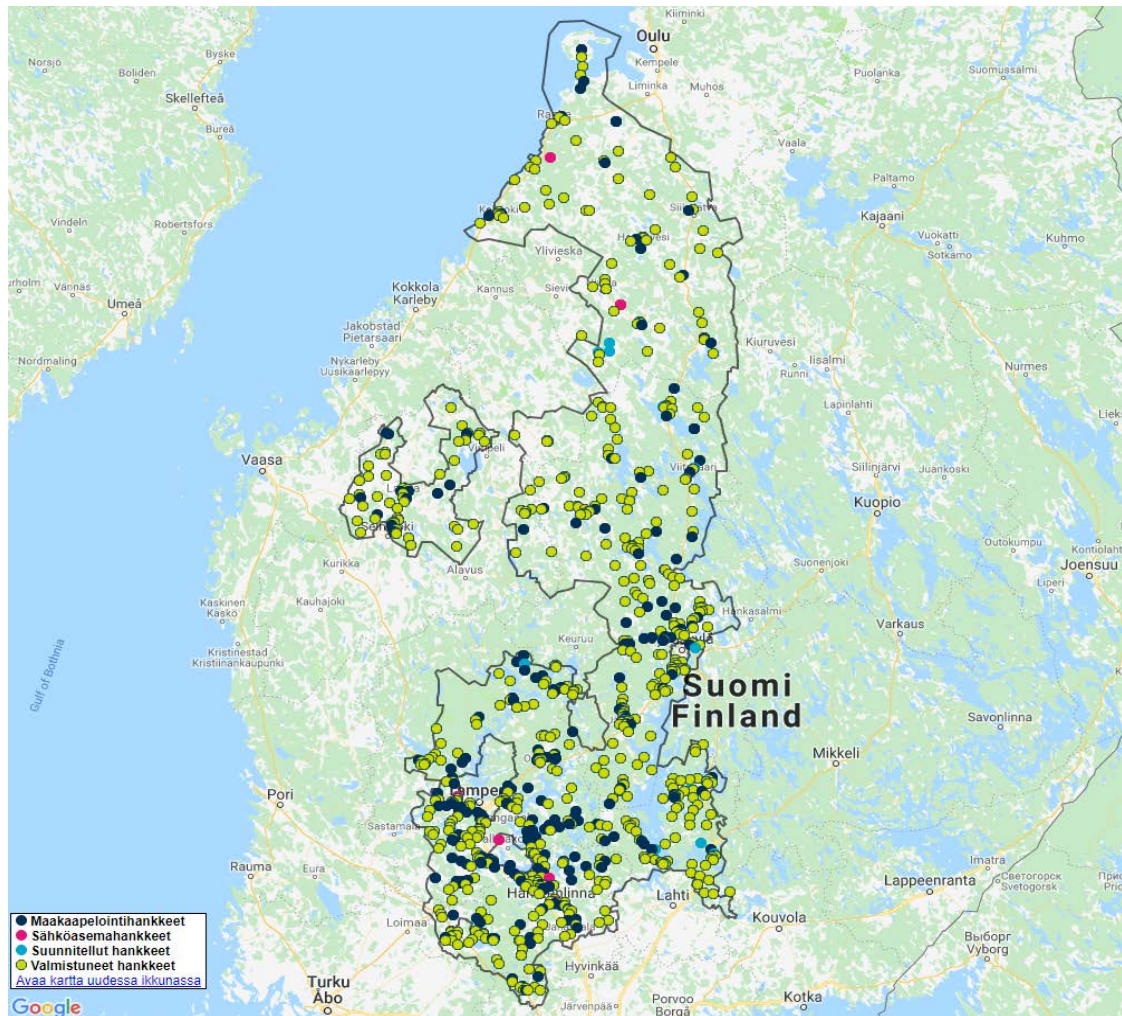
Kuvassa (Kuva 2-7) Caruna visioi älykkään sähköjako- ja verkkojärjestelmän kytkeytymistä älykkäisiin sähkönkulutussyksiköihin.

## 2.2 Elenian sähköverkon maakaapelointi

Elenia Oy palvelee 420 000 kotitalous-, yritys- ja yhteiskunta-asiakasta sadan kunnan alueella Kanta- ja Päijät-Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Elenia rakentaa säävarmaa sähköverkkoa muuttamalla avolinjoja maakaapeliverkoiksi laaja-alaisesti. Elenian sähköverkosta Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla on maakaapeloituna noin kolmannes.

Elenian alueen sähköverkot ovat tulossa käyttöikänsä päähän. Elenia ilmoittaa rakentavansa ”tulevaisuuden yhteiskuntaa varten” sääolosuhteet kestävä sähköverkkoa.

Elenia on rakentanut vuodesta 2009 alkaen maakaapeloituna kaiken uuden ja saneerattavan sähköverkon. Elenia ilmoittaa investoivansa 2018 sähköverkkoon ja verkkopalveluihin yli 120 miljoonaa euroa (Kuva 2-8), (Elenia, nettisivusto 2018).



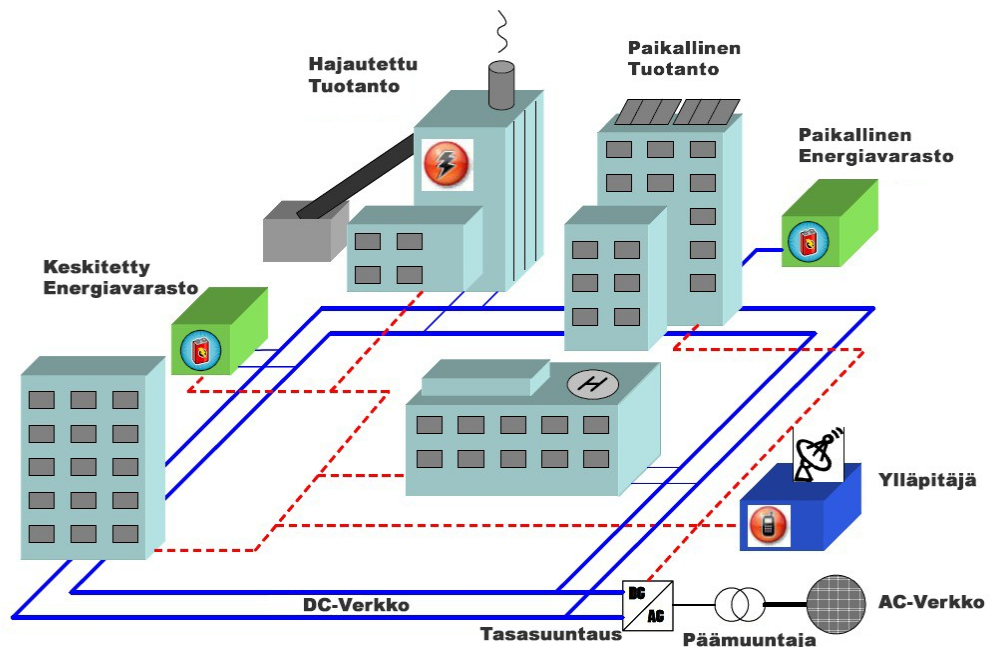
KUVA 2-8. Elenian säävarma sähköverkko rakennusalueet kartalla (Elenia,2018)

Kuvassa (Kuva 2-8) korostuu Elenian laajat maakaapelointihankkeet, joita kuvasta löytyy yli 100 projektia.

### 2.3 Tasajännitteen käyttäminen sähkön siirtoverkoissa

HVDC siirto on tänä päivänä vakioitunutta tekniikkaa siirtää sähköenergiaa isolla jännitteellä pitkien etäisyyksien päähän. Samoin pienoisjännitteillä esimerkiksi aurinkoenergiajärjestelmät ovat tasajännitettä käyttäviä järjestelmiä. Vaikka vielä 1900-luvun alussa tasajännite oli varsin yleinen ratkaisu sähköenergian siirtämisessä, pohjautuvat Suomessa käytetyt suurjännite-, keskijännite- ja pienjänniteverkot vaihtojänniteverkko pohjaisiin ratkaisuihin.

VTT teki vuonna 2007 mittavan selvityksen tasajännitteiden käyttämisestä sähköverkkojen siirtoratkaisuinä. Mahdollinen sähköautokannan huomattava kasvu voi tehdä tästäkin sähköverkkojen toteutusvaihtoehdosta aikaisempaa kiinnostavamman. Tässä luvussa on hyvin lyhyesti koostettu DC verkon käyttöä tulevaisuuden sähköverkon siirtotienä (Kuva 2-9).

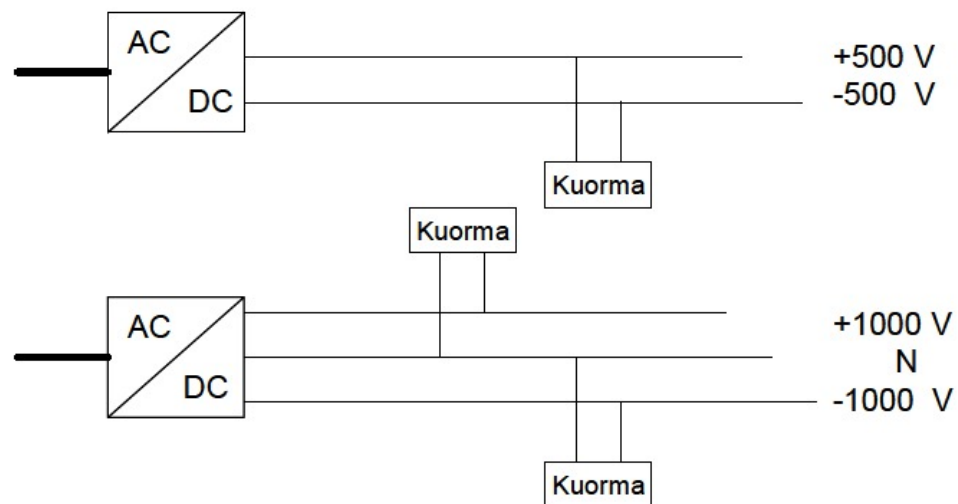


KUVA 2-9. DC-verkko (Kylkisalo, T., Alanen, R., 2007, kuvasuomennos Timo Juntunen)

Kuvassa (Kuva 2-9) esitetään DC verkon toteutus, jossa on kantaverkosta varmistettu sähkönsyöttö hajautetun ja paikallisen tuotannon tueksi. Tasajänniteverkon avulla taajamassa voidaan parantaa sähkön laatua loppukäyttäjällä ja kokonaiskustannukset voisivat olla alemmat ja energiatehokkuus olisi parempi kuin pelkästään AC-verkko pohjaisessa ratkaisussa. Tasajänniteverkoissa voidaan hyödyntää tehokkaasti energiavaroja esimerkiksi akkuihin varastoitua sähköä, samoin hajautettu tuotanto esimerkiksi aurinkopaneeli voidaan kytkeä verkkoon tehokkaasti. DC verkkoa voitaisiin syöttää joko muuntajan ja tasasuuntaajan kautta kantaverkon suunnasta tai DC verkko voisi toimia omana mikroverkkona käyttäen omaa alueellista eriytettyä sähkön tuotantoa. Näin jakeluverkosta saataisiin erittäin varma ja joustava järjestelmä edellyttäen, että saarekekäytössä sähkön tuotanto ja kulutus ovat tasapainossa. (Kylkisalo, T., Alanen, R., 2007, 35.)

Tasajänniteverkon toteuttamisessa on paljon vaihtoehtoja. Voidaan käyttää kaksi johtimista kaapelia, joista toinen johdin on positiivinen ja toinen negatiivinen. (Kuva 2-10) Kuormat ja lähteet kytkeytyvät näiden kahden kaapelin väliseen jännitteeseen.

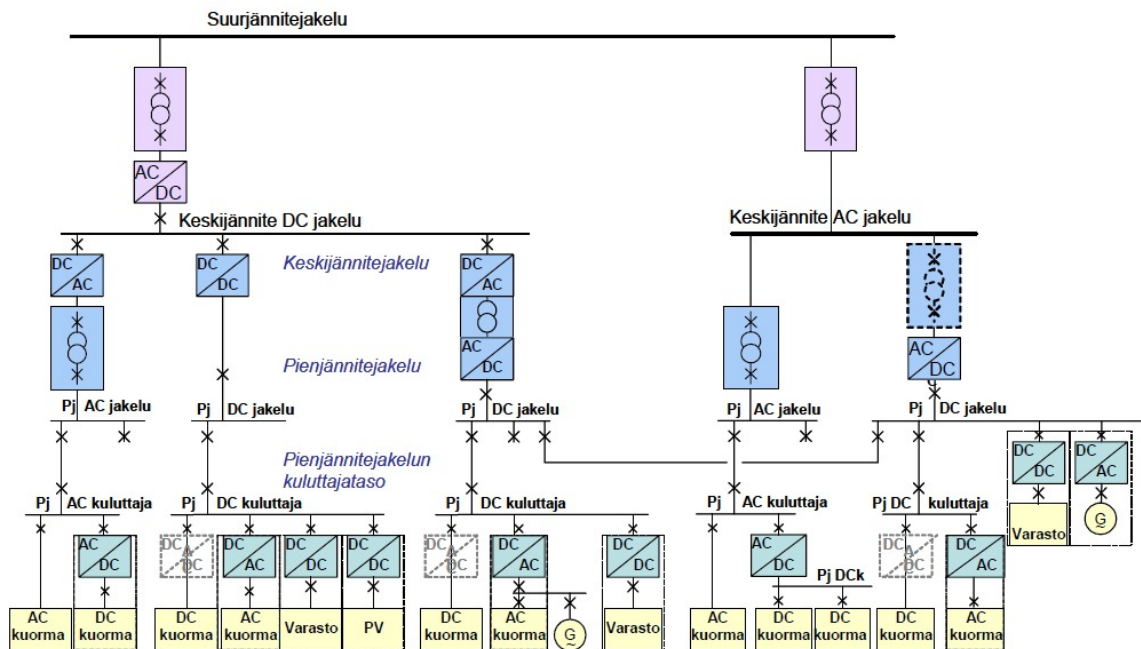
Verkkoa voidaan syöttää kantaverkosta keskijänniteverkon kautta. Normaalisissa tilassa kuormat ottavat tarvittavan tehon vaihtojännitesyötön tai hajautetun tuotannon kautta. Verkossa voi myös olla varateholähteenä energiavarastoja, jotka takaavat korvaavan tehon esimerkiksi vaihtojännitesyötön käyttökatkoksen ajaksi. Kolmijohtimista malleja käytetään ainoastaan erittäin korkeilla jännitteillä. (Kuva 2-9)



KUVA 2-10. Kaksi- ja kolmijohdinratkaisut tasajännitejakeluverkolle (Kylkissalo, T., Alanen, R., 2007)

Kuvassa (Kuva 2-10) nähdään kaksi ja kolmijohtoinen DC verkkoratkaisu. Kolmijohtoisessa  $\pm 1000$  V verkossa on erillinen nollajohdin.

Tasajänniteverkko voidaan toteuttaa perinteisenä sähköverkkona tai rengasverkkona ja energiavarastoja ja/tai hajautettua tuotantoa sisältävänä itsenäisenä mikroverkkona. Tasajänniteverkko tai verkonosa voidaan toteuttaa myös usealla eri jännitetasolla. Tasajännite voi olla käytössä myös vain jakeluverkon keskijänniteosassa, josta olisi etua etenkin pitkillä kaapeliyhteyksillä. (Kuva 2-11) (Kylkissalo, T., Alanen, R., 2007, 36.)



KUVA 2-11. Esimerkki tasajänniteverkon toteuttamisesta osana keskijännite- ja pienjänniteverkkoja (Kylkisalo, T., Alanen, R., 2007)

Kuvassa (Kuva 2-11) on toteutettu vasemmalla keskijännite DC verkkona ja oikealla DC jakelu alkaa vasta pienjänniteverkon puolella.

Tasajänniteverkko kokeilu on toteutettu Suomessa 2015 Suur-Savon Sähkö Oy:n toimesta. Suur-Savon Sähkö rakensi jatkuvassa käytössä olevan pienjännitteisen tasasähköön perustuvan sähköverkon. Tasasähkö ja tehoelektronikka vähentävät sähkökatkoja ja mahdollistavat luotettavan sähkön jakelun. Tutkimusverkossa on tasasähköjakelu toteutettu  $\pm 750$  voltin tasajännitteenä mikroverkossa, jolla toimitetaan sähköenergiaa todellisille sähkön loppukäyttäjille. Järjestelmän toteutuksessa on vajaa kaksi kilometriä pitkä LVDC jakeluverkko, akkuvarasto, tasasuuntaaja ja kolme vaihtosuuntaajaa muuttamaan sähkön takaisin vaihtojännitteeksi loppukäyttäjille (Tekniikka ja Talous, 2015)

## 2.4 Sähkömarkkinalain vaikutukset sähköverkkoihin

Sähkömarkkinalaki 588/2013 määrittelee luvussa 6 jakeluverkon toiminnan laatuvaatimuksia. momentissa 51 todetaan mm. seuraavaa:

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

(Sähkömarkkinalaki 588/2013)



Asemakaavan ulkopuolisten alueiden sähkökatkosten kestosta on annettu seuraava asetus:

”3) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muulla kuin 2 kohdassa tarkoitettulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä.” (Sähkömarkkinalaki 588/2013)

Myöskin momentissa 100 ” Vakiokorvaus sähkönjakelun tai sähköntoimituksen keskeytymisen vuoksi” on esitetty asiakkaalle korvausmalli pitkistä sähkökeskeytyksistä. Sähkömarkkinalaki 588/2013 on merkinnyt sähkön jakeluverkkoyhtiöille paljon saneeraus-toimenpiteitä varsinkin vikaherkkiä ilmajohtoja maakaapeloimalla, parantaa johtolinjojen raivaamista ja pyrkii siirtämään avolinjoja metsälinjoilta helpommin huolettaviin tievarsilinjoihin. Tienvarsilinjoilla myös mahdolliset vikapaikat ovat myös helpommin nähtävissä. (Sähkömarkkinalaki 2013)

## **2.5 Ilmastomuutos aiheuttaa haasteita sähköverkon ylläpitoon.**

Ilmatieteenlaitos ennakoii Suomen alueella sademäärien kasvavan ja myrskyjen voimistuvan ilmastomuutoksen vaikutuksesta. Suomessa lämpötilan nousu arvioidaan olevan 1800-luvun puolestavälistä tähän päivään noin +2,3 °C. Etenkin mahdollinen myrskyjen voimistuminen voi vaikuttaa avolinjojen sähköntoimitusvarmuuteen. Ilmatieteen laitoksella tehdyn tutkimuksen mukaan on mahdollista, että Suomeen saapuvat myrskyt voimistuvat ilmastomuutoksen vaikutuksesta. Täyttä varmuutta ei ole, voimistuvatko myrskyt Suomen etelärannikolla vai eivät. Sen sijaan Pohjois-Suomesta itään Kuolan niemimaalle asti harvinaisten ja poikkeuksellisten myrskyjen voimakkuus kasvaa, vaikkakin keskimäärin vain 2 - 6 prosentilla. (Suomen muuttuva ilmasto, Ilmatieteenlaitos, 2018)

Roudan väheneminen etenkin Etelä-Suomessa lisäisi mahdollisesti talvimyrskyjen aikana avolinjoille kaatuvien puiden määrää.

### 3 HARJOITUSKENTÄN SUUNNITTELU JA MITOITUS

Harjoituskentältä purettiin vanhat tarvikkeet pois, koska se oli tarkoitettu ainoastaan tolppamuuntaja- ja avolankalinjaharjoitusten tekemistä varten (Kuva 3-1). Sähköverkoston linjatytöt eivät enää ole nyt ja tulevaisuudessa ainoastaan avolinjoja ja niihin liittyviä ratkaisuja. Tämä sähköalan harjoituskenttä oli jo pahoin jälkeen jäänyt ja sai väistyä monipuolisemman harjoitusalueen tieltä. (Kuva 3-2) esittää asennuskoppien alustaa ja (Kuva 3-3) esittää pystytettäviä sisäasennusharjoitustiloja, joita rakennetaan yhteistyössä rakennusosaston kanssa.



KUVA 3-1. Vanha harjoituskenttä avolinja-asennuksia varten (05/2017 Timo Juntunen)



KUVA 3-2. Sisäasennuskoppien alusta (01/2018 Timo Juntunen)



KUVA 3-3. Asennustilat tekeillä sisäasennusharjoituksiin (03/2018 Timo Juntunen)

Kuvissa (Kuvat 3-1, 3-2 ja 3-3) nähdään vanhan harjoitusalueen muuttuminen uuden suunnitelman mukaiseksi sähköasennusten harjoituskentäksi.

Uudistetun kentän harjoitusvalikoimiin tulee maakaapeliä asennus, maakaapelipäätteiden tekeminen, kaapelien kiinnittäminen kaapelijakokaappiin sekä tulojen, että lähtöjen kytkeminen. Alueelle rakennetaan kaksi sähköasennuskoppia, joissa pääsee harjoittelemaan mittarikeskusten asentamista ja generaattorikytkimen asentamista oheistarvikkeineen. Myöskään ilmajohtoasentamista ei kokonaan unohdeta. Alueelle pystytetään muutama sähkötolppa, joista maksimissaan 3 m tulee maanpinnan yläpuolelle. Kaikki harjoitukset tehdään jännitteettömänä. Keskusteluissa sähkölaitosalan henkilöiden kanssa on

tullut esille lisääntyvät jännitetyöt. Jännitetöitä tehdään yhä enenevässä määrin sähköverkossa ja näihin tehtäviin liittyviä harjoituksia (jännitteettömänä) on tärkeää harjoitella sähköoppilaiden kanssa. Vaikka jännitetyöharjoitukset ovatkin jännitteettömiä, kaikki ne asennuskäytännöt, työkalut ja suojaruuvit täytyy tulla sähköalan oppilaille tutuiksi.

Oppilaiden tulee myös tutustua Sähköverkon haltija urakoitsijaohjeisiin ja huomioida Sähköverkon haltija ohjeet ja käytännöt kiinteistöliittymien toteutuksessa. Sastamalan (SASO) oppilaitosten alueella sähköverkostosta vastaa Caruna, joka antaa urakoitsijalle seuraavan ohjeistuksen liittymälle, pääsuojalaitteille ja liittymän sähkötekniiseen mitoittamiseen:

- Liittymisjohdon kustannuksista vastaa liittymän tilaaja ja tilaaja sopii kaapelin rakentamisesta valitsemansa sähköurakoitsijan kanssa. Liittymisjohdon kustannus ei siis sisälly liittymismaksuun.
- Sähköliittymään on asennettava SFS 6000 -standardin mukainen pääsuojalaite. Pääsuojalaitteen täytyy olla pääkeskuksen yhteydessä. Pääsuojalaitteena käytetään pääsääntöisesti sulakkeita. Johdonsuojakatkaisijoita ei hyväksytä liittymän pääsuojalaitteena.
- Jakeluverkon mitoitus vaikuttaa liittymien sisäisen sähköverkon suojaukseen. Liittymän sähkösuunnittelijan on varmistettava, että liittymän sisäisen verkon suojaus täyttää SFS 6000 -standardisarjassa esitetyt suojausvaatimukset ja muut vaatimukset.
- Uusille 3x25 A—3x50 A liittymille syöttävä jakeluverkko mitoitetaan siten, että yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymän päävarokeilla on yleensä vähintään 250 A. Edellä mainittua oikosulkuvirran tasoa voidaan poikkeustapauksia lukuun ottamatta käyttää liittymän sisäisen verkon suojausten mitoituksessa. (Caruna urakoitsijaohjeet 2018)

Carunan verkkoalueella liittymien yksivaiheinen oikosulkuvirta on esitetty (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Päävaroke ja vastaava oikosulkuvirta, (Caruna 2018)

PÄÄVAROKE (A)	OIKOSULKUVIRTA (A)
3x25, 3x35, 3x50	250
3x63	320
3x100	425

3x125	715
3x160	950
3x200	1250
3x250	1650

Taulukosta 1 nähdään että pienemmillä päävarokkeilla Carunan takaama oikosulkuvirta on ainoastaan 250 A. Näitä Carunan ilmoittamia oikosulkuvirta-arvoja voidaan käyttää kaapelimitoituskalkeissa.

Yli 3x50 A liittymillä jakeluverkko mitoitetaan siten, että yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymän päävarokkeella on vähintään (Taulukko 1) mukainen. Taulukossa (Taulukko 1) esitettyä oikosulkuvirtaa on käytettävä liittymän sisäisen verkon suojausten mitoituksessa, vaikka todellinen oikosulkuvirta suunnitteluhetkellä olisi suurempi. Syöttävä jakeluverkko voi muuttua, mikä voi tarkoittaa muutosta myös oikosulkuvirran suuruuteen. Carunan suosittelema liittymisjohto ja se poikkipinta-ala on esitetty taulukossa (Taulukko 2)

TAULUKKO 2 Päävaroke, johtotyyppi ja poikkipinta, Caruna 2018 urakoitsijaohjeet

PÄÄVAROKE (A)	JOHTOTYYPPI JA POIKKIPINTA
3x25, 3x35, 3x50	AXMK 4x25 mm <sup>2</sup>
3x35—3x63	AXMK 4x50 mm <sup>2</sup>
3x63—3x125	AXMK 4x95 mm <sup>2</sup>
3x125—3x200	AXMK 4x150 mm <sup>2</sup>
3x200—3x250	AXMK 4x240 mm <sup>2</sup>

Taulukko 2:n mukaan Caruna suosittelee päävarokkeeseen 3x50 A asti AXMK kaapelia 4x 25 mm<sup>2</sup>. Suositeltu poikkipinta kasvaa nopeasti päävarokeeseen kasvaessa.

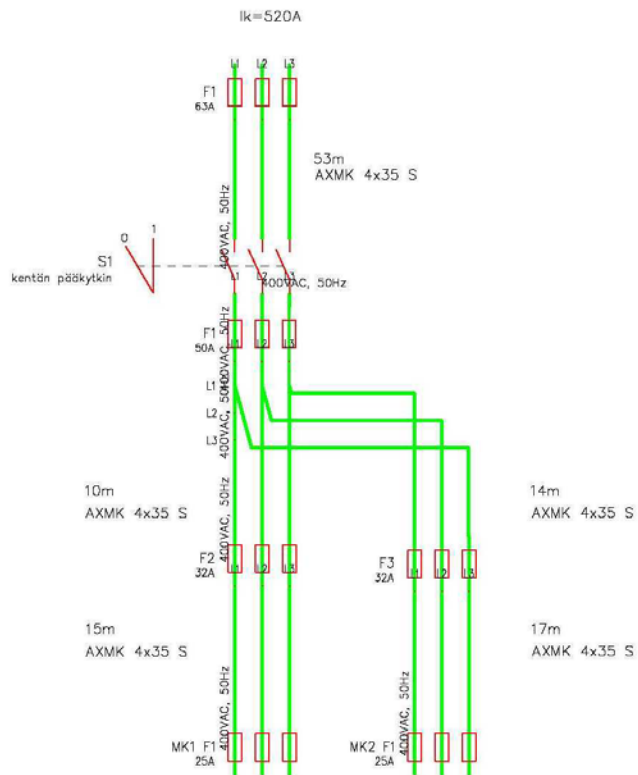
### 3.1 Oikosulkuvirran tarkastelu laskennallisesti

Kaapelityypiksi valittiin AXMK 35 mm<sup>2</sup>, johon on päädytty seuraavan laskelman perusteella. Harjoituskeskuksen syöttö otetaan koulun kampusalueen pääkeskuksen vapaasta 63 A lähdestä. Pääkeskuksen sulakkeet ovat 250 A kokoiset, joten laskelmissa käytetään Carunan ohjeen mukaisesti oikosulkuvirtaa 1650 A.

Syöttökaapelia kuormitettavuuteen eniten vaikuttava kohta on heti pääkeskukselta lähtevä rei'ittämätön kaapelihylly, johon asennettava kaapeli tulee 6:n muun kaapelin kanssa (yhteensä 7 kaapelia). Asennustapa on siten ”C” SFS 6000 taulukko A.52.3 ja kuormitettavuuskerroin taulukon SFS 6000 B.52.17 (yhteensä 7 kaapelia) on täten 0,72. Taulukon SFS 6000 C.52.1 ”Kuormitettavuus ampeereina” mukaan C asennustavan PEX eristetyille alumiinijohtimelle, jolla on 3 kuormitettua johdinta  $35\text{mm}^2$ , saa kuormittaa 112 A. Kun otetaan huomioon kuormituskerroin (lämpötila  $30^\circ\text{C}$ ) 0,72 saadaan 80.6 A, mikä ylittää valitun sulakekoon 63A.

Pienemmällä kaapelikoolla  $25\text{mm}^2$  olisi myös ylitetty 63 A vaatimus, mutta on taloudellisempaa käyttää kaapelikokoa AXMK  $35\text{mm}^2$ , koska myöhemmin samaiselle kaapelihyllylle voi tulla lisäkaapeleita, jotka huonontavat kuormituskerrointa ja varmuusmarginaali  $25\text{mm}^2$  kaapelille jäisi liian pieneksi. Maan alle tulevat kaapelimetrimäärät jäävät melko pieniksi, joten käytetään samaa AXMK  $35\text{mm}^2$  kaapelia myös näihin asennuksiin. 63 A sulakkeella johdon kuormitettavuuden minimiarvo on 70 A (SFS 600-1-1 taulukko Y 52.1). joten tämä vahvistaa AXMK  $35\text{mm}^2$  valinnan.

Ennen lisäkaapelointia vanhat kaapelit on kuvattu lämpökameralla ja varmistettu ettei minkään aikaisemman asennetun kaapelin lämpötila ylitä  $30^\circ\text{C}$  astetta, mikä on varsin hyvä arvo. Myös kaapelihyllyn kiinnitykset on varmistettu testaamalla kaapelihyllyn kiinnitykset ja kaapelihyllyn rakenteet, että ne kestävät uudesta kaapelista tulevan lisäpainon. Harjoituskentän kuormat tulevat olemaan varsin pieniä, mutta toteutus lasketaan maksimikuormituksella. Sähköoppilaat pääsevät tutustumaan ja tekemään kaapelikenkiä ja kaapelipäätteitä melko jäykkiin johtimiin ja isompiin kaapelipoikkipinta-aloihin verrattuna kevyeen sisäasennustyöhön (Kuva 3-4). Tarkempi kuva löytyy liitteestä 1.



KUVA 3-4. Kentän sulakkeet ja etäisyydet ilman valaisinkeskusta (Timo Juntunen, 2018)

Lasketaan oikosulkuvirtojen riittävyys:

Carunan mitoitusohjeen mukaisesti pääkeskuksen oikosulkuvirta  $I_k$  on 1650 A (pääsulakkeet 3x250 A). Jolloin kaavasta (1) voidaan ratkaista virtapiirin kokonaisimpedanssi  $Z$  (kaava 2).

$$D1\ 2017\ s.\ 95\ mukaisesti: \quad I_k = (c \times U) / (\sqrt{3} \times Z) \quad (1)$$

joten

$$Z = (c \times U) / (\sqrt{3} \times I_k) \quad (2)$$

, jossa

$I_k$  on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta

$c$  on kerroin 0.95

$U$  on pääjännite

$Z$  on virtapiirin kokonaisimpedanssi

Lasketaan pidemmän reitin mukaan. Jos pidemmällä reitillä oikosulkuvirta on riittävä, niin myös lyhyempi reitti MK1:lle on kunnossa (molemmilla reiteillä samat komponentit ja poikkipinnat kaapeleissa)

$$Z_{pääkeskus} = (0.95 \times 400V) / (\sqrt{3} \times 1650A) = 0.1330 \Omega$$

$$\begin{aligned} Z_{kaapelijakokaappi\_1} &= Z_{pääkeskus} + \frac{1.089 \Omega}{km} * 0.053 km + \frac{1.089 \Omega}{km} * 0.053 km \\ &= 0.248 \Omega \end{aligned}$$

$$I_{k-kaapelijakokaappi} = (0.95 \times 400V) / (\sqrt{3} \times 0.248 \Omega) = 884 A$$

vaadittu mitattu arvo on 50 A sulakkeelle 5s:ssa 250 A (D1 s. 94 taulukko 41.5), joten kaapelijakokaapin sulakkeet toimivat vaaditussa ajassa.

$$\begin{aligned} Z_{kaapelijakokaappi\_2} &= Z_{pääkeskus} + \frac{1.089 \Omega}{km} * 0.067 km + \frac{1.089 \Omega}{km} * 0.067 km \\ &= 0.279 \Omega \end{aligned}$$

$$I_{k-kaapelijakokaappi} = (0.95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 0.279 \Omega) = 786 A$$

vaadittu mitattu arvo on 32 A sulakkeelle 5s:ssa 150 A, joten kaapelijakokaapin sulakkeet toimivat vaaditussa ajassa.

$$\begin{aligned} Z_{mittauskeskus\_2} &= Z_{kaapelikokaappi\_2} + \frac{1.089 \Omega}{km} * 0.017 km + \frac{1.089 \Omega}{km} * 0.017 km \\ &= 0.316 \Omega \end{aligned}$$

$$I_{k-mittauskeskus\_2} = (0.95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 0.316 \Omega) = 694 A$$

vaadittu mitattu arvo on 25A sulakkeelle 5s:ssa 110 A, joten mittauskeskuksen sulakkeet toimivat vaaditussa ajassa.



Mittauskeskuksessa on C-käyrän 16 A johdonsuoja-automaatteja. Lasketaan vielä suurin sallittu johdon pituus kaavalla (3) 16 A C-käyrän sulakkeelle Mittauskeskukselle 2.

$$l = ((c \times U)/(\sqrt{3} \times I_k) - Z_V)/(2 \times z) \quad (3)$$

, jossa

$l$  on johdon maksimi pituus

$I_k$  on oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

$c$  on kerroin 0.95

$U$  on pääjännite

$Z_V$  on impedanssi ennen suojalaitetta

$z$  on suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$$l = ((0.95 \times 400 \text{ V})/(\sqrt{3} \times 160 \text{ A}) - 0.316 \text{ } \Omega)/(2 \times 8.77 \text{ } \Omega/\text{km})$$

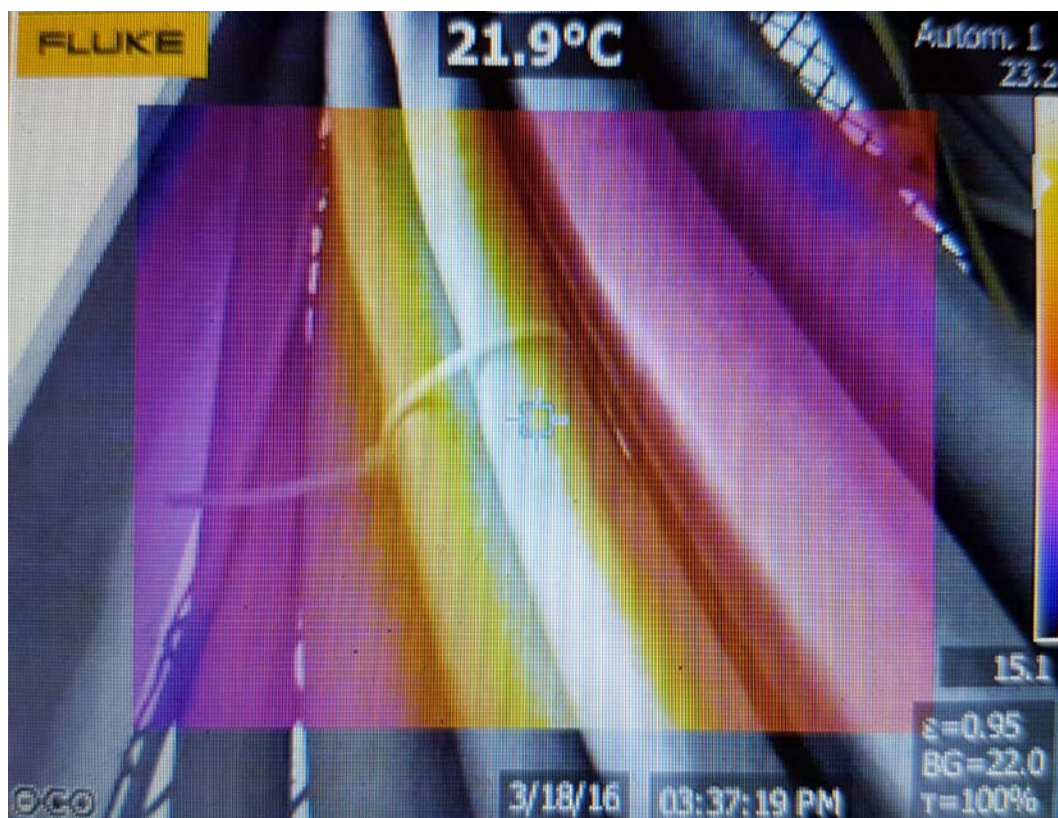
$$l = 60 \text{ m}$$

2,5m<sup>2</sup> MMJ johdin saa asennuskopissa olla maksimissaan 60 m päässä mittauskeskuksesta. Tätä mittaa ei ylitetä 8m<sup>2</sup> kopissa missään asennusharjoituksessa. Mittauskeskus 1:n oikosulkuvirrat ovat vielä parempia, koska ratkaisu on identtinen molemmille keskuksille, ainoastaan johdot ovat hieman lyhyemmät.

### 3.2 Vanhojen kaapeliasennusten ja kaapelihyllyn tarkistaminen

Ennen harjoitussähkökentälle vedettävän AXMK kaapelin asentamista, on varmistuttava siitä, että käytettävä kaapelihylly mekaanisten kiinnitystensä puolesta kestää vielä tämän uudenkin kaapelin painon ja varmistetaan myös, että vanhat PVC-eristeiset kaapelit eivät kuumene uuden kaapelin asentamisen johdosta yli +70 °C asteeseen. Myöskin uuden vedettävän kaapelin paikka on hyvä varmistaa mielellään siten, että jos hyllyn reunalla on tilaa, sijoitetaan uusi kaapeli tähän tilaan, ei kuitenkaan eniten lämpenevän kaapelin välittömään läheisyyteen. Kaapelihylly tutkittiin ja varmistettiin, että sen mekaaninen kestävyys riittää uudellekin kaapelille.

Vanhat kaapelit lämpökuvattiin ja todettiin että puolilämpimän kellarin lämpötila oli 18°C astetta ja kuumin kaapeli oli kaapelihyllyllä lämpötilassa 21,9°C astetta. Tässä (Kuva 3-5) esitetään lämpökamerakuva vanhoista kaapeleista sellaisella hetkellä, kun saattoi olettaa kampusalueen kuormituksen olevan maksimaalinen sähkönkulutuksen suhteen. Kuva otettiin 22.03.2018 klo 14:37 (lämpökameran oma aika/päiväys virheellinen), joten tässä tekstissä mainittu kellonaika on todellinen kuvanottohetki, jolloin kampusalueen konekanta oli normaalissa käyttöasteessa ja suurin sähkökäyttäjä metalliosasto oli normaalissa työstökoneiden käyttötilassa.



KUVA 3-5. Lämpökamerakuva vanhoista asennuskaapeleista. (Timo Juntunen 2018)

Lämpökamerakuva (Kuva 3-5) on otettu kaapelihyllyn päältä puolilämpimässä kuvausmoodissa siten että lämpökameran mittausväritys näkyy läpi digikuvan päällä. Havaitaan että lämpötilan puolesta uuden kaapelin lisäykselle ei ole estettä ja myös kaapelihyllyltä löytyy vapaata tilaa hyllyn oikealta reunalta niin, ettei uutta kaapelia tarvitse sijoittaa vanhojen kaapeleiden päälle. Eniten lämpenevät kaapelit löytyvät kuvan keskiosasta.

### 3.3 Kentän ympäristö maa-aineksineen ja järjestelmien sijoittelu

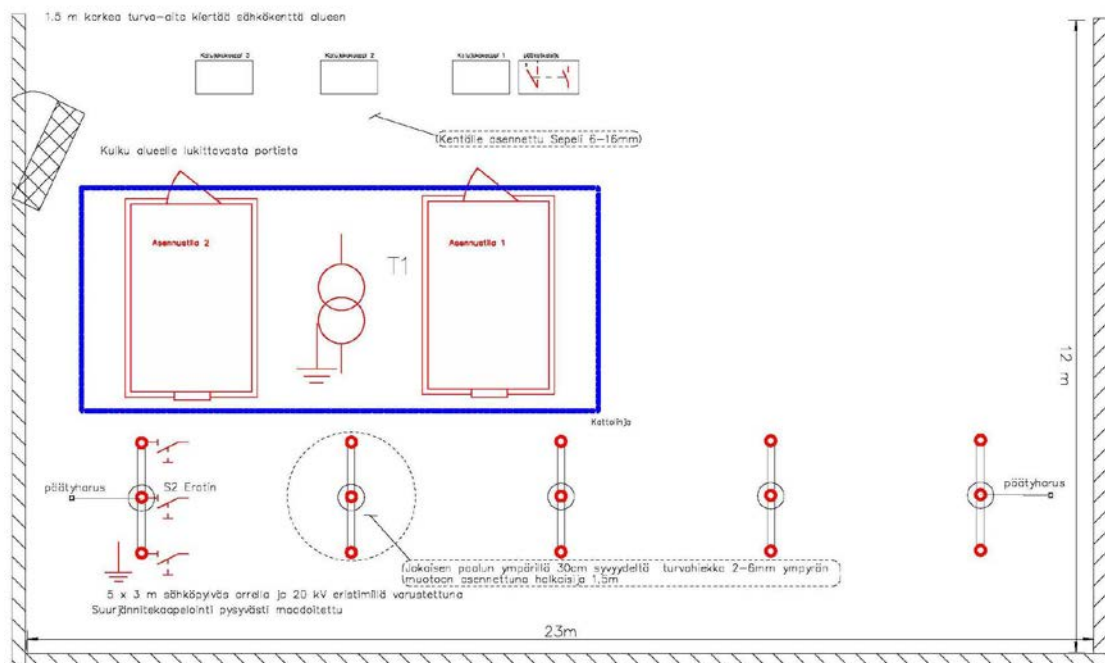
Seuraavat asiat on hyväksytty alueen rakentamisen suhteen:

- alueelle tulee aidata ja sinne kulku ainoastaan lukittavan portin kautta
- alueen aitaan tulee pääsy kielletty kyltit
- alue katetaan 6-16 mm soralla (Kuva 3-6), että saadaan kenkien mukana kulkeva maa-aines minimoitua.
- 2-6 mm suojahiekka (Kuva 3-6) tulee sähköpylväiden juureen



KUVA 3-6. Kiviainekset 2-6mm ja 6-16mm (taloon.com 2018 / Ruudus, 2018)

Kuvassa (Kuva 3-6) vasemmalla oleva turvahiekka on selvästi hienorakeisempaa verrattuna karkeaan soraan, jolla saadaan tehtyä ympäristö siistiksi. Sähkökentän ympäristö maa-aineksineen selviää kuvasta (Kuva 3-7). Tarkempi kuva löytyy liitteestä 2.



KUVA 3-7. Sähkökenttä sijoittelu (Timo Juntunen, 2018)

Harjoituskentän ympärille rakennetaan lukittavalla portilla varustettu aita (Kuva 3-7), joka estää ulkopuolisten pääsyn alueelle.

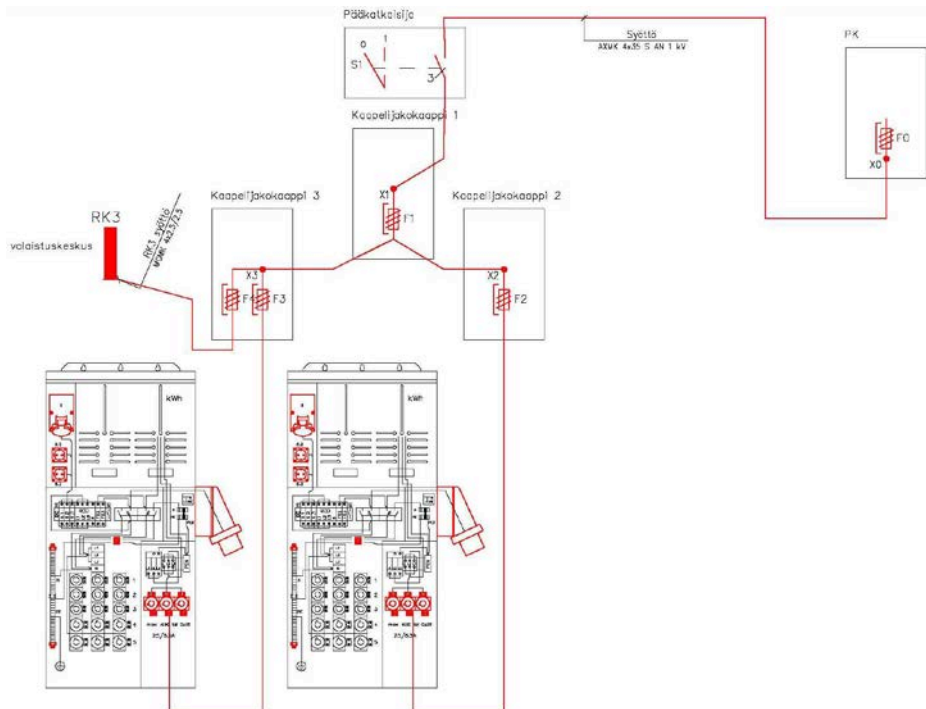
### 3.4 Pienjännitejärjestelmät:

Kentälle tulevat pienjännitejärjestelmät selviävät seuraavasta kuvasta (Kuva 3-8) ja (Kuva 3-9). Tarkemmat kuvat löytyvät liitteistä 3 ja 4.  
Valitut sulakkeet selviävät taulukosta (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Valitut sulakekoot

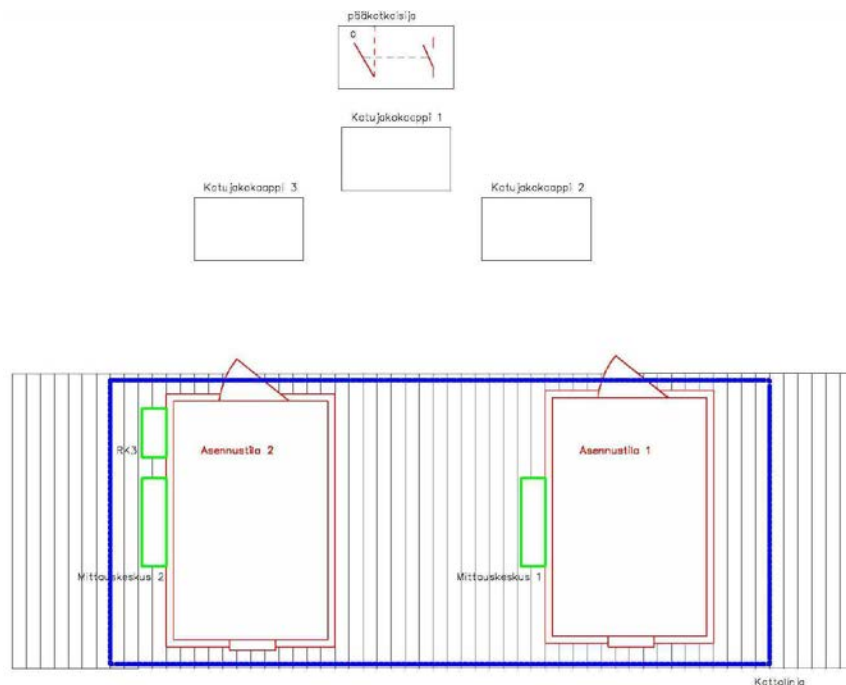
Pääkeskus:	63 A
Kaapelijakokaappi 1:	50 A
Kaapelijakokaappi 2:	35 A
Kaapelijakokaappi 3:	35 A
Kaapelijakokaappi 3:	16 A -> valaistuskeskus RK3
Mittauskeskus 1:	25 A
Mittauskeskus 2:	25 A

Käyttämällä taulukon (Taulukko 3) sulakekokoalintoja, sulakesuojaus toimii selektiivisesti.



KUVA 3-8. Pienjännitejärjestelmät (Ensto sähkökeskukset, Timo Juntunen, 2018)

Kuvassa (Kuva 3-8) on pienjännitejärjestelmä, johon on piirretty 2 kpl Enston generaattorikytkimellä varustettua sähkökeskusta, joiden liittymäjohtojen poikkipinnoiksi sallitaan kaapelit, joiden johtimet ovat välillä 6-50 mm<sup>2</sup>.



KUVA 3-9. Pienjännitelaitteet sijoittelu

Kuvassa (Kuva 3-9) on piirretty pienjännitejärjestelmän osien sijoittelu toisiinsa nähden.

Kaapeliksi valittu AXMK 4x35 S (Kuva 3-10), jonka tekninen taulukko löytyy liitteestä 6.



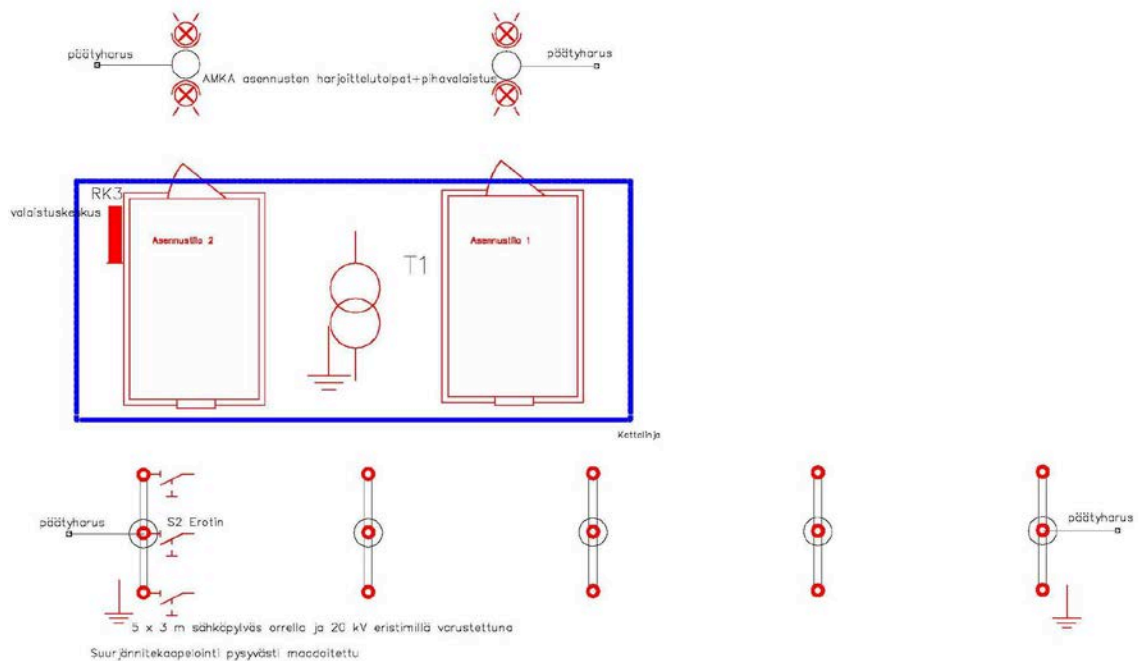
KUVA 3-10. AXMK voimakaapeli. (REKA kaapelit 2018)

Kuvassa (Kuva 3-10) näkyy AXMK kaapelin sektorimainen alumiiniköysirakenne.

Liitteestä 6 selviää kaapelin paino, joka on 650 kg/km, joten metriä kohti painoa tulee 650 g/m, joka täytyy huomioida lisäkuormana vanhalle kaapelihyllylle ja varmistaa kaapelihyllyn kestävyys tämän lisäpainon osalta.

### 3.5 Sähkökentälle tulevat 20kV järjestelmät, valaisin- ja AMKA asennusten harjoittelupylväät

Kuvassa (Kuva 3-11) selvitetään 20 kV järjestelmät, jotka kentälle tullaan asentamaan. Tarkempi kuva löytyy liitteestä 5. Uudistetulla sähkökentällä on pyritty painottamaan oleellisia asioita sähköverkosto-opetukseen liittyen. Keskijännitekenttä on maadoitettu pysyvästi molemmista päistä oppilasturvallisuuden takia. AMKA harjoittelupylväät ja samalla pihavalaistustolpat tulevat asennuskoppien ovipuolelle. Valaistuskeskus RK3 tulee vasemmanpuoleisen asennuskopin ulkoseinään.



KUVA 3-11. 20 kV järjestelmät (Timo Juntunen, 2018)

Kuvassa (Kuva 3-11) on 5 kappaletta 20 kV orsilla ja eristimillä asennettua pylvästä, joiden maanpäällinen korkeus saa olla 3 metriä. Kuvan yläosassa on kaksi tolppaa AMKA asennusharjoitusten tekemiseen. Näihin tolppiin asennetaan myös alueen kohdevalaistus yhteensä neljällä laajakeilaisella kohdevalolla.

## 4 HARJOTTEISIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS

Tähän lukuun on koostettu muutamia ohjeistuksia, joihin oli tarvetta tehdä täydentävää materiaalia harjoituskentän harjoituksia varten. Kentällä suoritettavien harjoitusten määrä tulee olemaan suurempi ja harjoitukset vastaavat opetussisältöjen tarkistuslistan vaatimuksia.

### 4.1 Jännitteetön huolto-, korjaus-, tai rakentamistyö keskijännitelinjassa

SFS 6002 Käytännössä käsittelee luvuissa 6.2- työskentelyä jännitteettömän sähkölaitteiston niin että se voidaan tehdä mahdollisimman turvallisesti. Sääolot voivat estää kokonaan työn aloittamisen, jos työpisteen vaikutusalueella esiintyy, vaikka ukkosta.

Työkohde ja -alue on määriteltävä tarkoin, jotta työnaikaisia vaaratilanteita ei pääse syntymään. Tähän, määriteltyyn työkohteeseen sähkölaitteistossa tehdään aina seuraavat kolme tärkeää toimenpidettä alla olevassa järjestyksessä:

1. täydellinen erottaminen
  2. jännitteen kytkemisen estäminen
  3. laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
- Tästä järjestyksestä saa poiketa ainoastaan pakottavassa tilanteessa. Tarvittaessa tehdään myös jompikumpi seuraavista tai molemmat
4. työmaadoittaminen
  5. suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta (SFS 6002 Käytännössä, 6.2)

Nämä lainaukset kirjasta ”SFS 6002 Käytännössä” on tehty suoralainauksina, koska niissä olevat ohjeet voivat muuttua oleellisesti, jos niitä lähdetään kirjoittamaan omatulkintaisesti.

### 4.2 Työmaadoittaminen

Vammalan ammattikoululla on uudistettu työmaadoitusvälineet, joissa käytetyn johtimen poikkipinta-ala on 16 mm<sup>2</sup> kuparia (Kuva 4-1)

Irrallinen työmaadoitusväline (SFS-EN 61 230) kytketään ensin maadoituspisteeseen (PE) ja sen jälkeen maadoitettaviin osiin. Laitteet poistetaan päinvastaisessa järjestyksessä.

Työmaadoituslaitteiden pitää olla nähtävissä työpisteestä, aina kun se on mahdollista. Muulloin työmaadoitus pitää asentaa niin lähelle työkohdetta kuin se on kohtuudella mahdollista.

Jouduttaessa liittämään tai katkaisemaan johtimia, voi syntyä vaarallisia potentiaalieroja.

Potentiaalierot estetään yhdistämällä ja/tai työmaadoittamalla johtimet työkohteessa ennen johtimien katkaisua tai liittämistä. Ennen työmaadoittamista, on työmaadoitettavan laitteiston osan jännitteettömyys varmistettava. (SFS 6002 Käytännössä, 6.2)



KUVA 4-1. Työmaadoitusvälineet (Timo Juntunen 2018)

Kuvassa (Kuva 4-1) on nykyaikaiset kiertämällä lukittavat maadoitusvälineet, joille on vanerista tehty asianmukainen seinäsäilytysteline.

### 4.3 Pienjännite ja pienoisjänniteasennuksia koskevat vaatimukset

Työmaadoittaminen voi olla tarpeellista myös pienjännite ja pienoisjänniteasennuksissa. Seuraavassa on suora lainaus tilanteista, joissa työmaadoitus tarvitaan

Pienjännite- ja pienoisjänniteasennuksissa työmaadoittaminen on tarpeen silloin kun on vaara laitteiston tulosta jännitteiseksi, esimerkiksi:

- johtoja joiden kanssa muut johdot risteävät
- varavoimageneraattoreista

Työskenneltäessä pienjänniteavojohdoilla kaikki johtimet mukaan luettuna nol-lajohdin ja esim. tievalaistuksen kytkentä- ja ohjausjohtimet, pitää työmaadoittaa mahdollisimman lähellä työaluetta.

(SFS 6002 Käytännössä 6.2)

### 4.4 Suurjänniteasennusten vaatimukset

Suurjänniteasennuksissa työmaadoittaminen on hyvin tärkeässä roolissa. Vammalan ammattikoululle on hankittu myös uusi itsetestauksella varustettu suurjännitteenkoetin, jonka käytön harjoittelu on myös tärkeää suurjänniteasennuksia harjoiteltaessa.

Erotuspisteessä tai sen lähellä käytettävän työmaadoituksen pitää kestää myös siihen kohdistuva oikosulku. Silloin työmaadoitusta kutsutaan SFS 6002 standardissa päätyömaadoitukseksi. Maadoittamista ja potentiaalintasausta voidaan käyttää lisäksi estämään työkohteessa esiintyviä vaarallisia jännitteitä. Tällöin työmaadoitusta kutsutaan lisätyömaadoitukseksi.



Paljaiden ilmajohtojen ja paljaiden johtimien työmaadoittaminen pitää tehdä työalueeseen nähden kaikilla suunnilla kaikissa tulevissa johtimissa. Vähintään yhden työmaadoituslaitteen tai -välineen on oltava nähtävissä työalueelta. Näihin sääntöihin on seuraavat poikkeukset:

-Töissä, joissa johtimia ei katkaista työn aikana, hyväksytään yhden työmaadoituslaitteen tai -välineen käyttö työalueella.

-Mikäli työmaadoitusvälineitä tai -laitteita ei voi nähdä työalueelta, työkohteeseen pitää asentaa paikallinen työmaadoituslaite tai -väline tai merkitä työmaadoituskohde tai muulla tavalla ilmaista työmaadoitettu kohde.

Työmaadoituksen näkymistä työalueelle ei edellytetä, kun kyseessä on yhdestä suunnasta syötetty haarajohto tai kahdesta suunnasta syötetty johto ja johdot ovat helposti tunnistettavissa siten, että erehtymisen vaaraa ei ole. Tässä tapauksessa riittää, että oikosulun kestävä päätyömaadoitus tehdään erotuskohdissa tai erotuskohtien ja työkohteen välillä. Jos päätyömaadoitus on yli 3 kilometrin päässä työalueelta, pitää työalueella tehdä lisätyömaadoitus poikkipinnaltaan vähintään 16 mm<sup>2</sup> kuparia olevalla työmaadoitusvälineellä.

(SFS 6002 Käytännössä 6.2)

#### 4.5 Avojohtojen kiinnittäminen 20kV:n eristimen keskiuraan

Ohjeistusta on kerätty keskusteluissa alan ammattilaisten kanssa ja hyödynnetty myös omia kokemuksia linjatyöstä. Vaikka avojohtojen sitomisesta on erilaisia hieman toisistaan poikkeavia variaatioita sähköverkkojen ylläpitäjien välillä, on tärkeää, että sidonta onnistuu luotettavasti pitämään avojohtojen kiinni eristimessä ja sidonta on niin tiukka, ettei avolanka pääse mekaanisesti liikkumaan eristintä vastaa esimerkiksi tuulen vaikutuksesta. Netistä löytyy kuvakirjasto suomalaisista sähköpylväistä (<http://calm.iki.fi/tolpat/>). Näiden tuhansien kuvien joukosta löytyi noin sata lähikuvaa sähköpylväistä, joista eristimen sidontatekniikka voidaan havainnoida.

Kun tolppa on vielä maassa vaakatasossa, siihen yleensä asennetaan orsi jo paikoilleen. Nosturi tai paalusaksilla varustettu kaivuri nostaa tolpan (Kuva 4-2) paikoilleen pystyyn. Johtimet vedetään paikoilleen vetorullia käyttämällä (Kuva 4-3). Johdot kiristetään vetosammakoita (Kuva 4-2), taljoja (Kuva 4-2) ja vinssejä hyväksikäyttäen lopulliseen kiireyteensä. Johtimien kiristämisen jälkeen vetorullat puretaan ja suoritetaan johtojen sitominen eristimeen. Taljavetoa ei saa kohdistaa suoraan posliini- tai lasieristimeen, eikä kannatinortta saa kuormittaa yksipuolisesti. Työ tulee suunnitella aina siten, ettei asentaja ole koskaan vetojännitteisten osien välissä. Asentajan täytyy aina pystyä varmistamaan vetotilanteissa, ettei työkalun tai tukipisteen pettäminen aiheuta työtapaturmaa. Harustaminen sähköpaaluille on myös tehtävä ennen kuin paalua voidaan käyttää taljan tukipisteenä.



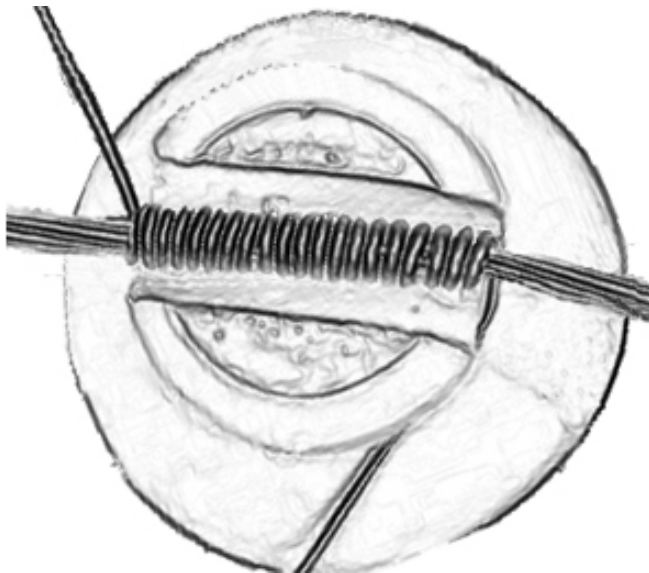
KUVA 4-2. tolppa alumiiniorrella ja tarvikkeita (Tuomas Lähde, SLO, Uikkanen Oy)

Kuvassa (Kuva 4-2) on johtimen vetämiseen ja kiristämiseen tarkoitettuja työkaluja. Kuvan vasemmassa reunassa on pelkkä pylväs orsineen ja orressa on kiinni keskiuralliset eristimet.



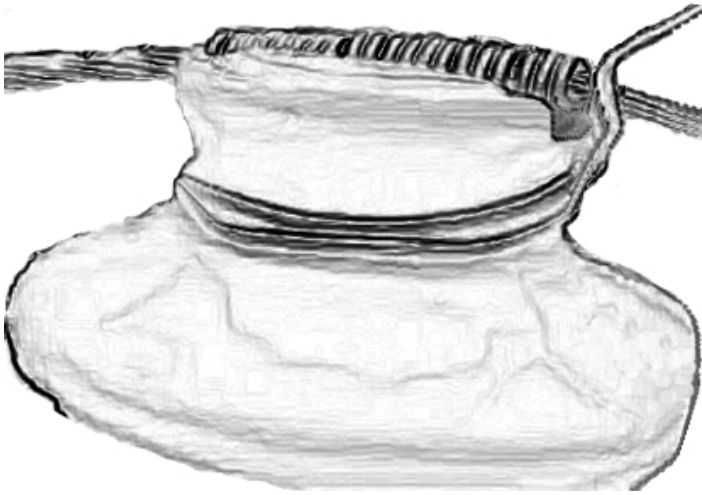
KUVA 4-3. Kaapelin veto vetorullia käyttäen (Janne Määttä, 2012, [calm.iki.fi/tolpat/kuva](http://calm.iki.fi/tolpat/kuva))

Kuvassa (Kuva 4-3) näkyy selkeästi vetorullien kiinnitys, vetorullat ovat helposti poistettavissa kaapelivetotyön jälkeen. Johtimen sidontaharjoitus voidaan tehdä puupölliin kiinnitettyyn eristimeen maan tasolla. Otetaan alumiininen sidelanka ja sidotaan se kiertämällä johtimen ympäri eristinlautasen keskiuran leveydeltä. Orren päälle vedetty johdin on joissakin johtimen vetotilanteissa niin kireällä, että suoraan eristimen päällä työskentely on varsin hankalaa. Tämä keskiuraan pituinen kierrepacketti tulee voida tarvittaessa siirtää eristimen päälle nostamalla johdinta ja työntämällä se eristimen keskiuran kohdalle (Kuva 4-4). Tässä kuvassa (Kuva 4-4) kierrepacketti on jo oikealla kohdallaan eristimen päällä.



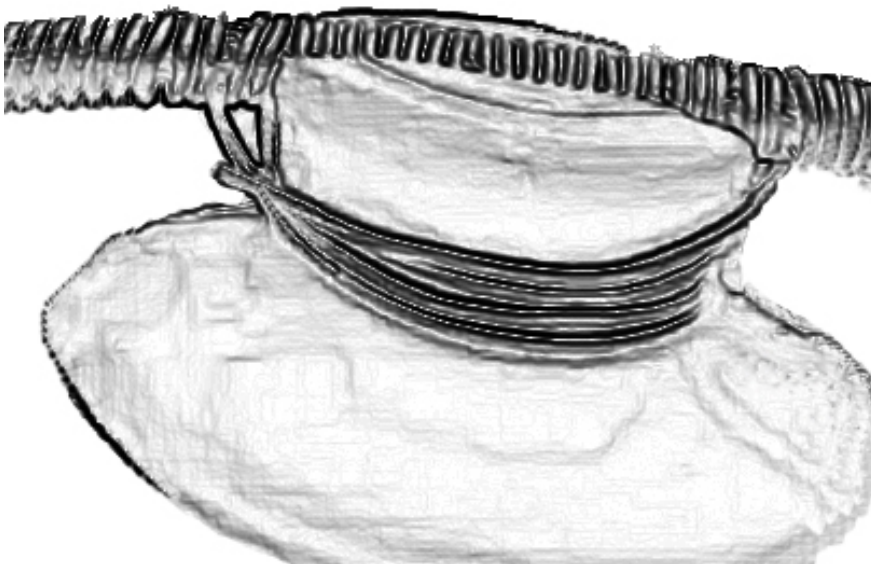
KUVA 4-4. Sidelanka kierretään johtimeen (Timo Juntunen, 2018)

Kierretään sidelanka kerran eristimen yläosan kaulan ympäri molemmilta puolilta ja sitten kierretään sidoslanka 2-4 kertaa johtimen ympäri ja jälleen toinen kierros eristimen kaulalle (Kuva 4-5). Tämä lisäkierteiden määrä riippuu johdonvedon työryhmän työnjohdon valitsemasta sidontatavasta, johon vaikuttaa eristimen malli, johtimen tyyppi ja käytetty sidontalanka. Vuosikymmenien aikana eristinmalleja on ehtinyt olla useita ja siten linjatyössä kokemus on hionut yhtäkohtaisia yksilöllisiä sidontaratkaisuja.



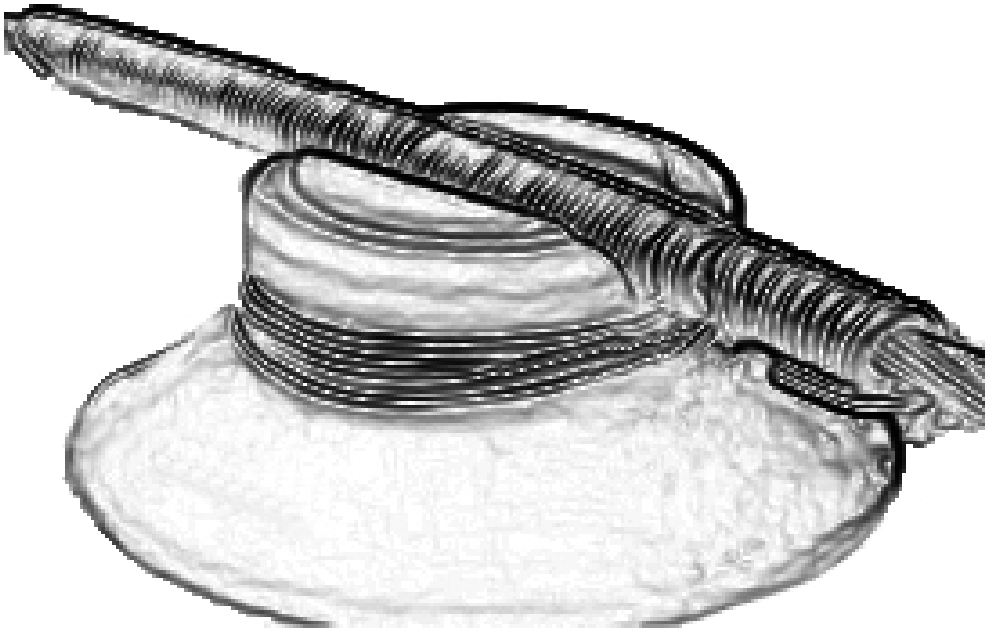
KUVA 4-5. Sidoslanka eristimen kaulalle 2 kertaa (Timo Juntunen, 2018)

Suoritetaan eristimen kaulan kiertäminen molemmilta puolilta 2 kertaa ja kierrosten välissä kierretään johtimelle 2-4 kierrosta (Kuva 4-6) mukaisesti. Kuvassa 4-6 on tehty 2 kierrosta johtimen ympäri ennen uutta eristimen kaulakierrosta. Koska eristimen kaula kierretään molemmilta puolilta 2 kertaa, eristimen kaulan ympäri tulee yhteensä 4 kierrosta sidoslankaa.



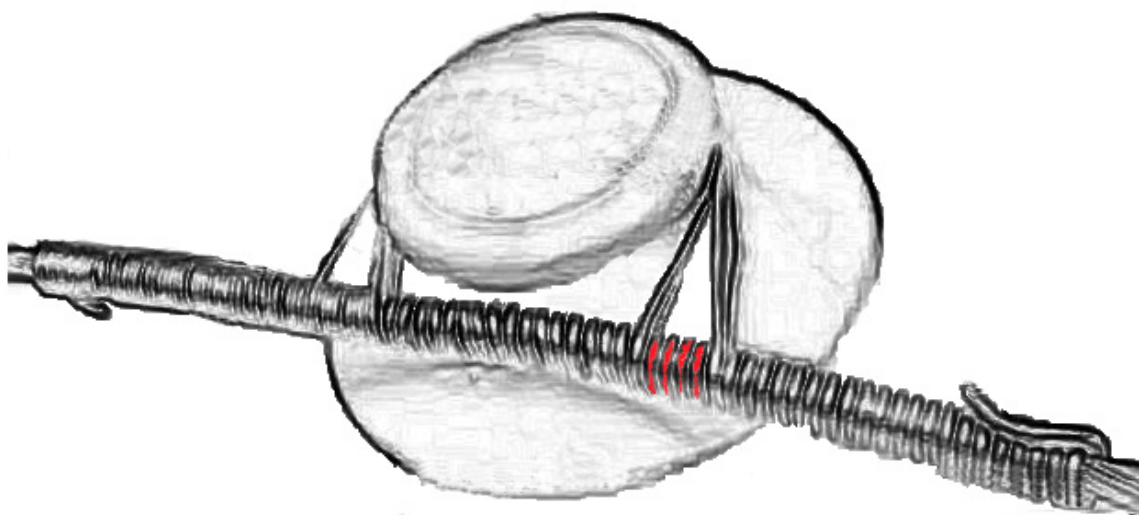
KUVA 4-6. Neljä kierrosta sidelankaa eristimen kaulalla (Timo Juntunen, 2018)

Kierrä jäljelle jäänyt alumiininen sidelanka johtimen ympärille ja taivutetaan viimeiset noin 3 cm sidelankaa tehdyn kierteen päälle. (Kuva 4-7)

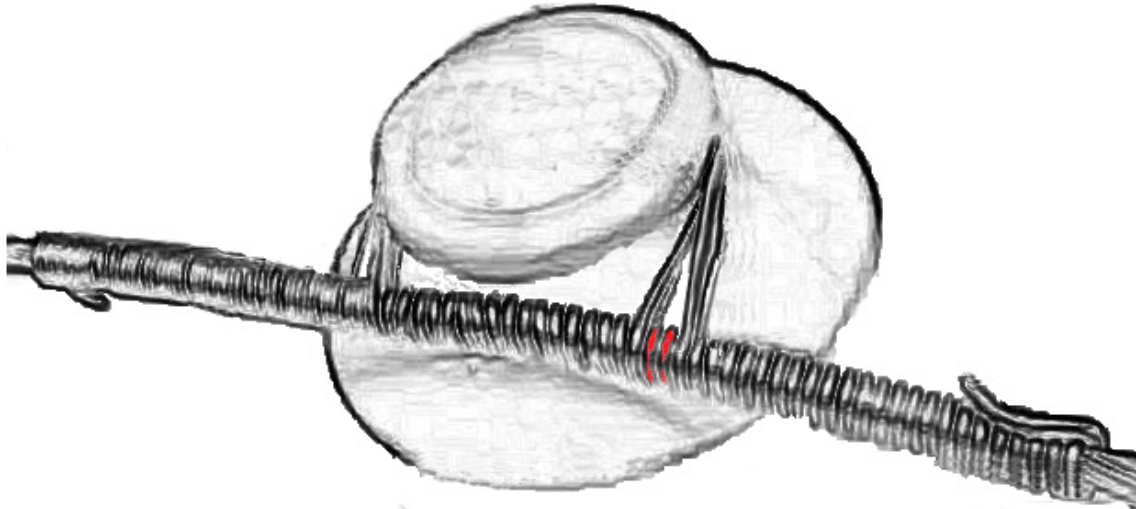


KUVA 4-6. Valmis sidottu 20 kV eristin (Timo Juntunen, 2018)

Eristin voidaan sitoa myöskin sivusta, jolloin sidonnasta tulee kuvan (Kuva 4-8) mukainen. Tässä sidontamallissa on tehty 4 lisäkierrosta johtimen ympäri ennen kuin on tehty uusi kierros sidelangalla eristimen kaulan ympäri. (Kuva 4-8) Esimerkin vuoksi on esitetty (Kuva 4-9) myös sidontamalli, jossa on vain 2 lisäkierrosta ennen sidontalangon kiertämistä eristimen ympäri.



KUVA 4-7. Sivusta sidottu eristin 4 väläkierrosta (Timo Juntunen 2018)



KUVA 4-8. Sivusta sidottu eristin 2 välikierrosta (Timo Juntunen 2018)

Kuvissa (Kuva 4-8 ja Kuva 4-9) on esitetty yleisimpiä sidontatapoja, kun johdin sidotaan eristimen viereen. Sidontatekniikoissa löytyy verkonrakentajakohtaisia eroavuuksia. Sidoksen tavoite on pitää johdin tiiviisti kiinni eristimessä. Jos tämä onnistuu siten, että johdin pysyy koko käyttöikänsä paikoillaan eikä pääse liikkumaan esimerkiksi tuulen tai muun sääilmiön vaikutuksesta, ollaan johtimen sidontatyössä onnistuttu hyvin.

Esimerkki todellisesta linja-asennuksesta löytyy kuvasta (Kuva 4-10), jossa on tehty 2 lisäkierrosta johtimeen ennen kuin sidontalanka on viety uudestaan eristimen ympäri .



KUVA 4-9. Elenian verkossa tehty avojohtimen sidonta eristimen viereen (Timo Juntunen 2018)

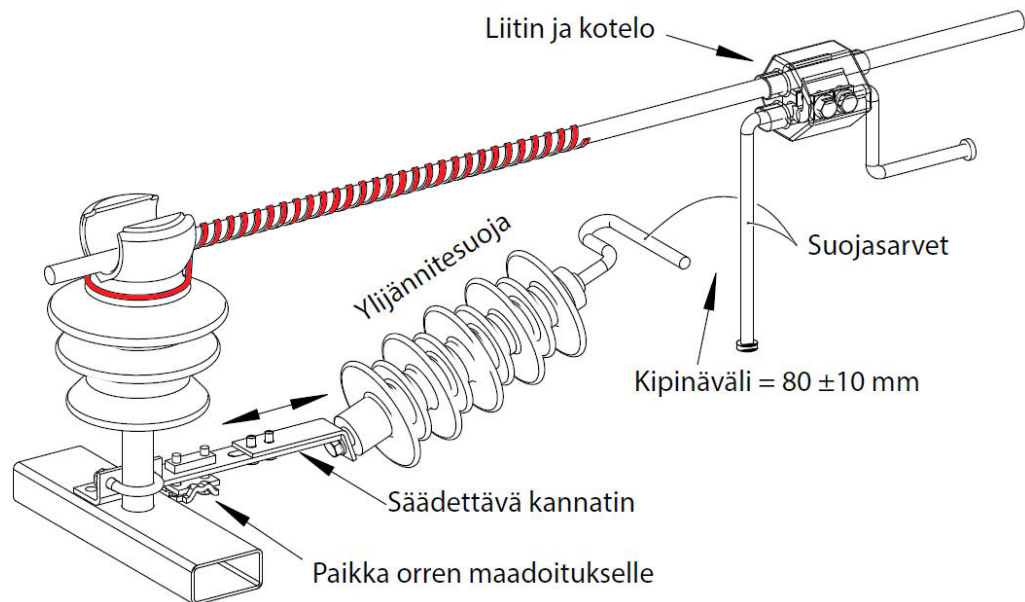
#### 4.6 PAS-johdon kiinnittäminen 20 kV:n eristimeen

Johdin sidotaan eristimen huipulle tai kaulalle esijännitetyllä siteellä tai alumiinisella sidelangalla. Esijännitetyjä sidelankoja (Kuva 4-11) löytyy kokoja CO35, CO70, CO120 tai SO216 ja niitä asennetaan kaksi sidettä johdinta kohti (vastakkain peilikuvina). Al-sidelankana ENSTO suosittelee käytettävän ainoastaan 25 mm<sup>2</sup> lankaa, koska sitä voidaan käyttää valokaarisuojaliittimien yhdistämiseen eristimen kaulaan. 16 mm<sup>2</sup> Al-side-lanka ei sovellu valokaarisuojaukseen. (ENSTO sähköjakeluverkkojen ilmajohtoratkaisu, 2018, 28)



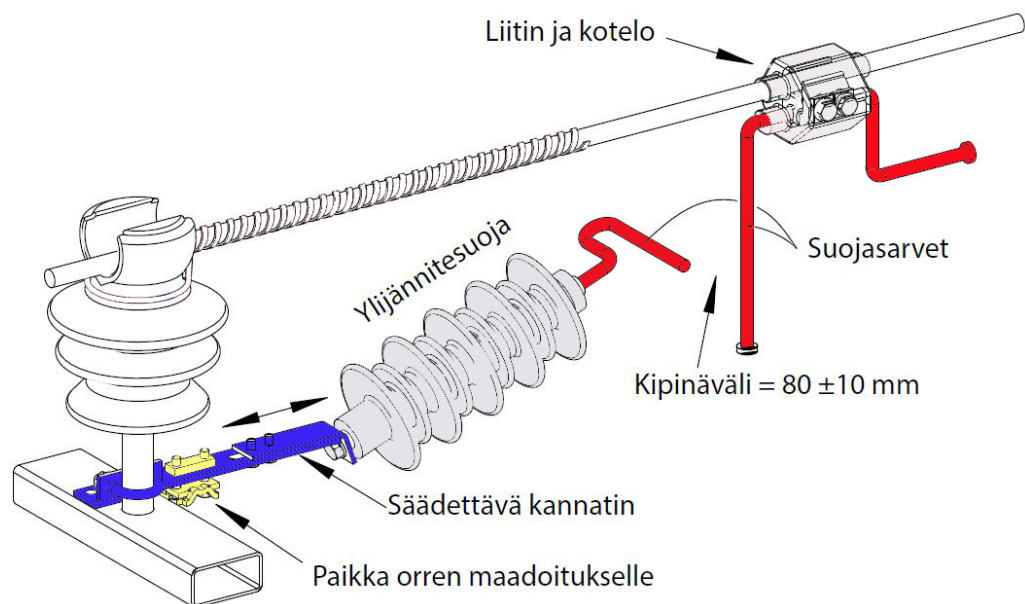
KUVA 4-10. PAS side (ENSTO ilmajohtoratkaisut, 2018)

PAS johtimen sitominen esijännitetyllä siteellä tapahtuu kuvan (Kuva 4-12) esittämällä tavalla. Kuvassa (Kuva 4-12) on korostettu punaisella värillä ainoastaan yksi esijännitetty side, mutta lopulliseen asennukseen tulee tehdä kaksi vastakkain asennettua sidettä (Kuva 4-14). Kuvassa (Kuva 4-13) on esitetty myös ylijännitesuojan asentaminen tarvikkeineen. Johdon suojauksessa tulee edullisemmaksi, jos käytetään virtaa rajoittavaa suojaa verrattuna pelkkään ylijännitesuojaan, tällöin voidaan käyttää pienempää ylijännitesuoja ja saavuttaa kustannussäästöjä. Käyttöjännite ei vaikuta pienemmän suojan yli, koska suojan toinen pää on ilmassa. Kun käytetään tätä suojaustapaa, niin kuluttajille aiheutuvat sähköjakeluhäiriöt vähenevät. Kun suojaus toimii sähköaseman katkaisija ei laukea ja sähkön jakelu toimii häiriöttömämmin. (ENSTO sähköjakeluverkkojen ilmajohtoratkaisut, 2018, 22)



KUVA 4-11. Esijännitetyn siteen asentaminen, punainen korostusväri, (ENSTO 2018, kuvan värit Timo Juntunen)

Kuvassa (Kuva 4-13) PAS johtimen sidonta valmiilla esijännitetyllä alumiinisidelangalla. PAS johtimessa on päällysteenä musta säänkestävä PEX muovi. PAS johtimien käyttö vähentää käyttöhäiriöitä tavalliseen avojohdtimeen verrattuna. Maastoon tehty linjaväylä on kapeampi kuin avojohdinta käytettäessä.



KUVA 4-12. Ylijännitesuojan osat ja asennus värikorostuksella, (ENSTO 2018, kuvan värit Timo Juntunen)



Kuvassa (Kuva 4-13) on väritetty kaikki ne osat, jotka kuuluvat ylijännitesuojan asennuskokonaisuuteen.

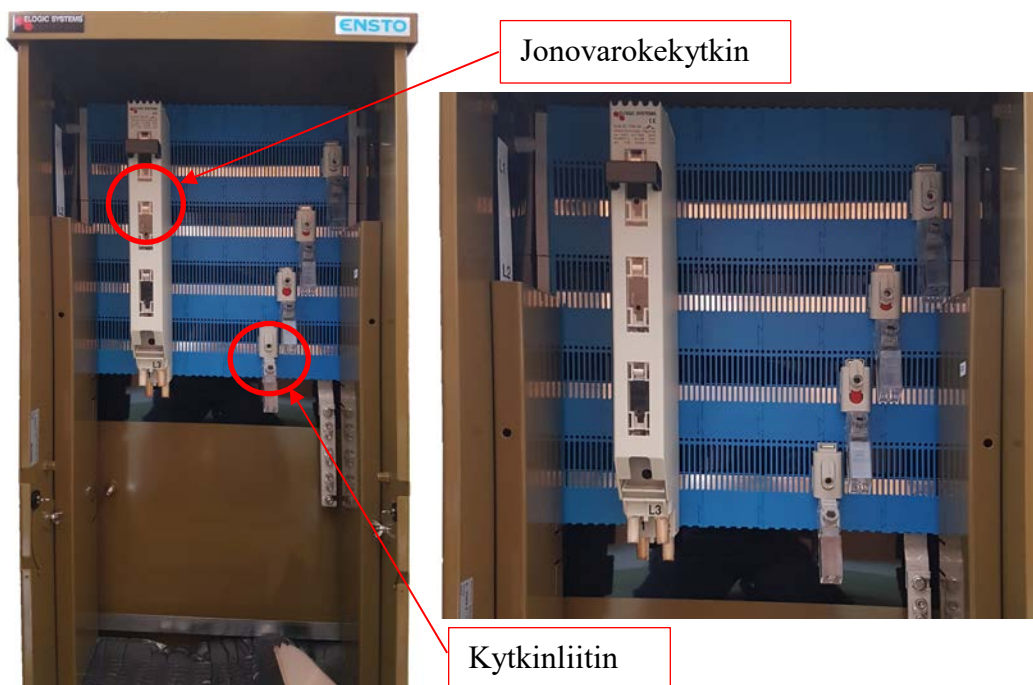


KUVA 4-13. Esijännitetyt siteet vastakkaisiin suuntiin (ENSTO 2018)

Kuvassa (Kuva 4-14) nähdään todellinen linja-asennus PAS johdinta käyttäen. PAS-johdin on sidottu kahdella vastakkaisiin suuntiin asennetulla esijännitetyllä alumiinisiteellä.

#### 4.7 Kaapelijakokaappeihin liittyvät asennustyöt

Nykyaikainen kaapelijakokaappi on suunniteltu siten, että sinne voidaan jännitteisenä lisätä jonovarokeytkimiä kaapeleineen jännitetyönä koskettamatta jännitteisiä osia. Enston kaapelijakokaappi (Kuva 4-15) on tästä ajattelumallista esimerkkinä.



KUVA 4-14. Kaapelijakokaappi Ensto. (Timo Juntunen 2018)

Kaapin vasemmalla puolella (Kuva 4-15) on jonovarokeytkin, joka voidaan irroittaa helposti nostamalla ja vetämällä se pois paikoiltaan. Jonovarokeytkimeen voidaan laittaa kuoritut kaapelijohtimet kiinni ilman että kytkimen mitkään osat on jännitteisiä. Kaapelin asentamisen jälkeen jonovarokeytkin voidaan asettaa paikalleen kaapin ollessa jännitteetön. Tämä työvaihe voidaan tehdä myös kiskot jännitteisinä jännityöhanskoja käyttäen ja jännitetyöehtoja noudattaen. Syöttökaapelin kytkinliittimet eivät ole kosketussuojattu ja kytkinliitintä ei voida asentaa jännitteisenä kaapelijakokaappiin. Jännitetyökaluja (Kuva 4-16) ja (Kuva 4-17) tulee olla käytössä jännitetyön aikana. Ammatikoulussa ei tehdä jännitetöitä, mutta jännitetyöharjoituksia voidaan tehdä jännitteettömänä jännitetyöohjeita noudattaen.

Jännityön säännöstöä on vuosien saatossa selkeytetty antamatta kuitenkaan periksi työturvallisuudelle. Jännityvälineiden hinta on myös laskenut ja jatkossa jännityö tulee yleistymään entisestään kohteissa, joissa sähkönjakelun keskeytys aiheuttaa merkittävää haittaa.

Ammattihenkilöille tai opastetuille henkilöille on järjestettävä erityinen koulutusohjelma, jonka avulla he saavuttavat ja pystyvät säilyttämään valmiuden tehdä jännityötä. Tämä ohjelma pitää sisältää jännityön erikoisvaatimusten opettamisen ja sen pitää perustua teoreettiseen koulutukseen ja käytännön harjoitteluun (SFS 6002 käytännössä). Oppilaiden tulee lukea huolellisesti ”SFS 6002 käytännössä” kirjan ohjeet jännitöiden tekemisestä ennen jännitteettäviä jännityöharjoituksia. SFS 6002 Käytännössä 6.3. todetaan muun muassa seuraavaa:

”Jännitetöitä voidaan tehdä yksin tai ryhmässä, johon kuuluu vähintään kaksi jännityökoulutuksen saanutta henkilöä, joista yksi on nimetty työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi.” (SFS 6002 Käytännössä, 6.3. 86)



KUVA 4-15. Jännityökalu (Finnpartia, tuoteluettelo)

Kuvassa (Kuva 4-16) on jännitetyökalulaukku kokonaisuus, jossa on yleisimmät meisse-  
lit, katkaisu ja kuorintatyökalut, eristävä materiaali rullalle käärittynä, jännitetyöhanskat,  
hihallinen kahvasulakkeen irrotus- ja asetustyökalu, puristimet, silmäsuojat ym.



KUVA 4-16. 5mm kuusiokolojännitetyökalu ja kytkinliitin kaapelijakokaappiin. (Timo Juntunen 2018)

Kuvassa (Kuva 4-17) oranssi 5mm kuusiokolojännitetyökalu, joka soveltuu erityisesti  
kaapelijakokaapissa suoritettaviin asennustehtäviin. Kuvassa on myöskin kytkinliitin,  
jota ei ole kuitenkaan tarkoitettu asennettavaksi jännitteisenä.

## 5 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä on pohdittu tulevaisuuden sähköjakeluratkaisuja ja sitä kautta myös mietitty harjoittelukentän tarpeita. Opetuksen sisältöä määrittää ensisijaisesti sähköalan 2. asteen opetussuunnitelma, josta on tehty tarkistusluettelo (liite 6), jossa eritellään ne osaamisalueet otsikoittain, jotka tulee sähköalan oppilaiden hallita kultakin sovellusalueelta.

Tämän opinnäytetyön puitteissa on keskitytty varsin suppeaan alueeseen kaikesta siitä asennustehtävien harjoittelumahdollisuudesta, jota rakennettavalla sähkökentällä pystytään tekemään. Nämä tässä työssä tehdyt ohjeet eivät suoraan sellaisenaan sovellu ammattikoulukäyttöön, mutta niitä muokkaamalla saadaan selkeät työohjeet 2. asteen opiskelijoille. Tätä ohjeiden tekemiseen liittyvää työtä tullaan jatkamaan tämän opinnäytetyön valmistuttua.

Tämä sähkökentän suunnittelun toteutus opinnäytetyönä varmaakin lisäsi suunnitelmien tarkkuutta ja samalla tuli tehdyksi alustavaa 2. asteen koulutusmateriaalia ammattikoulu käyttöön. Vammalan ammattikoulun sähköosasto on yksiluokkainen noin 60 opiskelijan osasto. Siellä on kaksi sähköalan opettajaa, jotka toimivat yhteistyössä muiden saman koulutus konsernin osastojen kanssa.

Ammatillisessa koulutuksessa pyritään antamaan vahva käytännön osaaminen kuitenkin teoriaa unohtamatta. Myöskin eräänä tehtävänä on myös tartuttaa vahva turvallisuuskulttuuri sähkötyöturvallisuudessa, mutta myös suojainten, kypärien yms. varusteiden käytössä.

Sähköalan koulutuksen pitää seurata yhteiskunnan ja tekniikan muutostrendejä suhteutettuna työelämän tarpeisiin ja painottaa oikeita asioita opetuksessa ja antaa mahdollisuus harjoitella ja soveltaa hankittuja perustaitoja koulutuksessa, työssäoppimisessa ja myöhemmin alan työpaikoilla.

## LÄHTEET

Kylkisalo, T., Alanen, R., 2007. Tasajännite taajaman sähkönjakelussa ja mikroverkoissa. VTT. ISBN 978-951-38-6629-7 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Tekniikka ja Talous 2015. Luettu 02.03.2018 <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/maailman-ensimmainen-synty-suomeen-dc-verkko-vahentaa-katkoja-ja-on-alykas-6240430>.

Jännitetyökälulaukku Luettu 27.02.2018 <https://www.finnparttia.fi/HA-22-02-32>.

Mallikuvia sähköpylväsasennuksista. Luettu 27.02.2018 <http://calm.iki.fi/tolpat/>

Sähköinfo. D1.2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista

SFS 6000. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Suomen Standardoimisliitto

SFS-käsikirja 600-2. Sähköasennukset. Osa 2: Sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 6002 käytännössä. 30. painos 2018. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

Reka voimakaapelit. Luettu 2.3.2018. <https://www.reka.fi/voimakaapelit/alumiinivoimakaapelit/axmk-voimakaapeli>

Carunan urakoitsijaohjeet. Luettu 27.02.2018. <https://www.caruna.fi/urakoitsijat/urakoitsijaohjeet>

Carunan 2017 urakoitsijapäivien materiaali. Luettu 28.02.2018. [https://caruna-cms-prod.s4-eu-west-1.amazonaws.com/urakoitsijapaivien\\_materiaali\\_osa1.pdf?N24T4Oo-LOixjOhE7GPGe6c1PU.Y3fw90](https://caruna-cms-prod.s4-eu-west-1.amazonaws.com/urakoitsijapaivien_materiaali_osa1.pdf?N24T4Oo-LOixjOhE7GPGe6c1PU.Y3fw90)

Kiviainekset. Luettu 28.02.2018. <https://www.taloon.com/murske/11964/dg>

Energiavirasto. 3.2.2016, Energiaviraston selvitys sähkön siirtohintojen muutoksista ja siirtohinnoittelun kohtuullisuuden valvonnasta. Selvitys 298/403/2016

ENSTO sähkönjakeluverkkojen ilmajohtoratkaisu. Luettu 2.3.2018. <https://www.ensto.com/globalassets/.../sahkonjakeluverkkojen-ilmajohtoratkaisu.pdf>

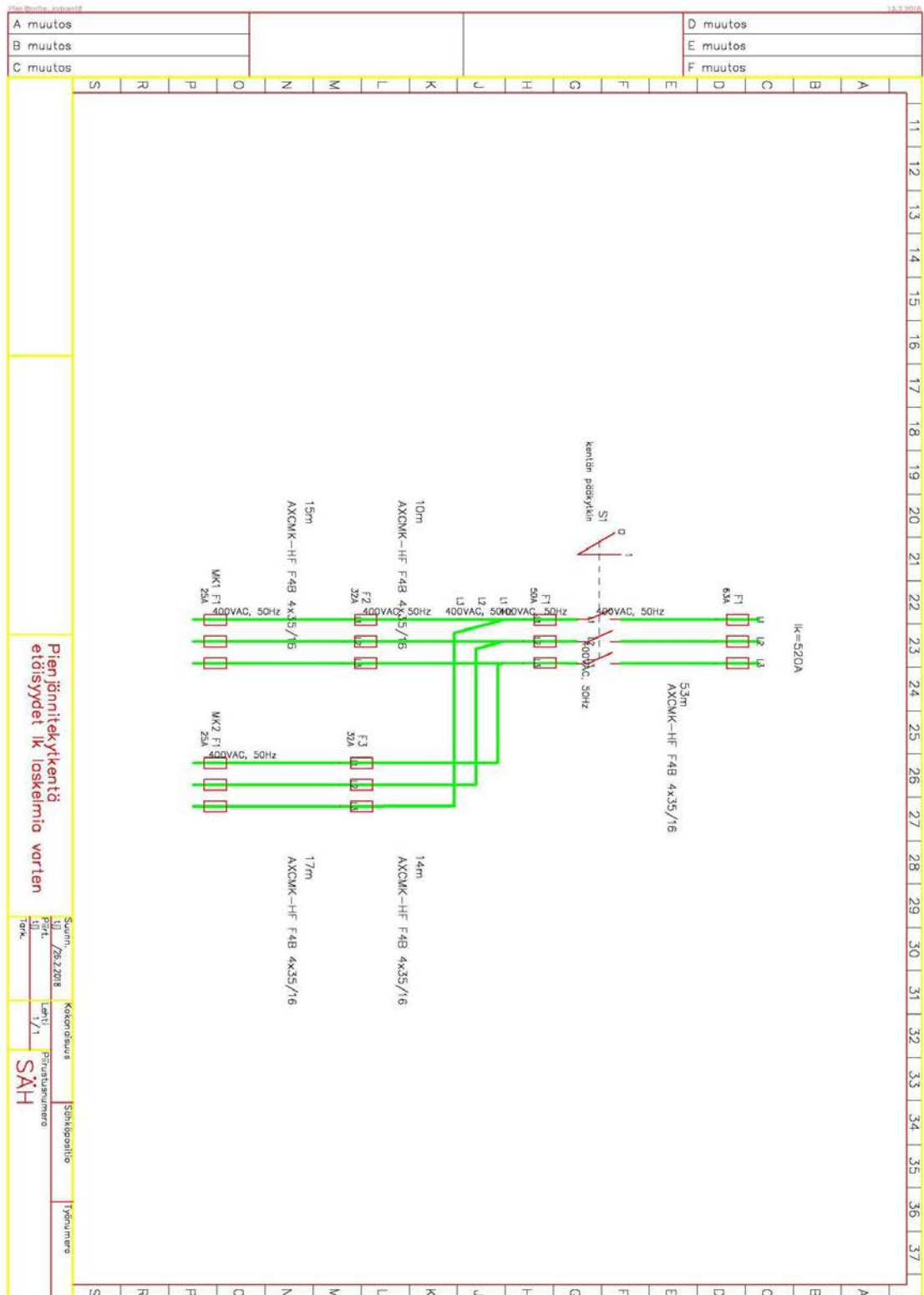
Ensto kaapelijakokaapit tarvikkeineen. Luettu 3.3.2018. <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/maakaapeliverkot/kaapelijakokaapit/>

Ensto sähkökeskukset Luettu 3.3.2018. <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkokeskukset/>

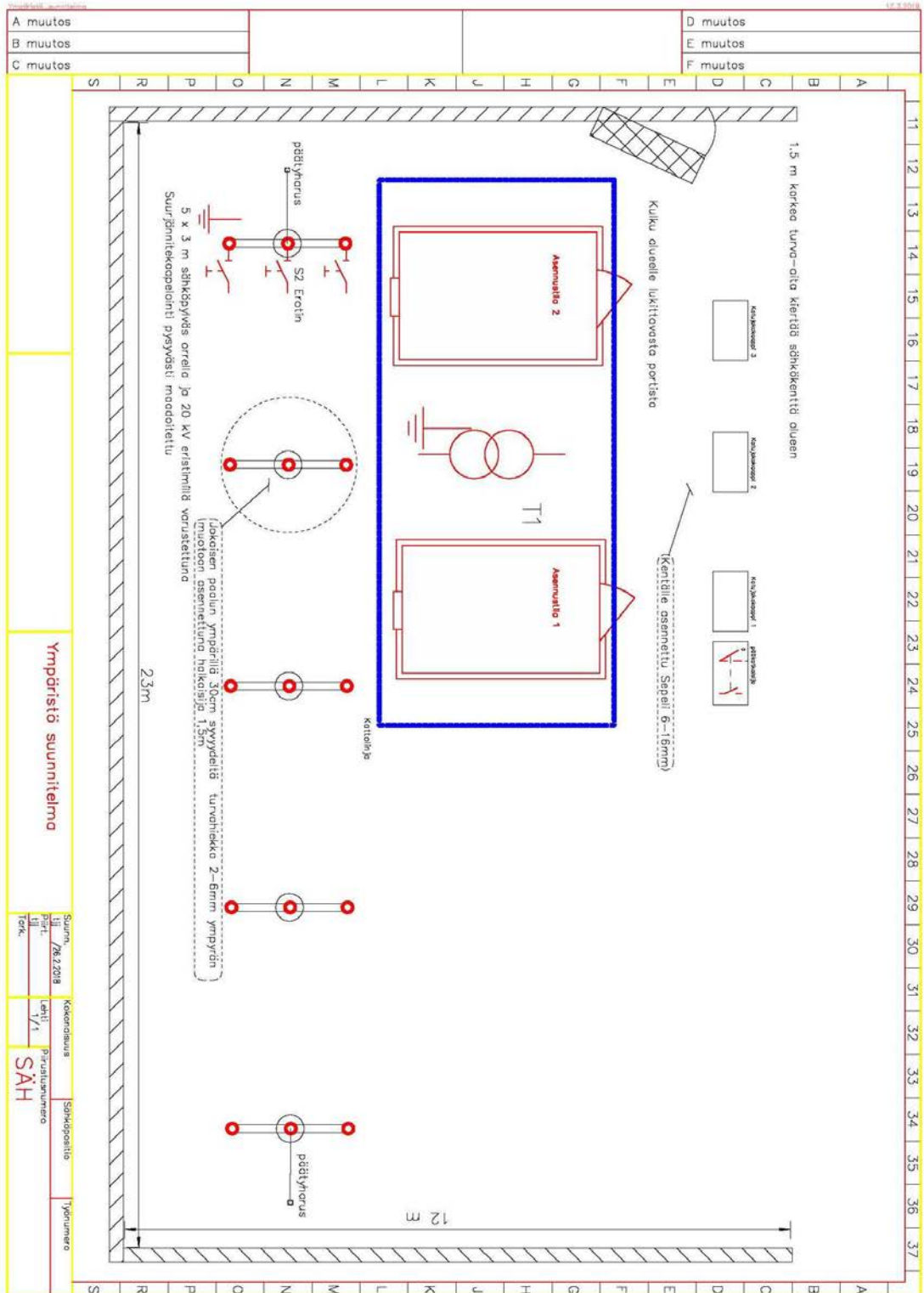
Ammatillisen perustutkinnon perusteet Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinto, sähköasentaja, automaatioasentaja 2014 Määräys 77/011/2014. Opetushallitus 2014

# LIITTEET

Liite 1. Kentän sulakkeet ja etäisyydet



## Liite 2. Sähköntän ympäristö maa-aineksineen



Ympäristö suunnitelma

Suunn.  
lii / 78.2.2018Päät.  
1/1Pöytäkytkin  
1/1

Pöytäkytkin

SÄH

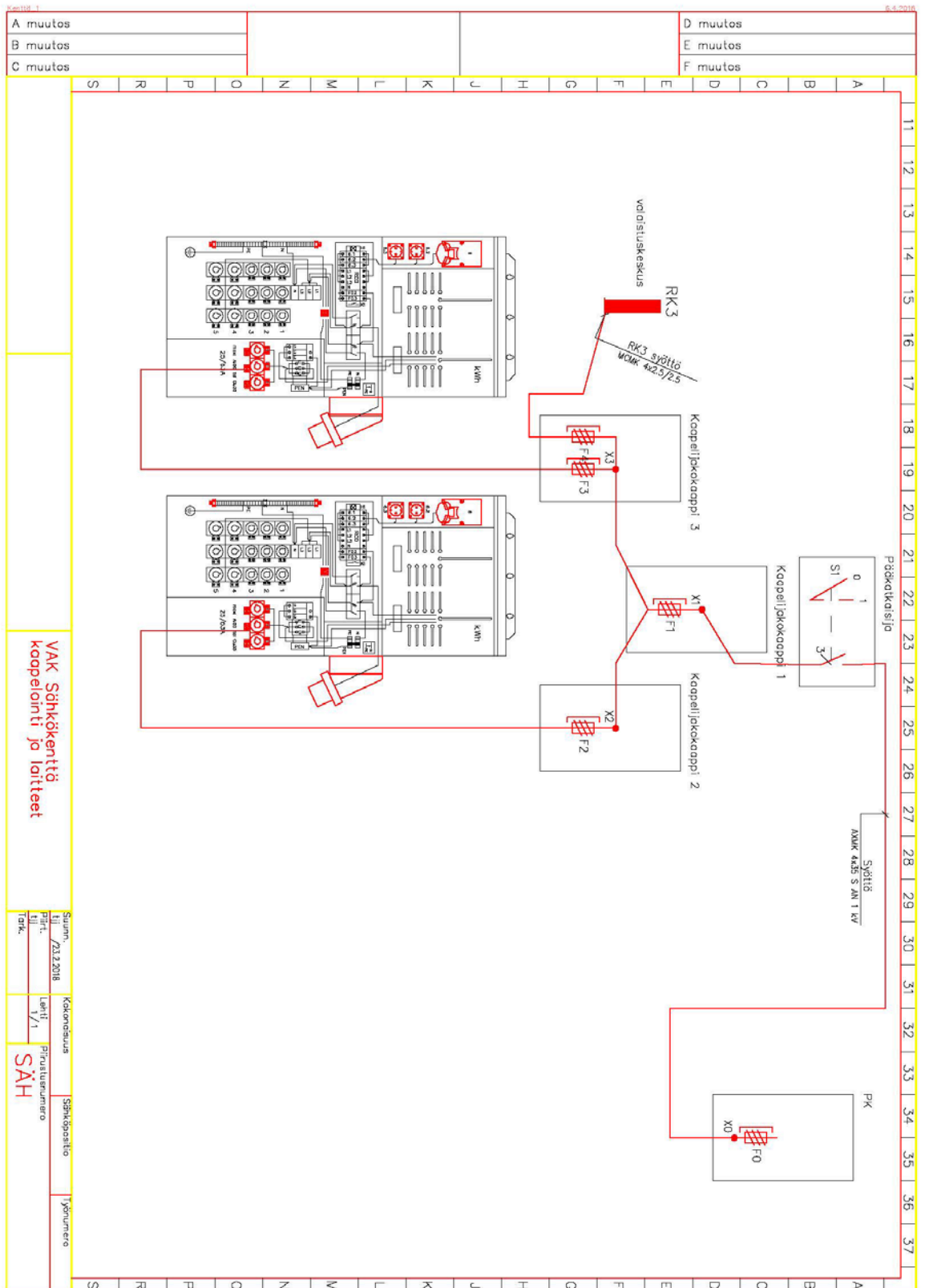
Kokoonpanu

Sähköpostit

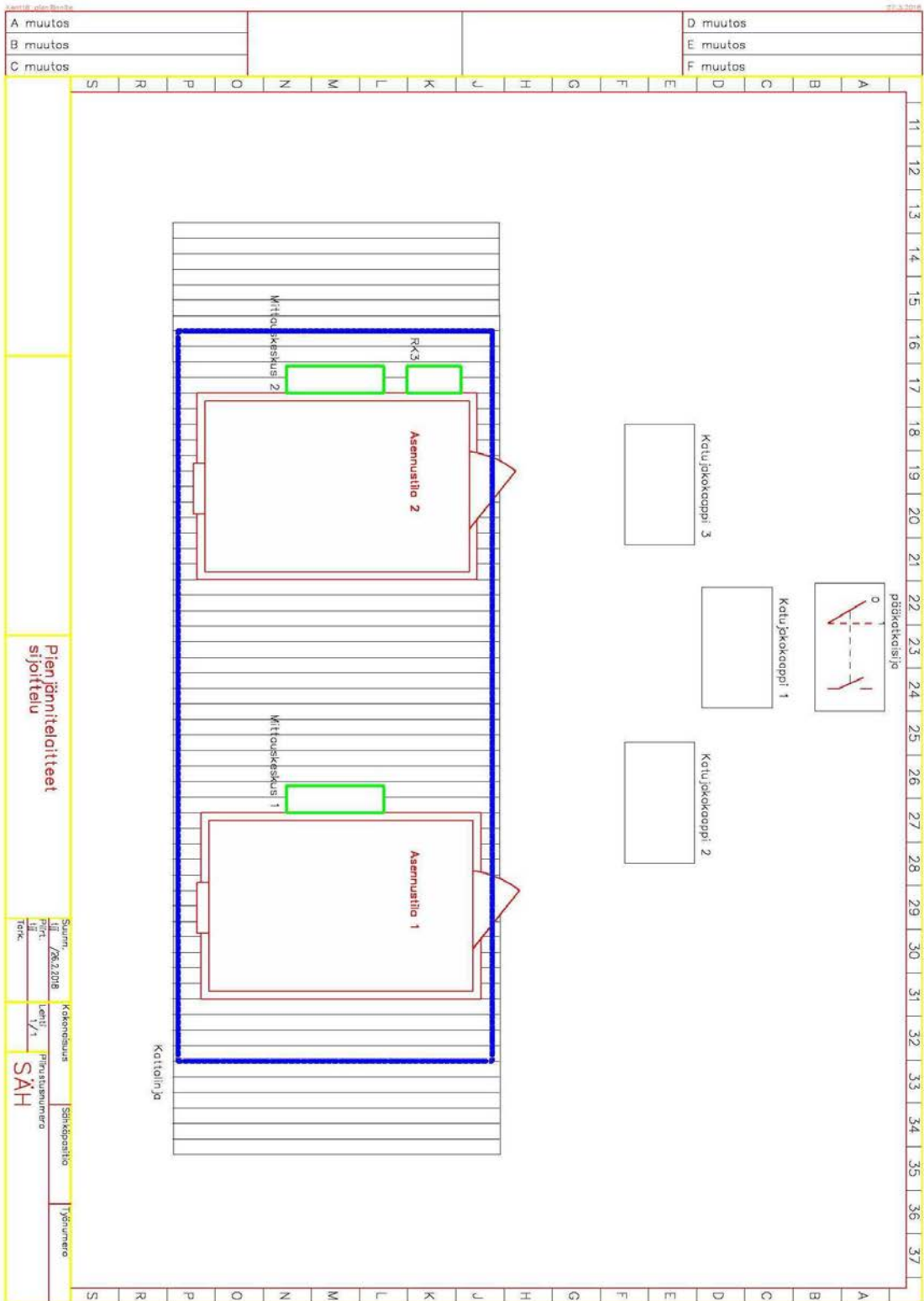
Tilinumero



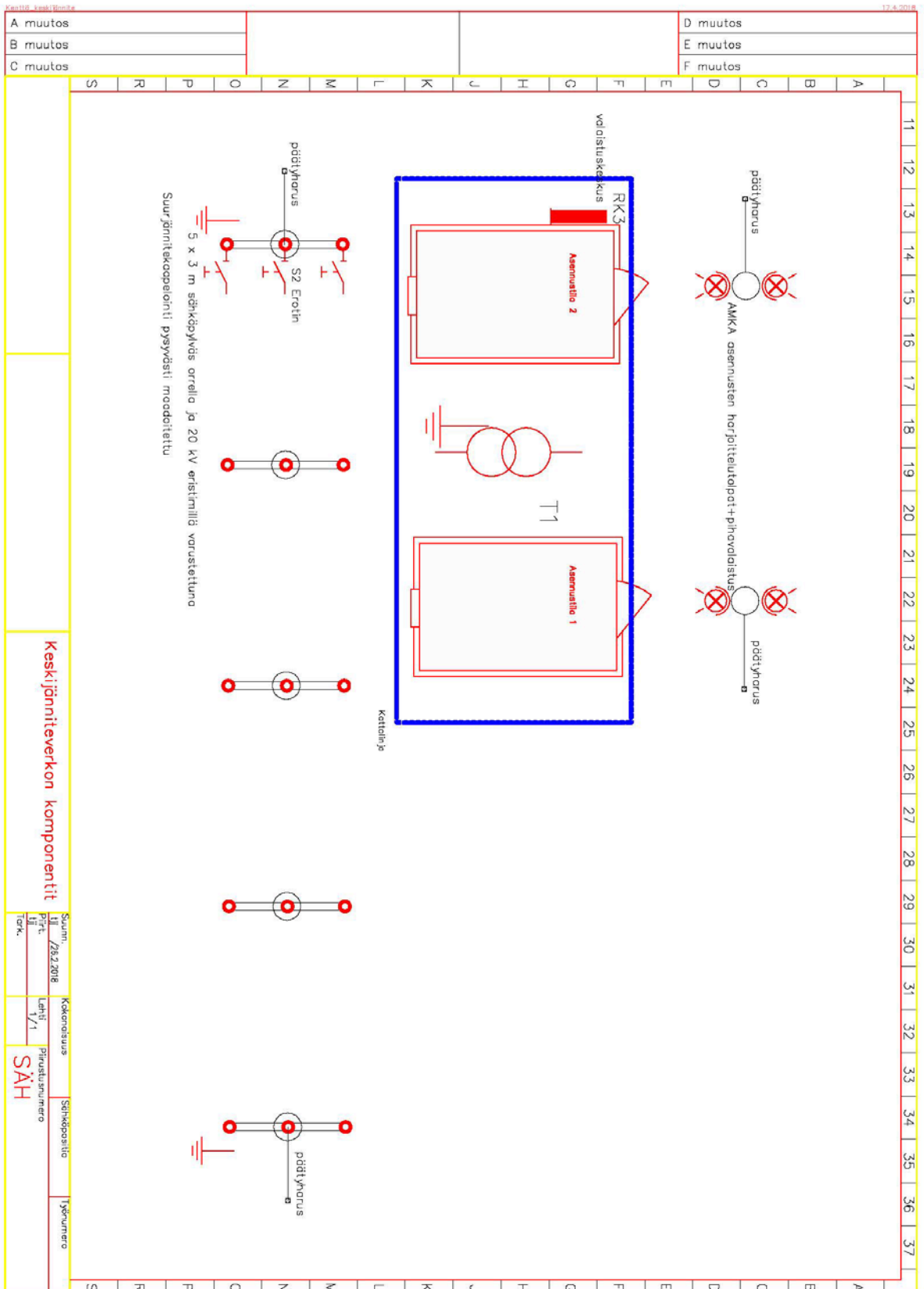
Liite 3. Pienjännitejärjestelmät



Liite 4. Pienjännitelaitteet sijoittelu



Liite 5. Sähkökentälle tulevat 20kV järjestelmät, valaisin- ja AMKA asennusten harjoittelupylväät



A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

**Keskijänniteverkon komponentit**

Suunn. / p.i./t. / lkm.	Kokonaisuus	Sähkösysteemi	Typinumero
782.2018	1/1	SÄH	

## Liite 6. AXMK 4x35 S kaapelin ominaisuustaulukko

<u>Tunnus</u>	<u>Reka koodi</u>	<u>Pakkaustiedot (m)</u>
<u>4x35 S</u>	<u>1116332</u>	<u>500 K11</u>
Jännitetaso	0,6/1 (1,2) kV	
Halkaisija (mm)	24	
Paino (kg/km)	650	
Pienin taivutussäde (cm)	29	
Pienin taivutussäde, kertataivutus (cm)	19	
Suurin vetovoima vetopäällä (kN)	2,1	
Suurin vetovoima vetosukalla (kN)	2,1	
Vaihejohtimen maks. tasavirtaresistanssi, +20°C (ohm/km)	0,868	
Käyttökapasitanssi (µF/km)	0,2	
Kuormitettavuus maassa, johdin +65°C (A)	125	
Kuormitettavuus ilmassa, johdin +90°C (A)	125	
Käsittely (°C)	-20	
Käyttö (°C)	90	
Oikosulku °C	250	
Sähkönumero	06 262 09	
EAN koodi	6410006262090	