



Sami Pikkupeura

Sähkö- ja automaatioasennusten ohjeistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

11.5.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Sami Pikkupeura
Otsikko:	Sähkö- ja automaatioasennusten ohjeistus
Sivumäärä:	33 sivua + 11 liitettä
Aika:	11.5.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Kai Virta Automaatio HW Suunnittelupäällikkö Vesa Kumpuniemi

Insinööriyön tavoitteena oli käydä lävitse konetoimitukseen liittyvä sähköasennusohjeistus ja tarvittavilta osin päivittää se vastaamaan kansainvälisen toimintaympäristön vaatimuksia. Tavoitteena oli parantaa ulkomaisissa asennuskohteissa tehtyjen sähköasennustöiden laatua ja turvallisuutta.

Työ tehtiin Mallefer Extrusion Oy:lle, joka on maailman johtavia kaapeleiden ja muoviputkien tuotantolinjojen toimittajia.

Pääasiallinen sähköasennusohjeistuksen parantaminen tehtiin lisäämällä visuaalisen ohjeistuksen määrää sekä tarkentamalla ohjeita painottaen hyviä asennustapoja. Apuna käytettiin käyttöönotosta saatuja kokemuksia, joiden avulla pystyttiin paikantamaan parannusta vaativat kohdat. Pääpainopiste pidettiin asennustyötä tekeville kohdistettavassa ohjeistuksessa, joiden ammatillisen koulutuksen taso on hyvin vaihtelevaa. Uusi ohjeistus tehtiin käyttämällä EPLAN P8 Electric -sähkösuunnitteluohjelmistoa.

Tuloksena saatiin entistä kattavampi sähköasennusohjeistus mutta palaute saadaan vasta viiveellä, kun nähdään, mihin suuntaan asennustyön laatu on muuttunut. Ohjeistusta tullaan edelleen kehittämään tulevista asennuskohteista saatujen kokemusten perusteella. Osaa ohjeista voidaan ja pyritään jatkojalostamaan konevalmistuksen yleisohjeiksi.

Avainsanat: sähköasennus, automaatioasennus, asennusohje

Abstract

Author: Sami Pikkupeura
Title: Electrical and Automation Installation Instructions
Number of Pages: 33 pages + 11 appendices
Date: 11 May 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Kai Virta, Senior Lecturer
Vesa Kumpuniemi, Engineering Manager Automation HW

The purpose of this thesis work was to update existing electrical installation instructions that guide customer how to install a delivered machine. Main objective of the instructions is to guarantee good quality and overall tidiness of installation work and maintain high level of electrical safety.

The thesis work was commissioned by Mallefer Extrusion Oy, the global leader in wire, cable, pipe and tube production technologies.

Main goal of the work was to give more detailed guidelines how to do electrical installation work properly. Weak points of existing electrical installation guide were identified with feedback received from commissioning engineers. Electrical installation guide was upgraded mainly by adding more visual guides on how to do specific electrical installation tasks. These new instructions were made with EPLAN electric P8 electrical engineering software. New upgraded electrical installation guide is mainly aimed at those with varying training or unexperienced electrical installation workers.

The outcome of the work is better and more thorough electrical installation guide but the final results of this engineering study can be seen later when enough feedback is received from different installation locations. Electrical installation instruction will be reviewed and updated based on feedback received from commissioning engineers. So far the indication of received feedback looks promising.

Keywords: Electrical installation, automation installation, installation instruction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Asennusdokumentaatio	2
2.1	Nimeämiskäytäntö	2
2.1.1	Kaapeleiden nimeäminen	5
2.1.2	Kaapelin tyydin määrittäminen	8
2.2	Kaapeliluettelo	10
2.3	Kaapelikaavio	11
2.4	KytKentäpistepiirustus	12
3	Kaapelihyllyreitit	13
3.1	Kaapelireittien suunnittelu	13
3.2	Kaapelihyllymallit	14
3.2.1	Tikashylly	15
3.2.2	Lankahylly	16
3.2.3	Levyhylly	17
4	Kaapelointi	19
4.1	Kaapeleiden asennus kaapelihyllyille	19
4.2	Kaapeleiden reititys koneiden rungoissa	21
4.3	Kaappien kaapeliläpiviennit	22
4.4	Kaapeleiden kytkeminen	25
5	Potentiaalintasaus	29
6	Yhteenveto	31
	Lähteet	32

Liitteet

- Liite 1. Kaapelihylly yleiskuva
- Liite 2. Syöttökaapeleiden välinen etäisyys
- Liite 3. Kaapeleiden sijoittaminen hyllylle
- Liite 4. Kaapeleiden reititys rungossa
- Liite 5. Kytkenäkaapin rajapinta 1
- Liite 6. Kytkenäkaapin rajapinta 2
- Liite 7. Kuorintaohje
- Liite 8. Johtimien reititys
- Liite 9. Suojavaipan kuoriminen
- Liite 10. Potentiaalintasaus runkojohtimilla
- Liite 11. Potentiaalintasausjohtimien liitos

1 Johdanto

Suomalaiseen koneteollisuuteen on jo useita vuosikymmeniä liittynyt vahvasti automaatioteollisuus. Alan yritykset ovat toimittaneet yksittäisten koneiden lisäksi myös kokonaisia tehdaslinjastoja ja rakennuttaneet jopa kokonaisia tehtaita useisiin eri kohteisiin ympäri maailmaa. Toimitettavan koneen tai konekokonaisuuden toimintavalmiuteen saattaminen tapahtuu pääasiassa kolmella eri tavalla.

Yksinkertaisimmillaan asiakas asentaa itse ostamansa koneen osaksi olemassa olevaa kokoonpanoa. Tämä on tyypillistä etenkin silloin, jos asiakas ostaa tulta toimittajalta ennestään tuntemansa koneen, jonka tehtaan oma henkilöstö tai ulkopuolelta ostettu konsultti asentaa toimintakuntoon. Tällaisessa tapauksessa ei tietenkään paikallinen asennustyö tai käyttöönotto kuulu toimitukseen.

Toinen yleinen toimintamalli on sellainen, jossa asiakas asentaa tai asennuttaa ostamansa koneet itse, ja laitetoimittaja avustaa toimittamalla asennusvalvonnan ja suorittaa koneiden lopullisen käyttöönoton. Tämä on suosittu toimintamalli etenkin kansainvälisissä toimituksissa, jolloin asiakkaalla on tuntemus paikallisista asennuksiin liittyvistä säädöksistä. Kolmas tapa toimittaa kone tai tehdaslinjasto on tietenkin ns. avaimet käteen – toimitus, jolloin laitetoimittaja toimittaa asiakkaalle täysin toimintavalmiin kokonaisuuden tilauskohteeseen. Tämä on asiakkaan näkökulmasta usein helpoin mutta usein myös kallein vaihtoehto. Jotta tällainen suurehko asennusprojekti voidaan viedä kansainvälisellä työryhmällä sujuvasti loppuun, on asennusdokumentaatioon oltava hyvin tehtyä, kattavaa ja mahdollisimman yksiselitteistä.

Insinööriyön tavoitteena oli käydä lävitse konetoimitukseen liittyvää asennusohjeistusta ja dokumentointia sähkö- ja automaatioasennuksille. Ohjeistuksen tavoitteena oli varmistaa, että asennukset onnistuvat hyvin kansainvälisessä toimintaympäristössä, vaikka asennusryhmällä ei olisi kokemusta kyseisten laittei-

den asennuksesta. Hyvällä ohjeistuksella pyritään siihen, että sähköasennusjälki olisi mahdollisimman siistin näköistä ja sähköturvallisuus korkealla tasolla, vaikka itse asennustyön suorittajilla olisi aivan eritasoinen koulutustausta. Asennusohjeistusta täydennettiin pääasiassa esimerkkikuvoin.

2 Asennusdokumentaatio

Tässä luvussa käydään lävitse laitteiden mukana toimitettavan sähköasennusdokumentaation sisältö ja esitellään standardin mukainen nimeämiskäytäntö. Sähkösuunnittelua varten saatava dokumentaatio voi olla suurissa projekteissa erittäin kirjavaa. Vaikka sähkösuunnittelua ohjaavat vahvasti standardit, jo erilaisten suunnitteluohjelmien käyttäminen tuottaa hieman toisistaan poikkeavan näköisen lopputuloksen.

Koneita ja laitteita toimittavien valmistajien tarjoamien dokumenttien kattavuus ja ulkonäkö eroavat suuresti toisistaan. On hyvin tyypillistä, että yhdeltä toimittajalta saadaan vain dokumentaatio pelkästä koneen liityntärajapinnasta toisen toimittajan antaessa käyttöön koneen täydelliset piirikaaviot. Hyvän sähkösuunnittelun tehtävä onkin nitoa tämä monimuotoisuus selkeäksi kokonaisuudeksi. Usein tavoitteena on, että asennustyötä suorittavien ei tarvitsisi mennä tutkimaan asioita piirikaaviotasolle, vaan kaikki tarvittava tieto löytyy luetteloista ja kaavioista. Sähköasennusdokumentaation lisäksi sähköasennusta varten on hyvä toimittaa tehdaslinjaston layout-piirustus, josta nähdään koneiden sijainnit ja niiden väliset etäisyydet sekä PI-kaavio, jossa kuvataan prosessilaitteisto.

2.1 Nimeämiskäytäntö

Nimeämisjärjestelmän avulla yksilöidään sähköasennusdokumentaatioissa esiintyvät eri koneet, laitteet, keskuskeskukset, kaapelit, kojeet ja liittimet. Nimeämisjärjestelmää käsitellään IEC -standardissa 81346 (SFS-EN 81346-19). Insinööriyössä tarkasteltu dokumentaatio noudattaa myös kyseistä standardia.

Standardissa esitetään säännöt ja ohjeet siitä, miten minkä tahansa järjestelmän kohteille muodostetaan yksiselitteiset viitetunnukset [1, s. 20].

Standardissa käytetty termi viitetunnus on lyhennetty tässä selvityksessä muotoon tunnus. Nimeämisjärjestelmän esittelyssä ei perehdytä yksityiskohtaisesti yksittäisten komponenttien, kuten esimerkiksi releiden tai sulakkeiden nimeämisikäytäntöihin. Komponenttien nimeäminen kuuluu oleellisemmin piirikaaviosuunnitteluun eikä niiden taustan tunteminen vaikuta niin oleellisesti sähköasennusten luettavuuteen.

Jokaiselle koneelle annetaan ensimmäiseksi tunnus, joka muodostuu kahdesta kirjaimesta sekä järjestysnumerosta. Kirjainyhdistelmä pyritään ottamaan koneen nimestä. Esimerkiksi linjan ensimmäinen syöttölaite olisi SL1 ja linjan ensimmäinen teippauskone voisi puolestaan olla TK1. Etumerkillä =, eli yhtäsuuruusmerkillä, kerromme standardin mukaisesti, että kohdetta tarkastellaan toiminnan mukaisen rakenteen perusteella. Esimerkin mukaisen syöttölaitteen tunnus voisi siis olla =SL1.

Kansainvälisissä dokumenteissa on tullut vastaan myös puhtaasti numeroilla ilmaistu vastaava merkintätapa. Tämä on myös täysin standardin mukainen, mutta se on huomattavasti vaikeaselkoisempi. Dokumentteja luettaessa on vaikeampi päätellä, mihin koneeseen esimerkiksi tunnus =21 viittaa, toisin kuin nimestä tai toiminnosta otettu lyhenne, kuten esimerkkinä =SL1.

Seuraavana nimeämisjärjestelmässä annetaan kohteelle sijaintitunnus, joka lisätään + -merkillä, eli plusmerkillä. Etumerkki + ilmaisee, että kohdetta tarkastellaan sijainnin näkökulmasta. Sähköasennusten näkökulmasta keskeisimmät sijainnit ovat koneen runko, ohjauskaapit ja kytkentäkotelot. Käytetyt sijaintitunnukset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Sijaintitunnukset ja niitä vastaavat sijainnit [2].

Sijaintitunnus	Sijainti
+A1	Koneen runko
+A2	Ohjauskaappi
+A4	Moottorinohjauskaappi
+A5	Runkokotelo
+A3,A6-Axx	Runkokotelo tai muu kytkentäkotelo

Lisäämällä esimerkin konetunnukseen sijaintitunnus voidaan esimerkiksi kyseisen syöttölaitteen ohjauskaappi merkitä seuraavasti: =SL1+A2. Syöttölaitteen rungossa olevan kytkentäkotelon tunnus taas olisi vastaavasti =SL1+A5. Näin olemme edenneet tunnusten lukemisessa kaappien ja koteloiden tasolle. Viimeisenä tarkastelemme nimeämisyjärjestelmää tuotenäkökulmasta.

Standardin SFS-EN 81346-19 mukainen tuotenäkökulmasta tehdyn tarkastelun etumerkki on - -merkki eli miinusmerkki. Tämän etumerkin avulla voidaan viitata yksittäiseen kaapeliin, toimilaitteeseen, riviliitinryhmään tai yksittäiseen komponenttiin. Esimerkiksi syöttölaitteen ohjauskaapista lähtevä ohjauskaapelin -W2001:n täydellinen tunnus olisi =SL1+A2-W2001. Samassa ohjauskaapissa sijaitseva kontaktorin -K1 täydellinen tunnus olisi =SL1+A2-K1.

Yleisimmät miinusmerkin jälkeen käytetyt tunnukset ovat kaapelinumero, kojettunnukset, laitetunnukset tai riviliitinten ryhmänumerot. Tämän tunnuksen perään voidaan kaksoispisteen jälkeen laittaa yksittäinen liitinnumero. Esimerkiksi syöttölaitteen ohjauskaapissa sijaitsevan riviliitinryhmän -X1 -liitin numero 1:n täydellinen viitetunnus olisi =SL1+A2-X1:1. Liitinten ja johdinten nimeämistä käsitellään standardissa SFS-EN 62491. Teollisuuden järjestelmät, Asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Kaapelien ja piuhojen merkintä.

Kertauksena, nimeämiskäytäntö noudattaa seuraavaa kaavaa

$$= xx + yy - zz : aa \quad (1)$$

Tässä kaavassa kirjainlyhenteet määrittävät seuraavat asiat.

- Koneen tunnuksen määrittää =xx.
- Sijainnin määrittää +yy.
- Laite- tai kojettunnuksen määrittää -zz.
- Kytkeäpisteen tai liittimen määrittää :aa.

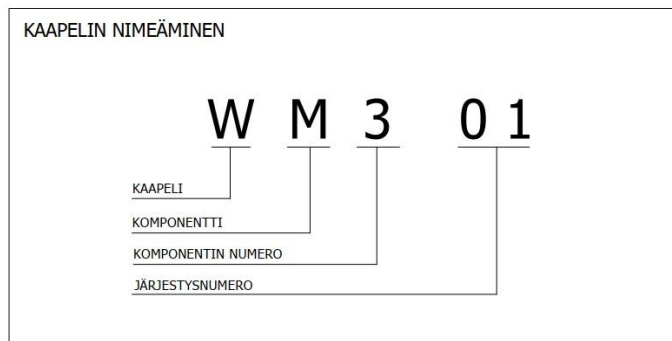
Standardi sallii myös edellä esiteltyjen määritelmien ketjuttamisen, eli viitetunnukseen voidaan laittaa useampi samasta näkökulmasta annettu tunnus. Tämä kuitenkin helposti monimutkaistaa viitetunnusten tulkinnan ja lisää varsinaisen merkitsemistyön haastavuutta. Edellä esitellyn merkitsemistavan suurimpia vahvuuksia ovat helppo luettavuus ja merkintöjen suhteellisen kompakti koko. Viitetunnus täytyy muistaa kuitenkin merkitä kokonaisuena kaapeliin, koska samaa kaapelinumeroa voidaan käyttää useilla eri laitteilla.

2.1.1 Kaapeleiden nimeäminen

Kaapeleiden nimeämistä käsitellään standardissa SFS-EN 62491. Kaapelin yleinen viitetunnus alkaa isolla W-kirjaimella [3]. Kaapelin viitetunnuksesta käytetään tässä luvussa nimitystä kaapelitunnus. Kaapeleiden nimeäminen voidaan tehdä usealla eri tavalla ja helpoimmillaan käyttämällä esimerkiksi pelkkää järjestysnumeroa kuten vaikka W01:stä tai W02:sta. Kaapelin kaapelitunnukseen saadaan huomattavasti enemmän tietoa käyttämällä jotain yksilöivää tietoa nimessä. Esimerkiksi käyttämällä komponentin tyyppiin viittaavaa kirjainta kaapelin nimessä saadaan jo huomattavasti paremmin yksilöidyt kaapelit. Esimerkiksi moottorin M101 kaapeli voitaisiin nimetä tunnuksella M101. Näin kaapelitunnuksesta voidaan suoraan päätellä, mihin laitteeseen se yhdistyy.

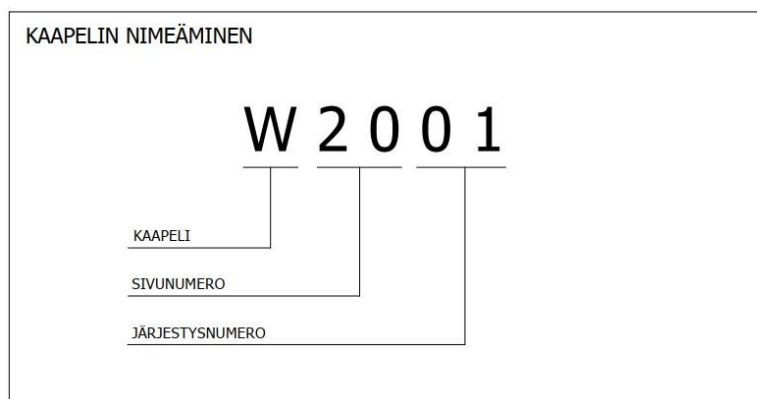
Tämä helpottaa työtä etenkin kokoonpanovaiheessa, kun koneeseen on tilattu esimerkiksi valmiiksi tehdyt kaapelisarjat. Usein myös toimitusta varten koneita

joudutaan purkamaan ja esimerkiksi painavampia osia, kuten moottorit, päädytään irrottamaan kuljetusta varten. Kun laitteita kasataan loppuasennuspaikalla, on irtonaisten kaapelinpäiden kytkentäpisteet helpompi löytää tällaista nimeämistapaa käyttäen. Hyötynä saadaan myös kustannustehokkuutta kokoonpanovaiheeseen.



Kuva 1. Kaapelinumeron komponentin tyyppiin perustuva rakenne.

Linjatasolla tehtävää sähköasennustyötä ajatellen ei edellä esitelty nimeämistapa ole kuitenkaan optimaalisin. Silloin kun kaapeleiden parissa työskentelee laitteistoon perehtymätön henkilö, voidaan kaapelimerkinnöillä helpottaa mahdollisten ongelmakohtien ratkaisemista. Useissa kansainvälisissä linjatoimituksissa hyväksi todettu merkitsemistapa sisältää viittauksen virtapiirin sivulle, jolla kaapeli ensimmäisen kerran esiintyy.



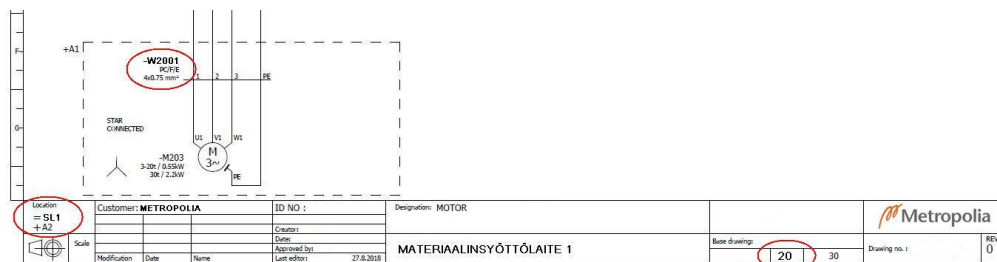
Kuva 2. Kaapelinumeron sivunumeroon perustuva rakenne.

Kuvan kaksi mukaisella tavalla muodostetun kaapelimerkin perusteella löytää helposti sen kohdan piirikaaviosta, jossa kyseinen kaapeli esiintyy. Etuna tässä merkintätavassa on asennusten aikaisten ongelmakohtien helpompi ja nopeampi selvittäminen sekä myös huoltotilanteissa vastaavan selvitystyön helpous. Otetaan esimerkiksi tilanne, jossa asentaja on kytkemässä kaapelia kaapelikaavion perusteella, mutta kytkentäpisteen liitinnumerointi ei vastaakaan saatua dokumentointia.

Esimerkkitalanteemme kaapeli on tunnukseltaan -W2001, eli kaapelimerkinnällään:

$$= \text{SL1} + \text{A2} - \text{W2001} \quad (2)$$

Ottamalla esiin laitteen SL1 -ohjauskaapin (A2) virtapiirin sivun numero 20, voimme paikallistaa kyseisen kaapelin.



Kuva 3. Kaapelin paikantaminen piirikaaviosta.

Jos esimerkin mukaisessa tilanteessa piirikaaviosta olisi löytynyt virhe, niin on tärkeää, että asennustöissä tehdyt korjaukset ja muutokset tehdään piirikaavioiden, eikä esimerkiksi kaapeliluetteloon tai kaapelikaavioon. Tämä johtuu siitä, että suunnitteluohjelmistoissa nämä luettelot luodaan automatisoidusti piirikaavioiden perusteella.

2.1.2 Kaapelin tyypin määrittäminen

Sähkökaapelit jakautuvat käyttötarkoituksensa perustella useisiin eri luokkiin. Yleisimmät luokat, joihin tehdaslinjan perussähköasennuksessa törmää, ovat asennuskaapelit, ohjauskaapelit, instrumentointikaapelit, väyläkaapelit ja voimakaapelit eli syöttökaapelit.

Kaapeleiden tyypit on hyvä määritellä dokumenteissa kirjainlyhenteillä. Jättämällä avoimeksi kaapelin tarkan mallin, helpotetaan asennuskohteessa suoritettavaa kaapeleiden hankintaa. Linjatoimitukseen voi tietenkin myös kuulua mukaan asennuksessa tarvittavat kaapelit. Etenkin kansainvälisissä kohteissa on usein vaikeaa tietää paikallinen kaapeleiden saatavuus. Sen vuoksi on hyvä määritellä dokumenteissa kaapeleille käyttötarkoitukseen perustuva tekninen tyyppi.

Taulukko 2. Kaapeleiden lyhenteet ja niitä vastaavat tekniset tyypit [2].

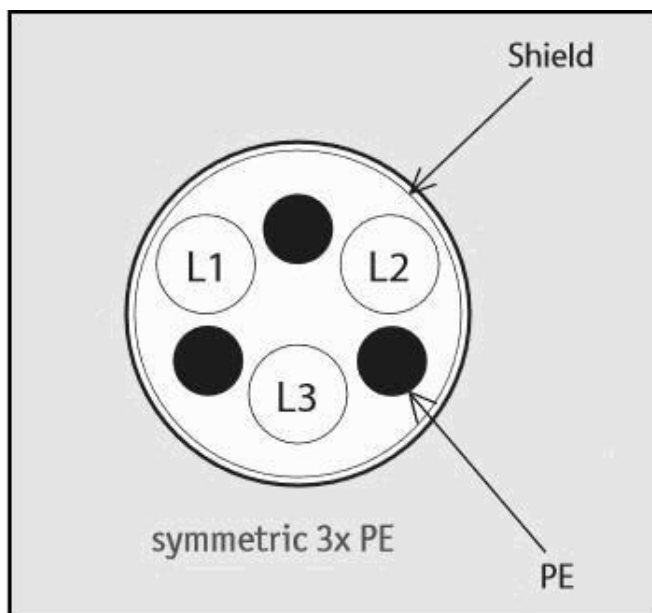
Lyhenne	Kaapelin tekninen tyyppi
CC	Ohjauskaapeli
CX	Koaksiaalikaapeli
DB	Väyläkaapeli
OC	Valokuitukaapeli
OEM	OEM-valmistajan kaapeli
PC	Syöttökaapeli
SC	Signaalikaapeli
TC	Termoparikaapeli

Taulukon kaksi mukaisten lyhenteiden lisäksi tarvitaan kaapeleiden teknisten ominaisuuksien määrittämiseen lisämääritteitä taulukosta 3.

Taulukko 3. Kaapeleiden lisämääritteet [2].

Lyhenne	Tekninen ominaisuus
E	Kaapeli maadoitusjohtimella
S	Suojattukaapeli
F	Taipuisakaapeli
T	Parikierrettykaapeli
TS	Suojatut parikierteet

Edellä esitetyillä lyhenteillä ja lisämääritteillä pystytään esittämään käytännössä kaikki tarvittavat kaapeliyhdistelmät. Ainoa parannus voisi olla lyhenteen tai lisämääritteen lisääminen symmetrisesti suojatulle moottorikaapelille. Näitä häiriösuojattuja moottorikaapeleita suositellaan käytettäväksi kaikkien taajuusmuuttajaohjattujen moottoreiden syöttökaapeleina.



Kuva 4. Poikkileikkaus symmetrisestä moottorinsyöttökaapelista [4].

Lyhenne symmetrisesti suojatulle moottorikaapelille voisi olla MC johdettuna englanninkielen sanoista motor cable. Tätä lyhennettä käytettäisiin nimenomaan korostettaessa, että kyseessä on symmetrisesti suojattu moottorikaapeli. Toinen vaihtoehto olisi ottaa käyttöön lisämäärite M näille moottorikaapeleille.

2.2 Kaapeliluettelo

Kaapeliluettelo sisältää selkeässä muodossa listan kaapeleista, jotka linjaan tulee asentaa. Hyvin tehdyn kaapeliluettelon perusteella kyetään hankkimaan asennustyöhön tarvittavat kaapelit ja asentamaan ne paikoilleen. Kaapeliluettelon jakaminen kaapeleiden toimitustavan perusteella osiin helpottaa materiaalien hankintaa. Esimerkiksi kaapeliluettelon alkupään sivut yhden ja sadan välillä on varattu kaapeleille, jotka on hankittava asennustyötä varten. Sivunumerot sadasta eteenpäin sisältävät kaapelit, jotka tulevat laite- tai linjatoimituksen mukana.

CABLE LIST

F10_MAIL_VAN_003

CABLE DESIGNATION	FROM	TO	CABLE TYPES	WIRE	AREA	LENGTH	REMARK
=SL1+A2-W2001	=SL1+A2->1	=SL1+A1-M1	PC/E/S/F	4	6 mm ²		MOTOR CABLE
=SL1+A2-W2002	=SL1+A2->2	=SL1+A6->2	CC	4	0,75 mm ²		CONTROL CABLE

Kuva 5. Esimerkki kaapelilistasta [2].

Tarkastellaan seuraavaksi kuvan viisi mukaista kaapelilistaa. Kaapelilista sisältää kuusi saraketta, joiden sisältö selitetään seuraavassa taulukossa.

Taulukko 4. Kaapelilistan sisältämät sarakkeet [2].

Sarakkeen nimi	Sarakkeen sisältö
Cable Designation	Kaapelin tunnus
From	Kaapelin lähtöpiste
To	Kaapelin päätepiste
Cable Type	Kaapelin tyyppi
Wire	Kaapelin johdinmäärä
Area	Johdinten poikkipinta-ala
Length	Kaapelin pituus
Remark	Lisämerkinnät kaapelista

Esimerkkikaapelilistassa esitetään kahden eri kaapelin tiedot, joista voidaan päätellä seuraavat tiedot:

Kaapelista =SL1+A2-W2001 selviävät seuraavat tiedot:

- Kaapeli asennetaan ohjauskaapissa =SL1+A2 olevaan riviliitinryhmän -X1 ja koneen rungosta =SL1+A1 löytyvän moottorin -M1 välille.
- Kaapelin tulee olla tyypiltään, suojattu ja taipuisa syöttökaapeli PC/E/S/F, jossa on neljä 6 mm²:n johdinta, joista yksi on keltavihreä maadoitusjohdin.

Kaapelista =SL1+A2-W2002 selviävät seuraavat tiedot:

- Kaapeli asennetaan ohjauskaapissa =SL1+A2 olevaan riviliitinryhmän -X2 ja koneen ohjauskotelon riviliitinryhmän -X3 välille.
- Kaapelin tulee olla tyypiltään, ohjauskaapeli CC, jossa on neljä 0,75 mm²:n johdinta.

2.3 Kaapelikaavio

Kaapelikaavion avulla asentaja voi kytkeä kaapelilistan avulla asennetut kaapelit. Kaapelikaavio muistuttaa suurelta osin kaapeliluettelo, mutta siinä jokainen kaapeli on avattu kytkentäpisteiden tarkkaa esittämistä varten.

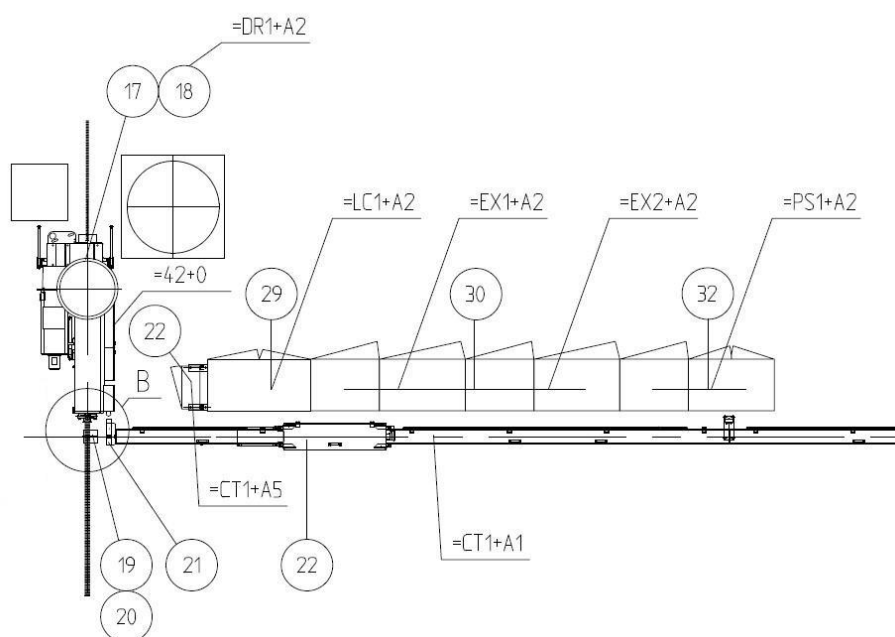
CABLE DIAGRAM

CABLE NAME = SL1+A2-W2002			CABLE TYPES PC/E						
REMARK			NO. OF CONDUCTORS 3			AREA 1.5 mm ²		CABLE LENGTH	
function text	Page / column	Target designation from	Connection point	CONDUCTOR	Target designation to	Connection point	Page / column	function text	
MOTOR CABLE	/23.6	-X1	3	1	SL1+A6-X1	1	/23.6	MOTOR CABLE	
=	/23.7	-X1	4	2	SL1+A6-X1	2	/23.7	=	
=	/23.7	-X1	PE	PE	SL1+A6-X1	PE	/23.7	=	

Kuva 6. Esimerkki kaapelikaaviosta [2].

2.4 KytKentäpistepiirustus

KytKentäpistepiirustus, eli englannin kielellä Terminal arrangement drawing, on käytännössä layout-piirustus, joka on täydennetty liitäntäpaikoilla. KytKentäpistepiirustuksessa esitetään kaikkien kaapeliluettelossa esiintyvien laitteiden ja kaappien sijainnit. KytKentäpistepiirustus helpottaa huomattavasti liitäntäpaikkojen paikallistamista etenkin suurissa laitekokonaisuuksissa.



Kuva 7. Mallikuva kytKentäpistepiirustuksen toteutuksesta [5].

KytKentäpistepiirustuksessa ei ole tarpeen esittää yksittäisten liitinten sijaintia vaan tarkoituksena on esittää asiat nimeämisjärjestelmän sijaintitasolla. Jos kuvan luettavuus saadaan säilymään hyvänä, voidaan kuvaan myös lisätä kojettunustason sijainteja, kuten moottoreiden tai venttiilien sijainnit. KytKentäpistepiirustukseen voidaan myös lisätä kaapelihyllyjen reititykset tarvittaessa. Tärkeää on tässäkin, että kuvan luettavuus säilyy hyvänä.

3 Kaapelihyllyreitit

3.1 Kaapelireittien suunnittelu

Suunnitelmat kaapelihyllyjen reitityksistä kuuluvat usein sähkösuunnitteluun. PSK-standardi PSK 2005 suosittaa kuitenkin, että suunnitelmat tehtäisiin kone- tai laitossuunnittelussa sähkösuunnittelun tukemana. Tällöin sähkösuunnittelu määrittää tarvittavien kaapelihyllyjen leveydet ja lukumäärät eri kohdissa linjastoja [6]. Asennusohjeistuksessa ei käsitellä kaapelihyllyjen varsinaista reitityssuunnittelua vaan perusperiaatteita, joilla hyllyt tulisi asetella yksitasoiselle tuotantolinjalle. Lisäksi tarkastellaan parasta hyllyvaihtoehtoa, jos toivomuksena olisi sähköasennusten mahdollisimman huomaamaton yleisilme.

Perussääntö kaapelireittien rakentamisessa on käyttää lyhintä mahdollista reittiä. Hyllyjä ei saa asentaa tarpeettoman korkealle tai muuten hankalasti saavutettaviin paikkoihin, jotta kaapeleiden asentaminen ei vaikeudu. Tämän vuoksi avoimeen tilaan asennettavien koneiden kaapelihyllyt asennetaan pääasiassa maksimissaan kolmemetrinen tukijalkojen varaan. Hyllyreitit voidaan asentaa hyvin myös alas, kunhan ne eivät vaikeuta huoltotöitä, puhtaanapitoa tai tuotantoon liittyvää alueella liikkumista. Sama koskee tietenkin myös ylhäälle asennettavia kaapelihyllyjä.

Koneyhdistelmää tai tuotantolinjaa varten rakennettava kaapelihyllyreitit on hyvä pitää erillään muiden vastaavien kaapelihyllyreiteiltä. Myös kiinteistön sähköjärjestelmiin käytettäviä hyllyjä on hyvä välttää. Tuotantolinjan elinkaaren aikana on hyvin yleistä, että koneet joudutaan uudelleen sijoittamaan tuotantotilassa tai siirtämään kokonaan uuteen tehdasrakennukseen. Tällöin purkutöitä ei välttämättä altista muiden koneiden ja järjestelmien kaapelointeja mekaaniselle rasitukselle.

Kaapelireittien sekakäyttö johtaa myös helposti siihen, että kun asennuskertoja on useita vuosien varrella, unohtuu vahvavirta- ja heikkovirtakaapeleiden erittely. Kaapelihyllyt ylikuormittuvat, lämpökuorma kasvaa ja asennuksista tulee

epäsiistiin näköiset, kun muiden kaapeleiden päälle vedetyt kaapelit jätetään sitomatta. Huono asennustapa tuntuu usein periytyvän liian helposti seuraavalle asennusporukalle.



Kuva 8. Ylikuormitetut kaapelihyllyt. [7]

Reittien sijoituksessa on huomioitava mm. putkistojen ja kanavien sijainnit. Mahdolliset kemialliselle, mekaaniselle tai lämpökuormitukselle altistavat tekijät. Kulku- ja nostoreitit ja tietenkin mahdolliset rakennuksen ulkonäköön vaikuttavat seikat. Myös mahdolliset huoltotasot ja kaapelihyllyjen saavutettavuus on huomioitava [6].

3.2 Kaapelihyllymallit

Kaapelihyllyn materiaali on aina valittava asennuskohteessa vallitsevien olosuhteiden mukaan. Hyllyjä on saatavilla tehtynä alumiinista, sinkistä ja erilaisista teräksistä. Kaapelihyllyt jakaantuvat rakenteensa puolesta kolmeen eri malliin: tikashyllyihin, levyhyllyihin ja lankahyllyihin. Tikashylly on näistä kokemusten perusteella yleisin kohdemaasta riippumatta. Seuraavana tulevat erilaiset levyhyllyt ja lankahylly on joukon harvinaisin. Tarkastellaan näistä kutakin seuraavaksi tarkemmin. Teknisten ominaisuuksien vertaaminen tehtiin OBO Bettermannin 400 mm leveitä hyllymalleja vertaillen.

3.2.1 Tikashylly

Tikashylly on yleisin käytetty kaapelihyllymalli, ja se sopii parhaiten etenkin suurille kaapeleille. Sen kuormitettavuus onkin joukon suurin. Esimerkiksi 400 mm leveän SLG 440 -tikashyllyn kuormitettavuus on, kahden metrin kannatuksella, 2.0 kN / m. Koska kyseinen tikashylly on sivunvahvuudeltaan 2 mm paksu, on se myös melko painava suurissa kokonaisuuksissa. Sata metriä kyseistä tikashyllyä tulisi painamaan 310 kg ilman asennuskiinnikkeitä ja kannatinrakenteita. Sähkömagneettinen vaimennus suojaus kyseisellä hylly on ilman kantta 10 dB ja kannella varustettuna 15 dB [8].

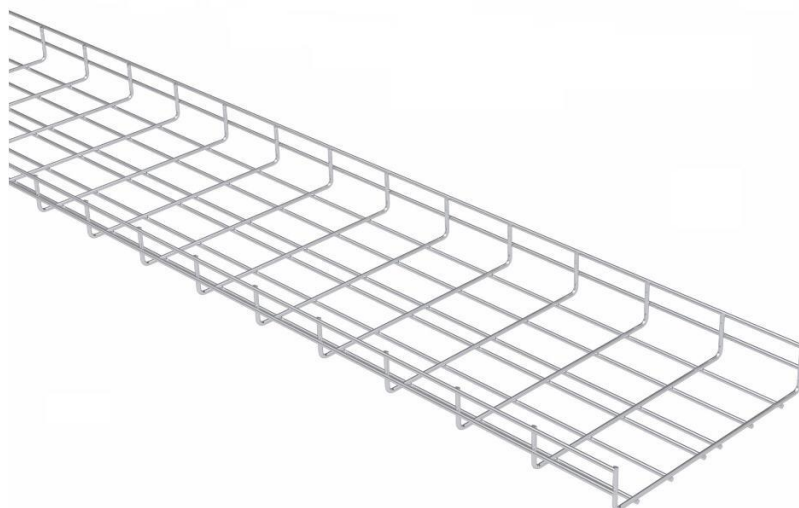


Kuva 9. Suomalaisen Meka Pro Oy:n KS20-tikashylly [9].

Tikashyllyn muotoa ei saa muokata leikkaamalla, ellei hyllyä tueta kunnolla leikkauskohdan molemmilta puolilta. Tikashyllylle saadaan huolellisesti tehtynä erittäin laadukkaan näköinen kaapeleiden reititys. Asennukset ovat kuitenkin aina toiselta puolelta nähtävissä, vaikka käytettäisiin kantta, joten asennusten piilottamiseen se ei sovellu kuin koteloituna tai alaslasketun katon sisään sijoitettuna. Koteloimisessa on kuitenkin otettava huomioon, että se heikentää lämmön poistumista kaapeleista. Se on huomioitava kaapeleiden kuormitettavuuslaskelmissa.

3.2.2 Lankahylly

Lankahylly on rakenteeltaan kevyt ja usein helposti asennettava. Asennustyötä helpottaa etenkin se, että lankahyllyjen rakennetta saa vapaasti muokata leikaten. Tällöin erilaisten esteiden väistäminen on helpompaa. GRM 55 -lankahyllyn kuormitettavuus on noin 0,25 kN / m kahden metrin kannatuksella. Kyseinen lankahylly on noin 25 % kevyempää kuin edellä esitelty tikashylly, joten 100 metriä sitä painaisi noin 234 kg. Lankahyllyllä on hyvä sähkömagneettinen suojauskyky, ja se vastaa ilman kantta, kannella varustettua tikashyllyä. GRM 55 -lankahyllyn sähkömagneettinen suojaus on 15 dB ilman kantta ja 25 dB kannella varustettuna [8].



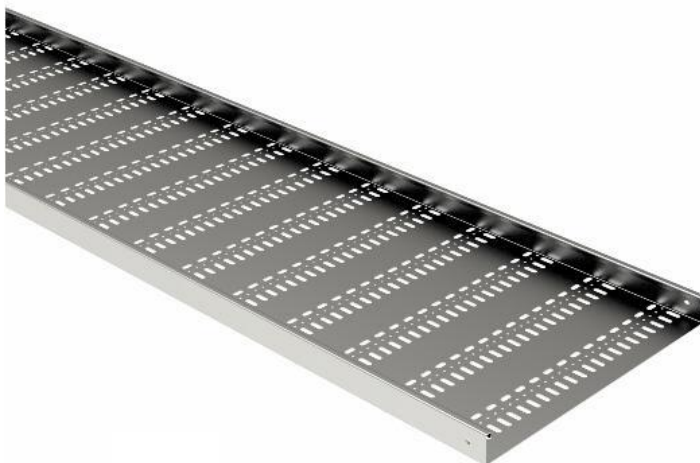
Kuva 10. Suomalaisen Meka Pro Oy:n WMT-lankahylly [9].

Lankahyllyn avoin rakenne tekee siitä tikashyllyn tavoin asennukset paljastavan ratkaisun. Lankahyllyn tiheämpi rakenne kuitenkin estää yksittäisen kaapelin nousemisen huomion keskipisteeksi, ja kaapelit sulautuvat paremmin lankahyllyn rakenteiden sekaan. Avoimet sivuseinämät edistävät lämmön haihtumista kaapeleista, vaikka hylly varustettaisiinkin kannella. Lankahyllyjen asennukseen on tarjolla myös täysin työkaluttomia ratkaisuja kuten OBO:n GR-Magic®.

3.2.3 Levyhylly

Levyhyllyjä on tarjolla sekä aukotettuna että täysin umpinaisia malleja. Täysin umpinaisella levyhyllyllä saavutetaan kaikista paras asennusulkonäkö, mutta niiden heikkoutena on kaapeleiden hankala kiinnitettävyyys ja pölyn kertyminen hyllyn päälle. Pölyisissä kohteissa hyllystön päälle kasautuvaa pöly heikentää huomattavasti lämmön haihtumista kaapeleista. Myös kannella varustettu levyhylly vastaa ominaisuuksiltaan jo täysin koteloitua rakennetta. Siksi umpinaiset mallit soveltuvat lähinnä toimistokohteisiin kevyisiin kaapeliasennuksiin.

Levyhyllyt ovat rakenteeltaan vertailuista hyllymalleista painavimpia, vaikka eivät kestä tikashyllyä paremmin kuormitusta. OBO:n RKSM 640 -levyhyllyn kuormitettavuus on 0,8 kN / m kahden metrin tuennalla. Painoa pelkälle 100 metrin hyllystölle tulee 330 kg, eli noin 10 % tikashyllyä enemmän. Umpinaiseen rakenteen ansiosta kannella varustettu levyhylly on ylivoimainen sähkömagneettiselta suojaukseltaan lukemalla 50 dB. Suojaus putoaa tasoon 20 dB, jos hyllyä ei varusteta kannella [8].



Kuva 11. Suomalaisen Meka Pro Oy:n KRB-levyhylly [9].

Levyhyllyillä on selvästi omat vahvat puolensa. Aukotetuilla levyhyllyillä saadaan aikaan näyttäviä kokonaisuuksia hyvällä häiriösuojauksella. Ne eivät ole kuitenkaan yhtä helppoja asentaa kuin lankahyllyt tai tikashyllyt, mutta sitä voidaan kompensoida hyvällä esisuunnittelulla. Hyllyjä tarkasteltaessa pelkästään ulkonäön perusteella, saadaan umpinaisella lankahyllyllä tehtyä kaikista virtaviivaisin asennusjälki, tällä tarkoitetaan kaapeleiden mahdollisimman hyvää piilottamista katseilta.

Edellä pyrittiin vertaamaan kustannuksiltaan samaan hintaluokkaan osuvia 400 mm leveitä hyllyjä. Kaikkia kaapelihyllymalleja on kuitenkin saatavilla vahvistetuilla rakenteilla. Etenkin jos tarve on pitkille kannakeväleille tai suurille kuormituksille. Suunnittelua helpottamaan monelta hyllyvalmistajalta löytyy myös erittäin kattavat katalogit.

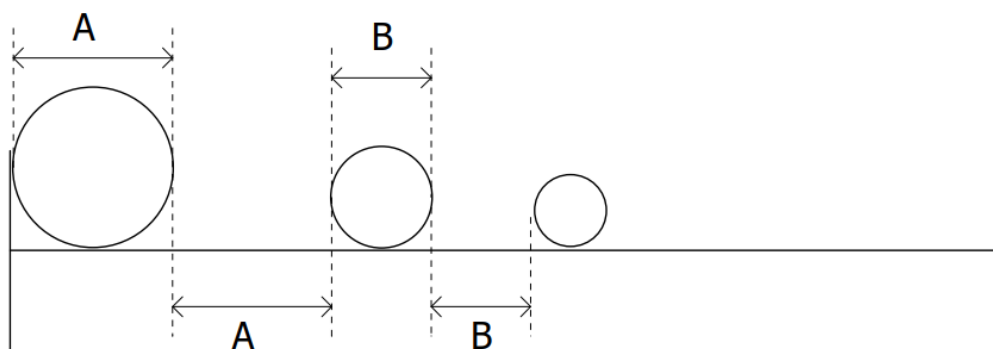
4 Kaapelointi

4.1 Kaapeleiden asennus kaapelihyllyille

Kaapeleita asentaessa on tiedettävä, millaiseen asennusympäristöön ja tapaan sähkösuunnittelu on kaapelit suunnitellut asennettavaksi. Insinööriyössä tarkastellussa ohjeistuksessa peruslähtökohtana on, että käytössä on kuparijohtimiset PVC-eristetyt syöttökaapelit. Kaapelit asennetaan yhteen kerrokseen umpinaiselle alustalle siten, että ne koskettavat toisiaan. Asennuspaikan lämpötilan oletetaan olevan maksimissaan 40 °C.

Syöttökaapelit pyritään aina asentamaan hyllyille yhteen kerrokseen. Ainoastaan jos hyllyn leveys ei sitä salli, voivat syöttökaapelit koskettaa toisiaan. Syöttökaapeleiden väliin pyritään jättämään aina suuremman kaapelin halkaisijan suuruinen matka. Kaapelit myös asennetaan siten, että halkaisijaltaan suurin kaapeli on uloimpana hyllyssä.

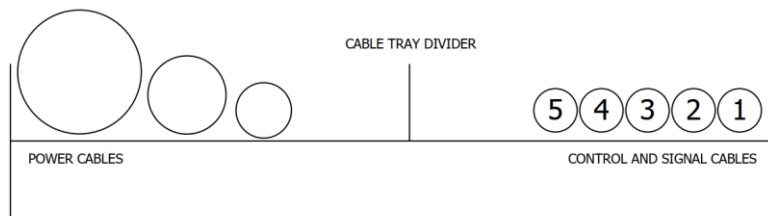
POWER CABLES AND MOTOR SUPPLY CABLES FROM BIGGEST TO SMALLEST



LARGEST POWER CABLE AT OUTER EDGE,
SERVICE SUPPLY CABLES AT INNER EDGE

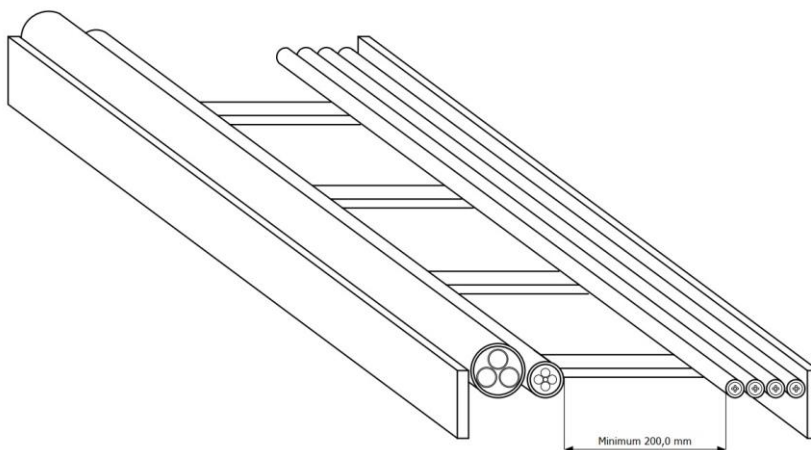
Kuva 12. Syöttökaapeleiden välinen suositeltu etäisyys.

Kokemukset asiakkaiden tekemistä sähköasennuksista paljastavat, että asennuspaikalla pyritään usein minimoimaan asennettavien hyllyjen määrä ja leveydet. Tällä saavutetaan toki pienehkö kustannussäästö, mutta sähköasennusten lopputulosta ajatellen tämä on täysin väärä paikka säästää. Tällaista tilannetta varten tehtiin mallikuva, jolla pyritään esittämään kaapeleiden oikea sijoittelu kaapalle hyllylle. Samalla annetaan suositus välilevyn käyttämisestä ohjauskaapeleiden ja syöttökaapeleiden erottamiseksi. Jos kaapeliryhmien erottamiseen ei voida käyttää välilevyä, suositellaan niiden väliseksi välimatkaksi vähintään kahdeskymmentä senttimetriä.



1. FIELDBUS CABLES (PROFINET / PROFIBUS)
2. ENCODER CABLES
3. ANALOG SIGNAL CABLES
4. 24VDC CONTROL CABLES
5. 24VDC SUPPLY CABLES

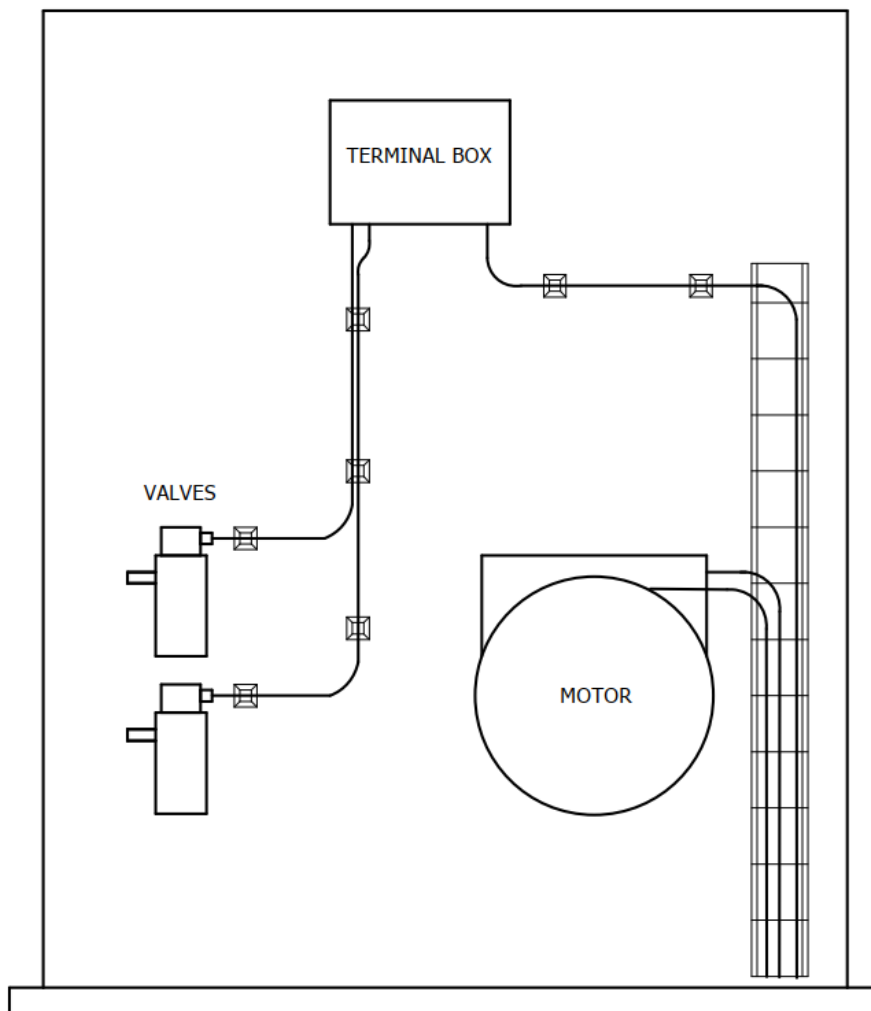
Kuva 13. Ohjauskaapelit ja syöttökaapelit samassa hyllyssä.



Kuva 14. Kaapeliryhmien välinen suositeltu minimietäisyys.

4.2 Kaapeleiden reititys koneiden rungoissa

Reittejä runkoihin suunniteltaessa pyritään huolehtimaan, että tekniset järjestelmät säilyvät mahdollisimman hyvin toisista erillään. Tällä tarkoitetaan sitä, että näiden järjestelmien huolto- ja korjaustehtävät on oltava tehtävissä toisista erillään. Tällöin vältetään siltä, että rinnakkaista järjestelmää jouduttaisiin tarpeettomasti purkamaan. Aivan kuten kiinteistöjen sähköasennuksissa myös laitekokonpanoissa asennusten siisteys vaikuttavat kohteen ”imagoon” ja voivat siksi nostaa tai laskea sen arvoa [10].



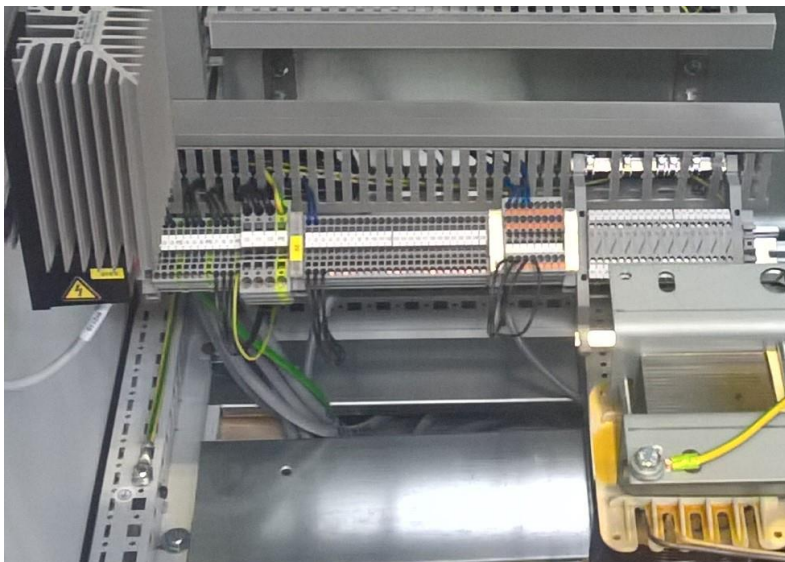
Kuva 15. Kaapeleiden reititys koneen rungoissa.

Koneiden rungoissa kulkevia kaapelireittejä varten tehtiin mallikuva, jossa määritellään kaapeleiden suositellut asennustavat ja kiinnittämistavat. Alle neljän kaapelin tapauksissa kiinnitys pyritään tekemään käyttämällä johdinsideankkureita. Tarrakiinnitteisten johdinsideankkureiden ongelma on usein, että ajan kuluessa ne irtoavat ellei niiden kiinnitystä varmenneta ruuvilla. Tämän vuoksi niiden paikallaan pysyminen ohjeistettiin varmentamaan ruuveilla. Jos kaapeleita on enemmän kuin neljä tai ne ovat suurikokoisia, kiinnitetään niitä varten lankahylly tai muovinen johtokanava. Ohjeistuksen mukaan pneumatiikkaletkut laskeetaan pinta-asennuksissa kaapeleiksi.

4.3 Kaappien kaapeliläpiviennit

Kaapelit tuodaan kytkentäkaappeihin pääsääntöisesti joko ylä- tai alakautta. Myös kaappien kylkiin on mahdollista tehdä kaapeloinnin rajapinta, mutta silloin se toteutetaan usein pistokeliittimin riviliitinten sijaan. Insinööriyössä tarkasteltuihin kaappeihin tuodaan kaapelit alakautta. Kaapeleiden läpivientien toteuttamiseen on useita eri vaihtoehtoja. Yleisin maailmalla tavattu tapa on tuoda kaapelit suoraan pohjalevyjen välistä. Tällä tavoin toteutettuna läpivientiin ei tietenkään synny vedonpoistoa. Insinööriyön alaisissa toteutuksissa vedonpoisto on kuitenkin aina mahdollista tehdä riviliitinriman alapuolella.

Jos kaapelit tuodaan suoraan pohjalevyjen välistä, kytkentäkaapin sokkeli kannattaa siinä olevien läpivientien osalta tiivistää. Pohjalevyihin on saatavilla myös vaahtomuovilla toteutettu läpivientiprofiili millä on mahdollista helposti tiivistää pohjalevyjen välistä toteutettu läpivienti.



Kuva 16. Kaapeleiden läpivienti pohjalevyjen välistä.

Haluttaessa myös vedonpoisto läpiviennin yhteydessä, paras tapa toteuttaa läpiviennit ovat läpivientiholkit. Läpivientiholkki kiristettäessä puristuu tiukasti kaapelin ympärille lukiten sen paikoilleen. Jos asennuksesta halutaan siisti, on jo suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että läpiviennit tehdään oikeisiin kohtiin pohjalevyssä.



Kuva 17. Kaapeleiden läpiviennit toteutettuina läpivientiholkeilla.

Kuvan 17 mukaista asennusratkaisua voidaan sinänsä pitää siistinä, mutta siinä läpivientejä ei ole kohdistettu kytkentäpisteiden sijaintien mukaan. Kaapelit on tuotu sisään läpivienneistä, jotka ovat sijainneet tarpeettoman kaukana kytkentäpisteestä. On myös huomioitava, että kaapeleiden merkitseminen on puutteellista sekä kaapelimerkeille varattavissa oleva tila on niukka.



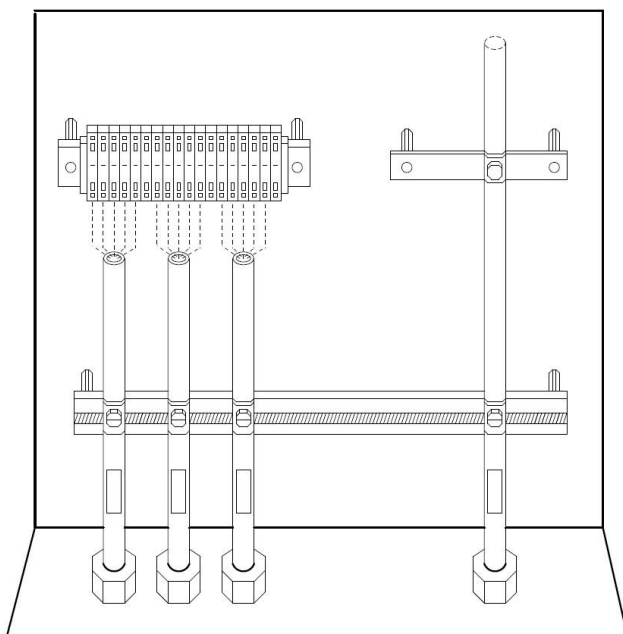
Kuva 18. Perinteinen UTU Oy:n multilaippa [11].

Muita vaihtoehtoja toteuttaa kaapeleiden läpivienti kaappiin ovat erilaiset multilaipat, joiden sijaan on hyvä käyttää kappivalmistajien omia kaapeliläpivientilevyjä. Multilaippaa käytettäessä leikataan kumiseen tiivistäiseen kaapelille sopiva läpivientireikä. Kaapeliläpivientilevyä käytettäessä tarpeettomasti avattu tiiviste voidaan tarvittaessa vaihtaa uuteen. Perinteiseen multilaippaan jää usein asentajien toimesta tyhjiä, mutta avattuja tiivistekohtia virheiden seurauksena.



Kuva 19. Rittal Oy:n VX-kaapin kaapeliläpivientilevy [12].

Kun asiakasprojektille kohdistuu vaatimuksia, jotka asettavat erityisiä vaatimuksia asennuksien siisteydelle, voidaan asennusesimerkkejä esittää jo suunnitteludokumenteissa. Tätä tarkoitusta varten luotiin kaksi periaatekuvaa kytkentäkaappien liitántärajapinnoista. Nämä kuvat ovat poikkeuksellisesti enemmän hyödyksi koneiden kokoonpanodokumentaatioissa kuin varsinaisessa sähköasennusdokumentaatioissa.



Kuva 20. Periaatekuva kytkentäkaapin liitosrajapinnasta.

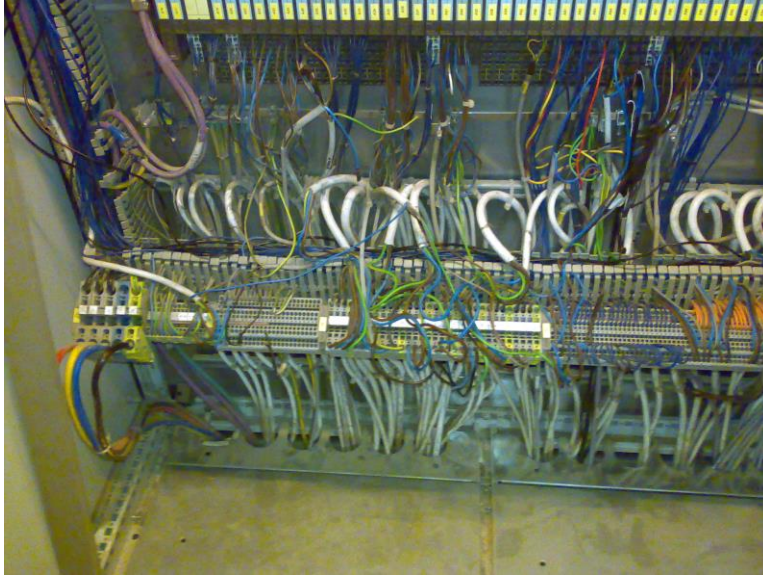
4.4 Kaapeleiden kytkeminen

Sähköasennussäädöksissä ei anneta yksityiskohtaisia ohjeita kaapeleiden tai johtimien kytkemisestä. Yleensä kytkentöjen toteuttamistapa kulkee yrityksen ja alan vakiintuneina käytäntöinä.

Vakiintuneet käytännöt ovat menettelyjä, jotka ovat sähköasentajien ammattikunnassa muodostuneet ajan saatossa ja saaneet yleisen hyväksynnän [10, s 17.].

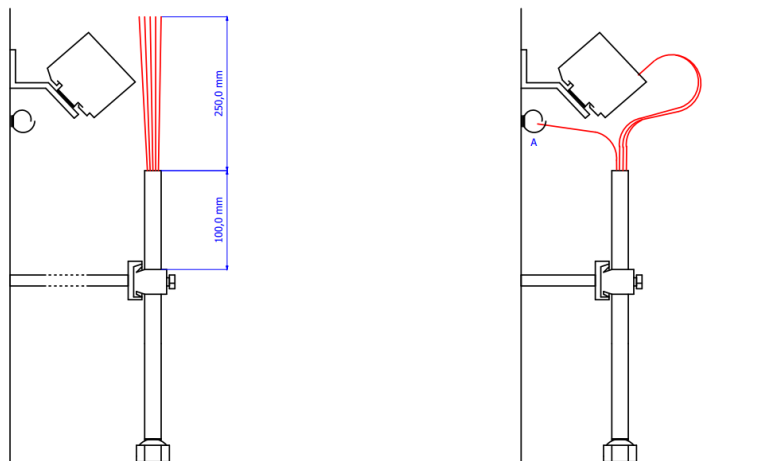
Kansainvälisissä asennuskohteissa sähköasentajien ammattitaito ja työkokemus vaihtelevat suuresti. Tällaisia tapauksia varten on hyvä suunnitella mahdol-

lisimman yksityiskohtainen asennusohjeistus. Olemassa olevassa ohjeistuksessa ei ollut esimerkkikuvia siitä miltä kaapeleiden kytkemisen lopputuloksen olisi näytettävä. Usein asennuskohteiden työnjälki on hyvin kirjavaa.



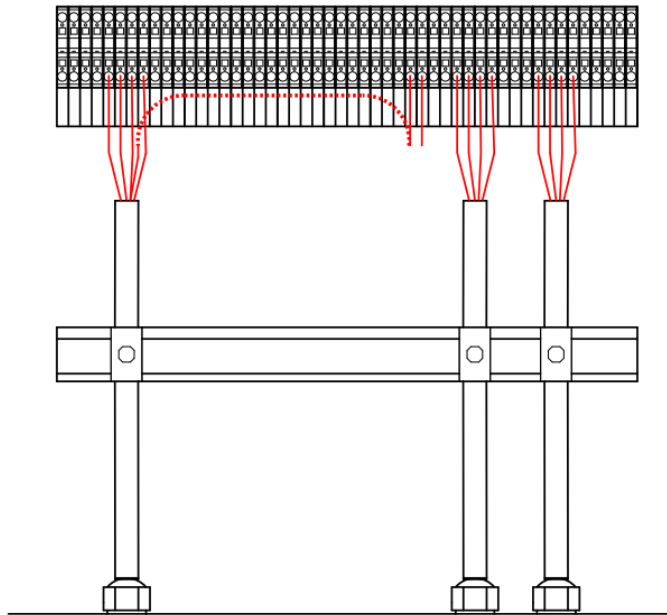
Kuva 21. Sähköasennusjälki Jordaniassa sijaitsevassa tehtaassa.

Sähköasennusten laadun parantamiseksi asennusohjeeseen tehtiin yksityiskohtaiset ohjeet kuinka kaapelit tulisi kaappien riviliittimille kytkeä. Ohjeet koostuvat kuvasarjasta, jotta ohjetta ei tarvitsisi erikseen käännättää useille eri kielille.



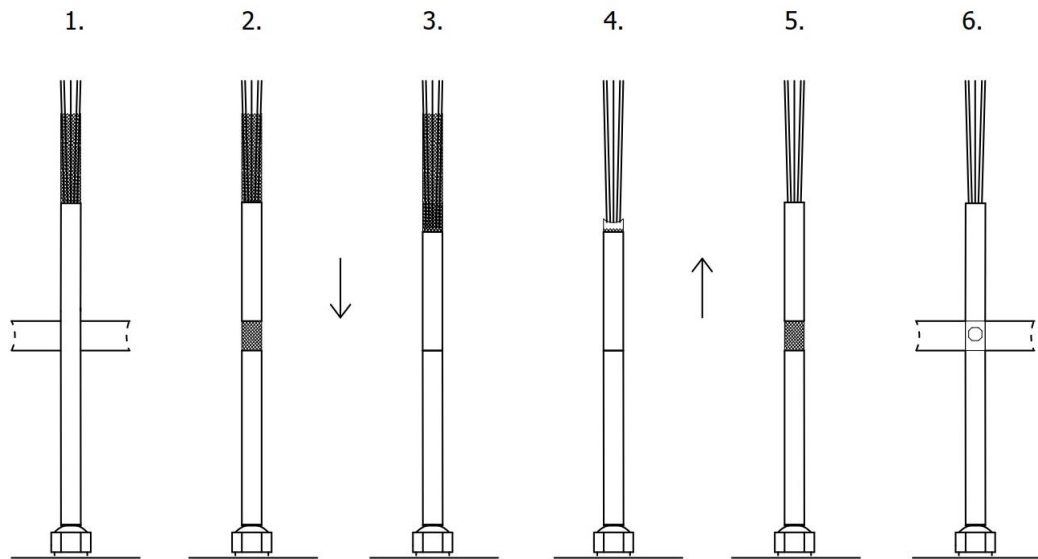
Kuva 22. Ohjekuva kaapelin kuorimiseksi ja kytkemiseksi.

Ensimmäisellä uudella ohjekuvalla pyritään ohjeistamaan, miten kaapelit pääsääntöisesti tulee kuoria sekä asentaa riviliittimille. Koska kaapelin johtimet eivät aina tule samalle alueelle riviliitinrimassa, vaikka siihen pyritään, täydennettiin ohjeistusta toisella ohjekuvalla, jossa kuvataan, miten johtimet viedään siististi sivuttaissiirtoja tehdessä. Apuna tässä käytetään A:lla merkittyä johdotuskourua.



Kuva 23. Ohjekuva kaapelin johtimien reitityksestä.

Osa kaapeleista on suojattuja signaalikaapeleita, joiden suojavaipat on maadoitettava. Maadoitusta varten kytkentäkaappeihin on asennettu kiskot, joihin suojavaippa voidaan maadoittaa. Sähköasentajien käytössä oleva varustus on usein puutteellista, jonka vuoksi esimerkiksi kutistesukan käyttö ei ole mahdollista. Tämän vuoksi luotiin ohjeistus, kuinka kaapelin suojavaippa maadoitetaan maadoituskiskoon pelkästään kaapelia kuorimalla.



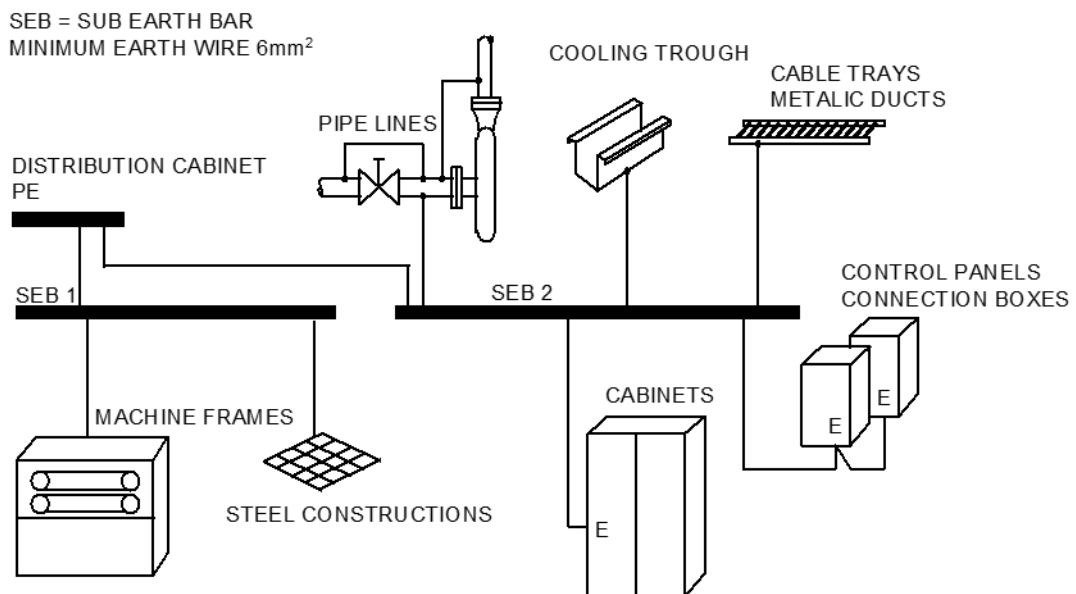
Kuva 24. Kaapelin suojavaipan esille kuoriminen.

Kohdan neljä työvaiheessa on tärkeää ohjeistaa, että suojavaipan alla olevaa kerrosta ei saa katkaista samasta kohtaa kuin itse suojavaippaa. Alla olevaa kerrosta on jätettävä noin puolitoista senttimetriä, jotta katkaistun suojavaipan mahdolliset terävät osat eivät jää painamaan johtimia.

5 Potentiaalintasaus

Sähköjärjestelmiä rakennettaessa ihmisiä suojellaan sähköiskuilta suojajohtimilta. Sekä suojamaadoitusjohtimet että potentiaalintasausjohtimet ovat suojajohtimia. Insinööriyössä ei paneuduttu varsinaisen suojamaadoituksen toteuttamiseen vaan laitteiston potentiaalintasaukseen. Potentiaalintasauksen perusperiaatteena on yhdistää laitteiston johtavat osat yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jolloin laitteiston osien välille ei pääse syntymään potentiaalieroja. Tällöin saavutetaan niin sanotusti tasapotentiaali [13].

Pääpotentiaalintasausjohtimen minimipaksuudeksi on määritelty 6 mm² ja sen on oltava kuparia. Yleensä kansainvälisesti tunnutaan suosivan 16 mm²:n kuparijohtinta. Sen sijaan varsinaisen potentiaalintasauksen tekeminen jää usein asiakkaiden asentajilta tekemättä tai se toteutetaan vajaasti.



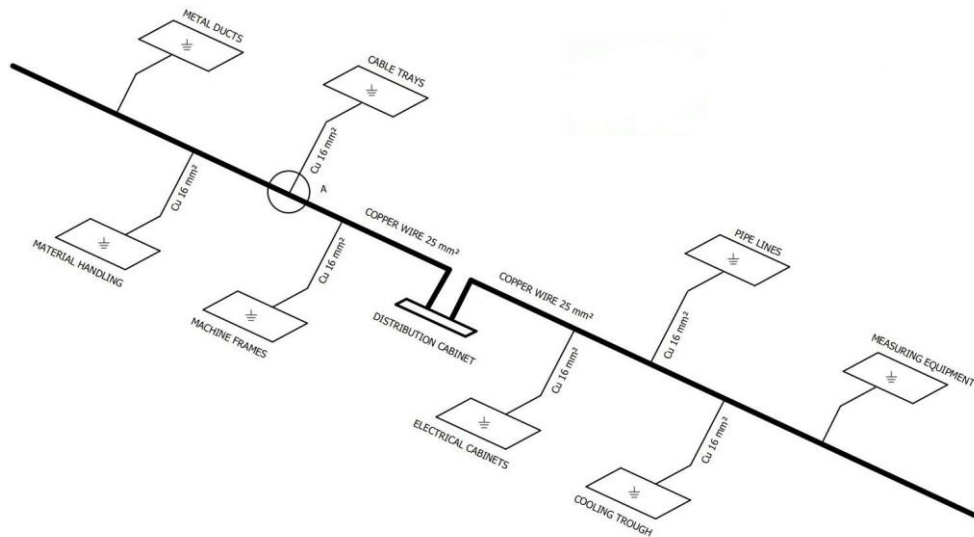
Kuva 25. Periaatekuva potentiaalintasauksen toteuttamisesta [2].

Insinööriyössä suunniteltiin periaatekuva toteutukselle, jossa potentiaalintasaus tehtäisiin vetämällä runkojohdin, josta haaroitetaan puristusliittimin kohdekohtai-

set potentiaalintasausjohtimet. Tällä hetkellä potentiaalintasaus toteutetaan tällöin yhdestä potentiaalintasauspisteestä haaroittaen 16 mm²:n kuparijohtimella.

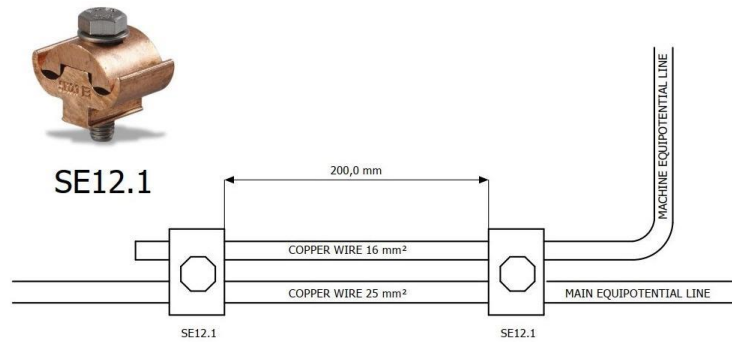
Kun potentiaalintasaus toteutetaan runkojohtimella, pienenee tarvittava kuparijohtimen määrä. Tämän vuoksi runkojohtin voidaan toteuttaa 25 mm²:n kuparijohtimella kustannusten pysyessä samana tai jopa vähentyessä. Lopullisessa periaatekuvassa runkojohtimena käytetään kahta 25 mm²:n kuparijohtinta, joista haaroitetaan kohdekohtaiset potentiaalintasaukset 16 mm²:n kuparijohtimella.

EQUIPOTENTIAL BONDING



Kuva 26. Potentiaalintasaus runkojohtimin.

Haaroitusten tekemiseen tehtiin lisäksi yksityiskohtainen mallikuva, jossa näytetään, kuinka kohdekohtaiset potentiaalintasausjohtimet liitetään runkojohtimeen.



Kuva 27. Potentiaalintasausjohtimien liitos.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli päivittää sähköasennusohjeistusta vastaamaan kansainvälisen toimintaympäristön vaatimuksia. Olemassa oleva sähköasennusohjeistus oli hyvä, mutta sitä pyrittiin tarkentamaan sopivilta osin, jotta sähköasennusten laatua ja turvallisuutta saataisiin parannettua ulkomailla tehtävissä asennuskohteissa. Näissä asennuskohteissa asennustyötä suorittavien sähköasentajien ammattitaito ja kokemus vaihtelevat suuresti. Apuna käytettiin myös käyttöönotosta saatuja kokemuksia sähköasennusten laadusta ja ongelmakohtista.

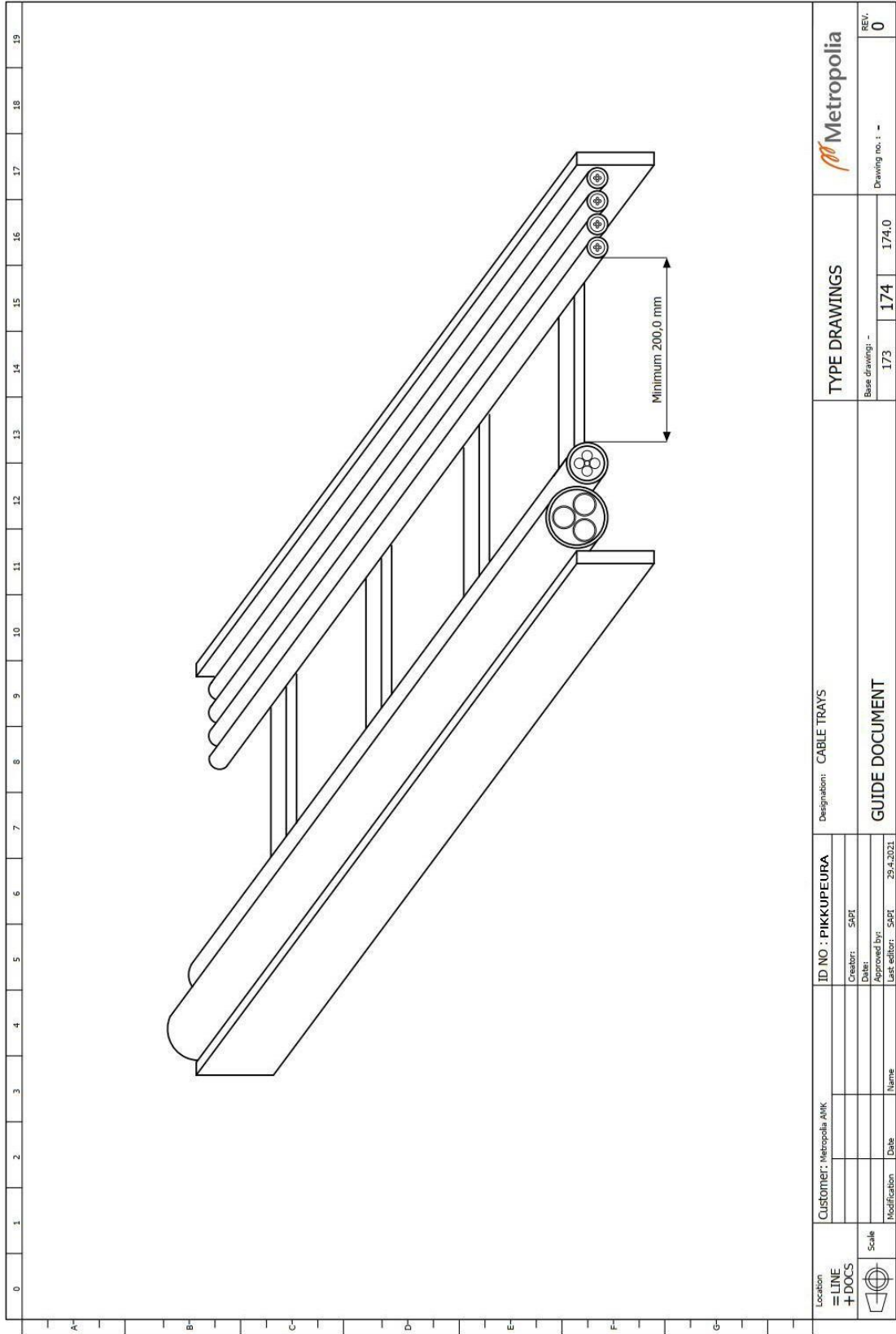
Insinööriyön tuloksena syntyi useita ohjekuvia, joiden avulla pyritään visuaalisesti esittämään, miten haastaviksi tiedetyt asiat tulisi sähköasennuksissa toteuttaa. Kaikki ohjekuvat tehtiin Eplan Electric P8 -sähkösuunnitteluohjelmistolla. Asennusohjeistusta tullaan edelleen aktiivisesti kehittämään käyttöönotosta saadun palautteen perusteella. Kuvat löytyvät liitteinä tästä insinööriyöstä.

Lähteet

- 1 Suomen standardoimisliitto SFS. 2010. SFS-EN 81346-1. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 1: Perussäännöt. Sesko Ry.
- 2 Kumpuniemi, Vesa. 2010. Cabling installation instruction. Vantaa: Mallefer Extrusion Oy.
- 3 Suomen standardoimisliitto SFS. 2010. SFS-EN 62491. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Kaapelien ja piuhojen merkintä. Sesko Ry.
- 4 Infrastructure components. Symmetrical motor cable SymFlex® EMV-Drive. Verkkodokumentti. Indu-Sol GmbH: Viralliset kotisivut www.indu-sol.com. Luettu 4.8.2020.
- 5 Ville Simola. 2013. Terminal Arrangement Drawing E115980. Vantaa: Mallefer Extrusion Oy.
- 6 PSK Standardisointi. 2004. PSK 2005 Kaapelireittien suunnittelu. PSK Standardointiyhdistys Ry.
- 7 U.S. Department of Labor. SHIB 2008. Safely Installing, Maintaining and Inspecting Cable Trays. Verkkodokumentti. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration: Viralliset kotisivut www.osha.gov. Luettu 11.1.2021.
- 8 OBO Bettermann. 2010. KTS Luettelo 2010/2011. Nurmijärvi: OBO Bettermann Oy.
- 9 Tuotteet, Verkkodokumentti. Meka Pro Oy: Viralliset kotisivut www.meka.eu. Luettu 12.5.2020.
- 10 Mäkinen, Markku ja Koivisto, Pekka. 2020. ST-Käsikirja 34. Espoo: Sähkö-tieto Ry.
- 11 Läpivientilaippa - MC-Multigate 16 – UTU, Verkkodokumentti. STK-Tietopalvelu Oy: Viralliset kotisivut: www.sahkonumerot.fi. Luettu 15.1.2021.
- 12 Tuotteet, Verkkodokumentti. Rittal Oy: Viralliset kotisivut www.rittal.fi. Luettu 11.1.2021.

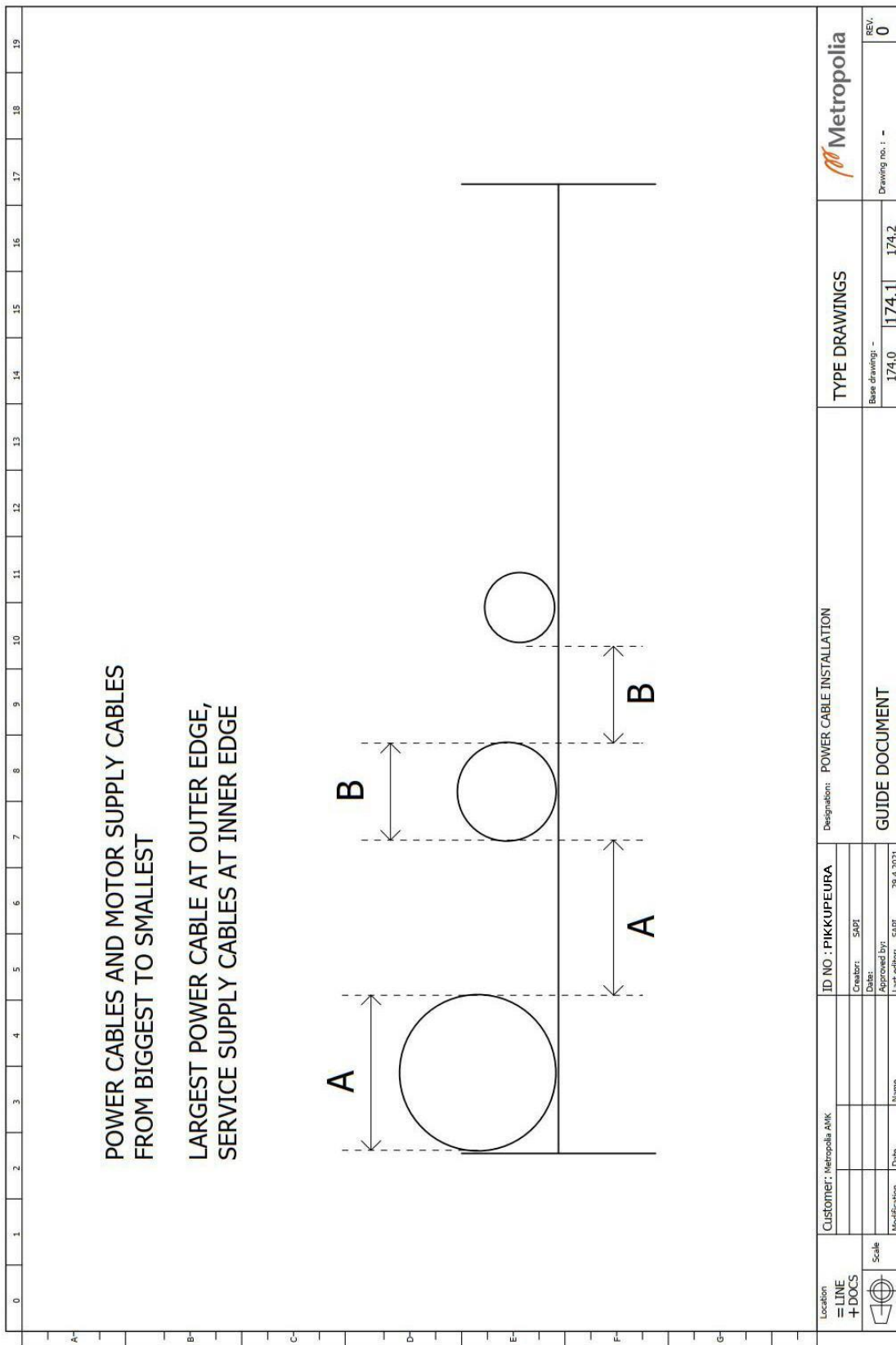
- 13 ST-kortisto. 2018. ST 53.21 Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Espoo: Sähkötieto Ry.

Kaapelihylly yleiskuva



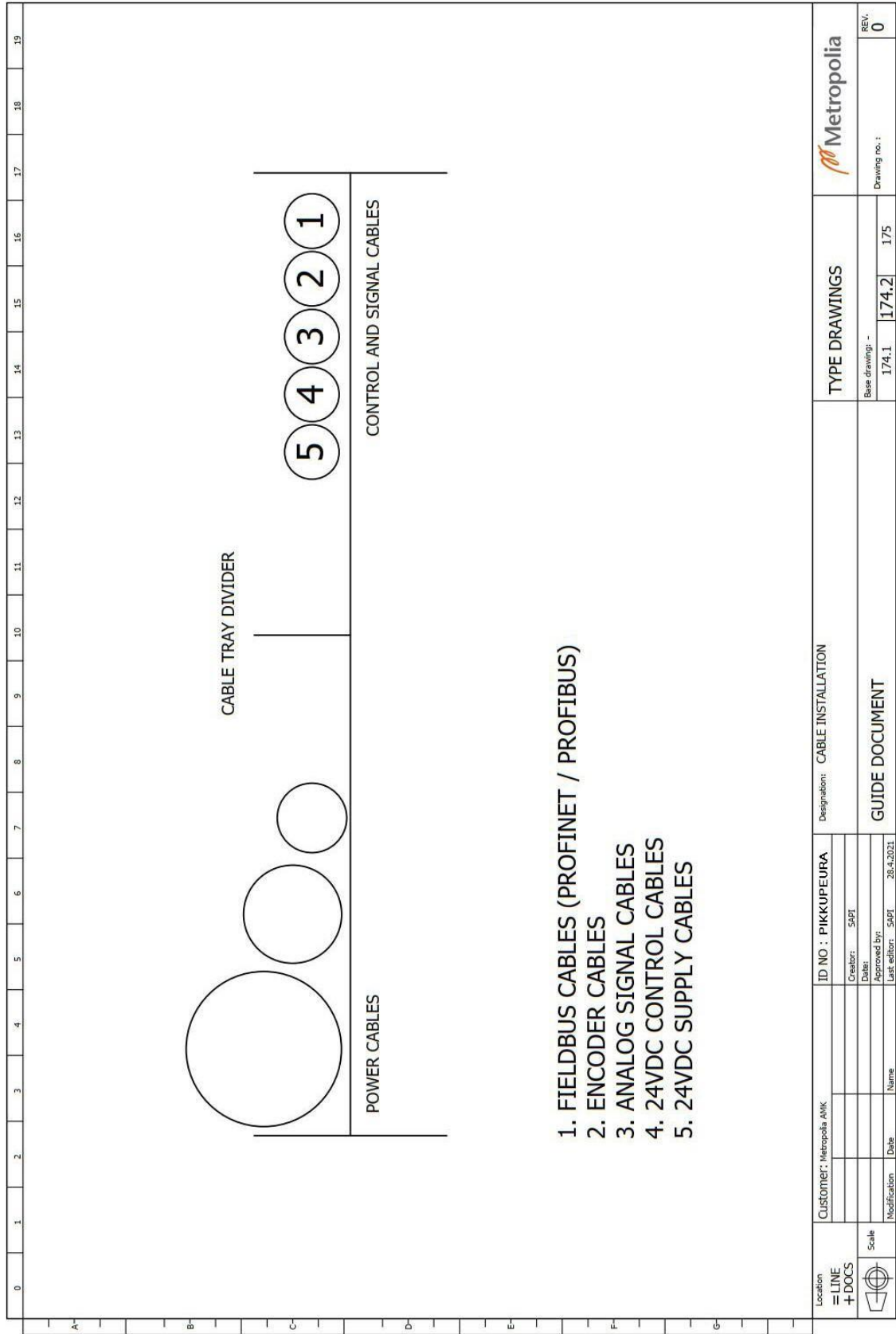
Location = LINE + DOCS 	CUSTOMER: Metropolia AMK		ID NO : PIKKUPEURA		Designation: CABLE TRAYS		Metropolia		
	Modification	Date	Name	Creator: SPT	Date	Approved by: SPT	Last editor: SPT	29.4.2021	
Scale	GUIDE DOCUMENT							Base drawing: -- 173	Drawing no. : -- 174.0
								REV: 0	

Syöttökaapeleiden välinen etäisyys

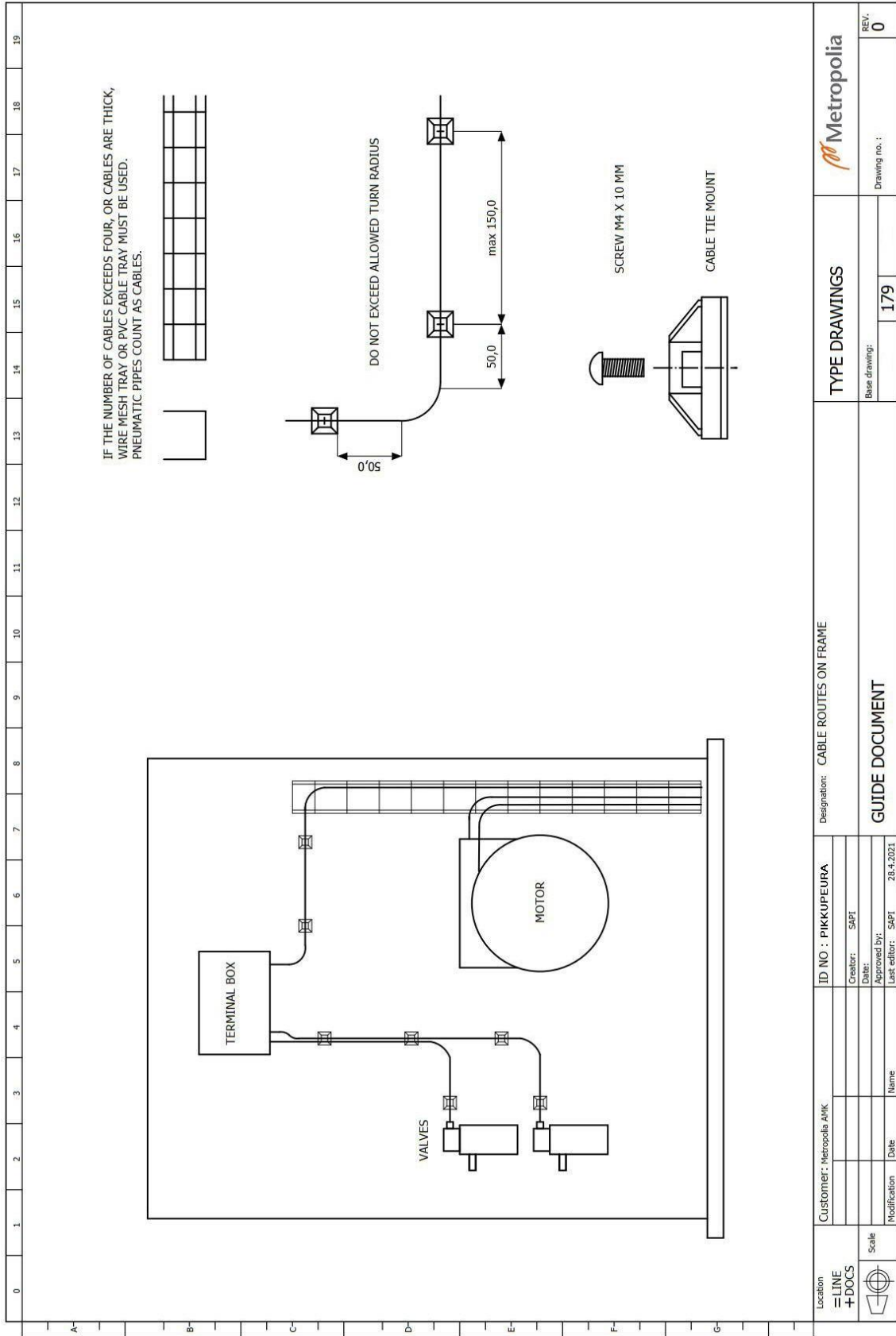


Location = LINE + DOCS	CUSTOMER: Metropolia ANK	ID NO : PIKKUPEURA	Designation: POWER CABLE INSTALLATION	TYPE DRAWINGS	Metropolia
Modification	Date	Name	GUIDE DOCUMENT	Base drawings: - 174.0 174.1 174.2	
Scale					REV: 0

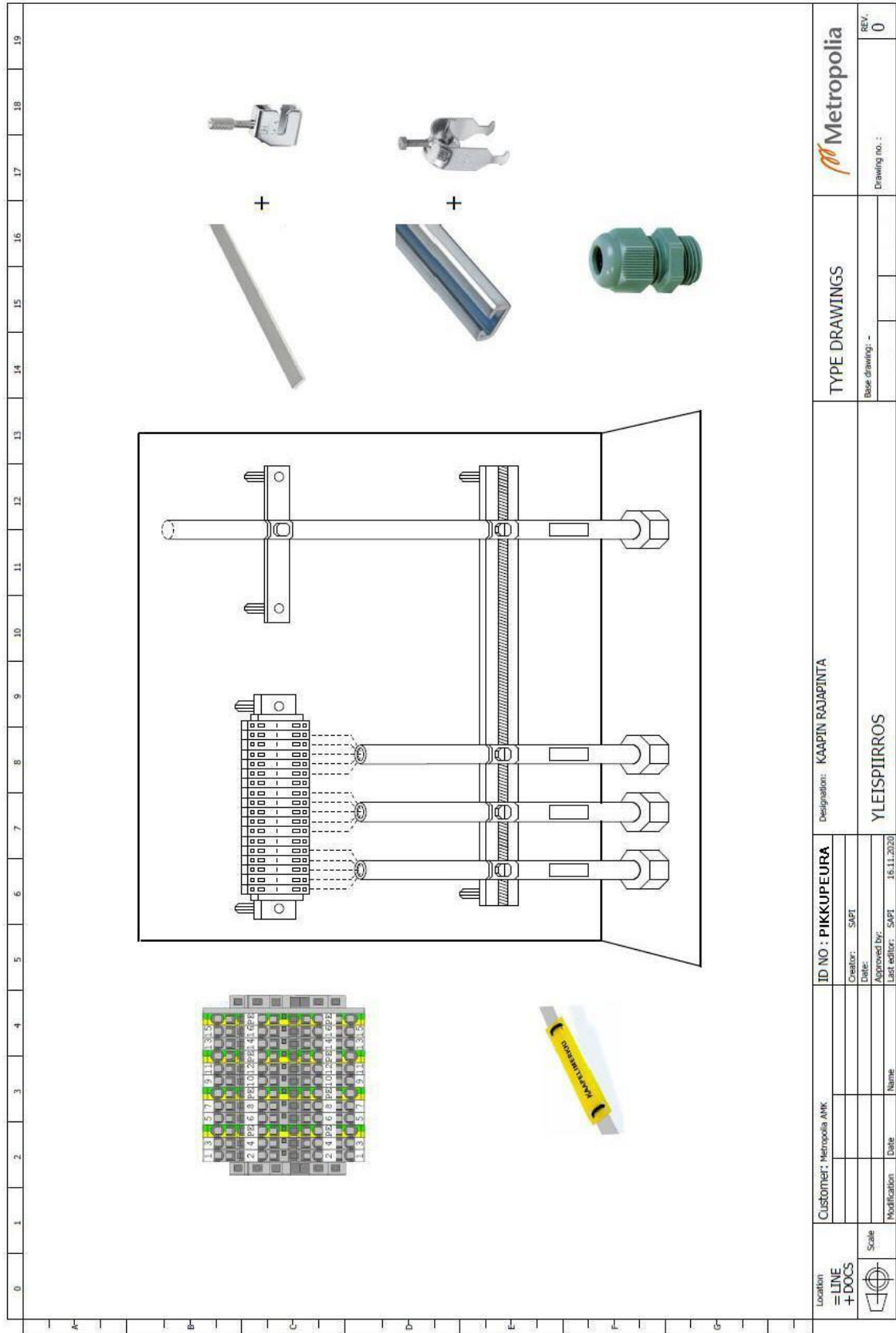
Kaapeleiden sijoittaminen hyllylle



Kaapeleiden reititys rungossa

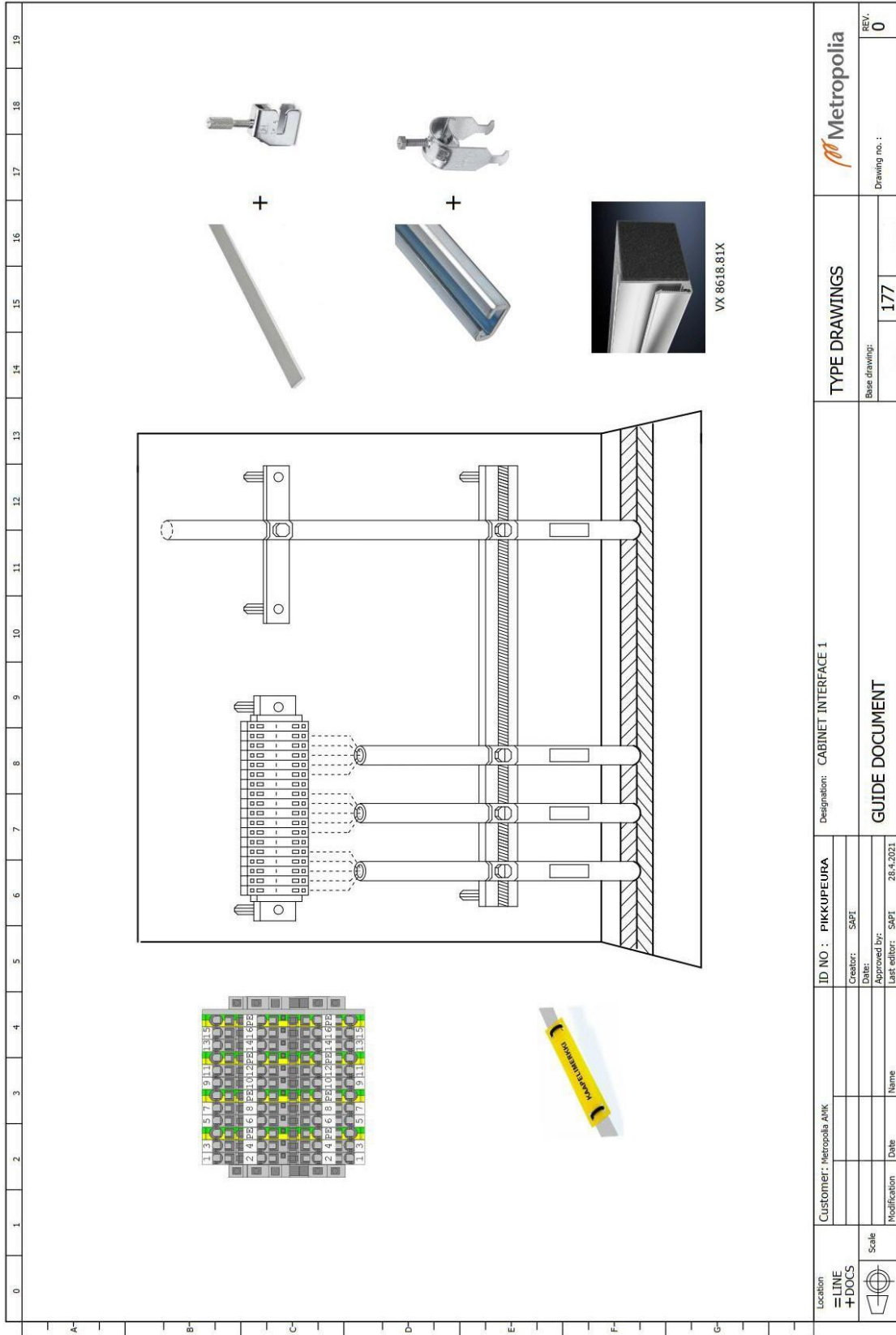


Kytöntäkaapin rajapinta 1

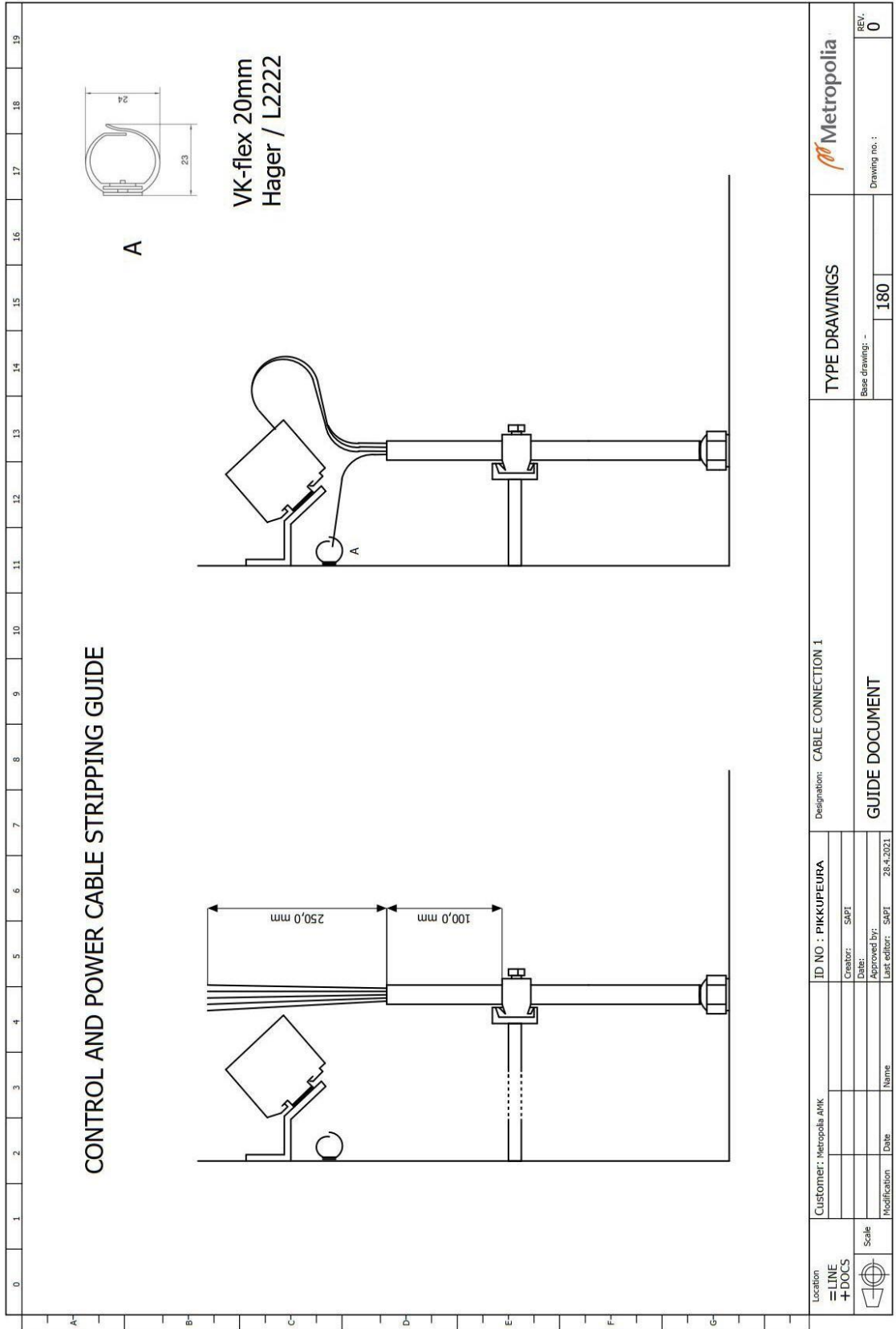


Location = LINE + DOCS	Customer: Metropolia AMK	ID NO : PIKKUPEURA	Designation: KAAPIN RAJAPINTA	TYPE DRAWINGS	Metropolia
Scale	Modification	Creator: SAPFI	YLEISPIIRROS	Base drawing: --	REV. 0
	Date	Date: 16.11.2020		Drawing no.:	
	Name	Approved by: SAPFI			
		Last editor: SAPFI			

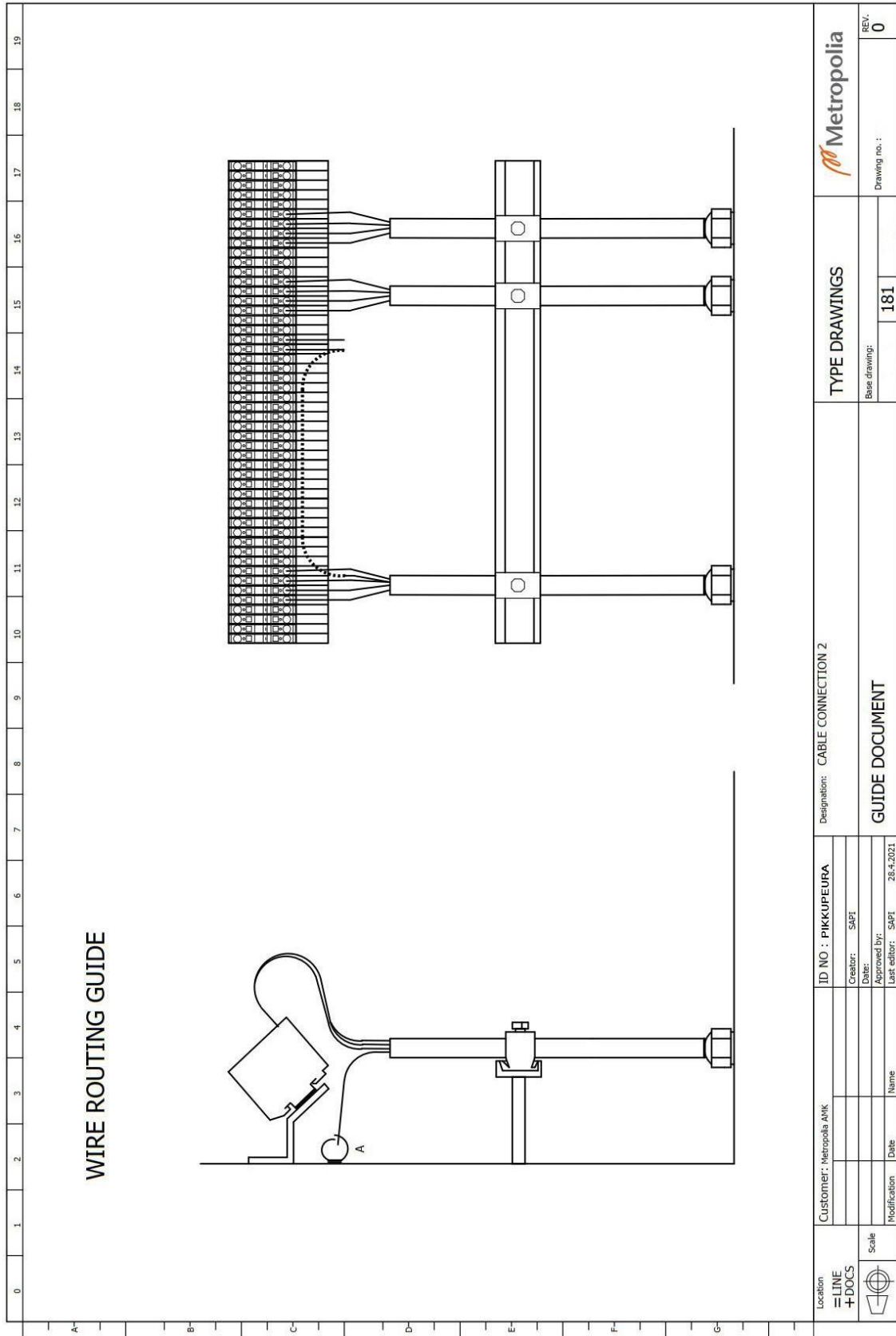
Kytentäkaapin rajapinta 2



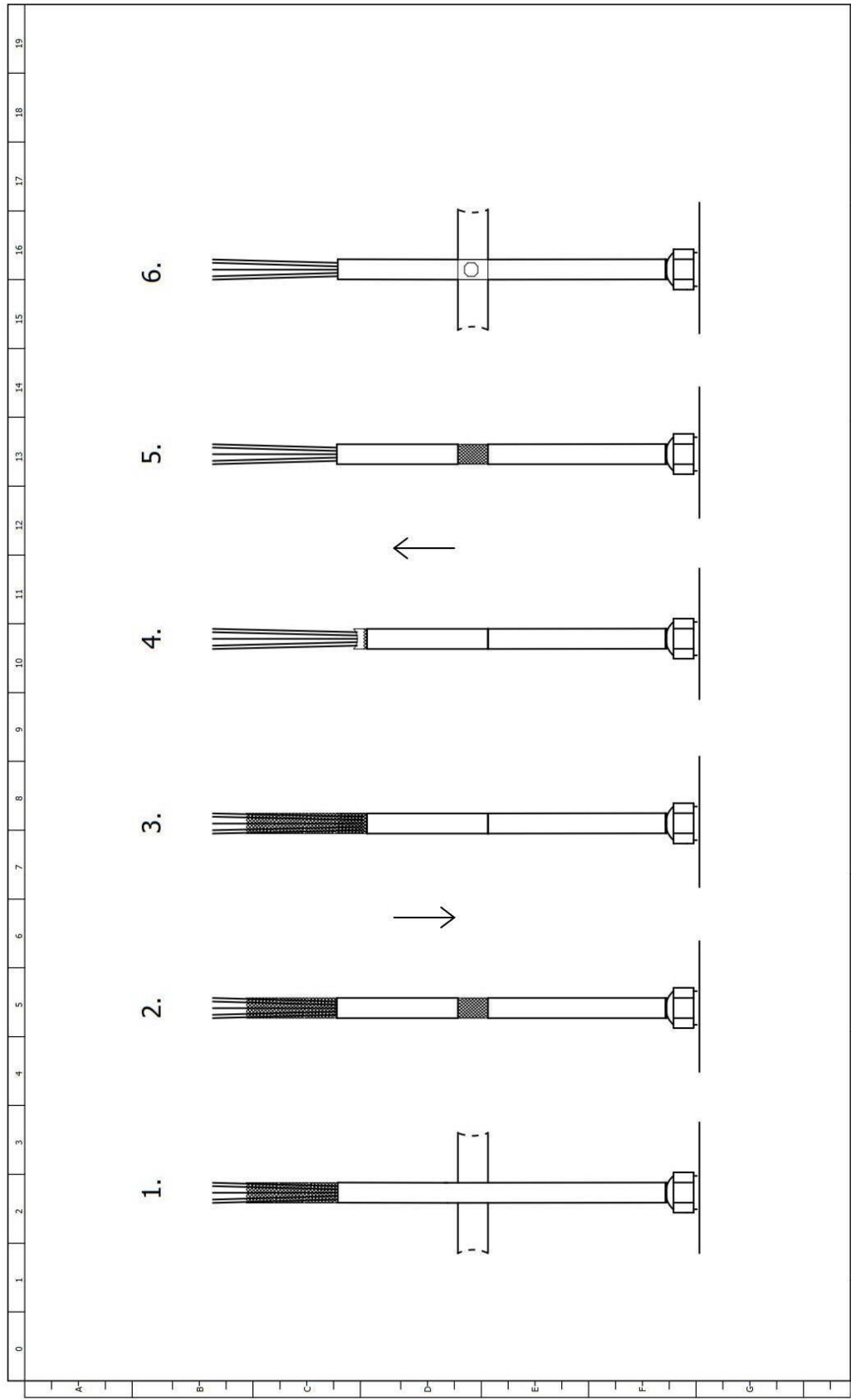
Kuorintaohje



Johtimien reititys

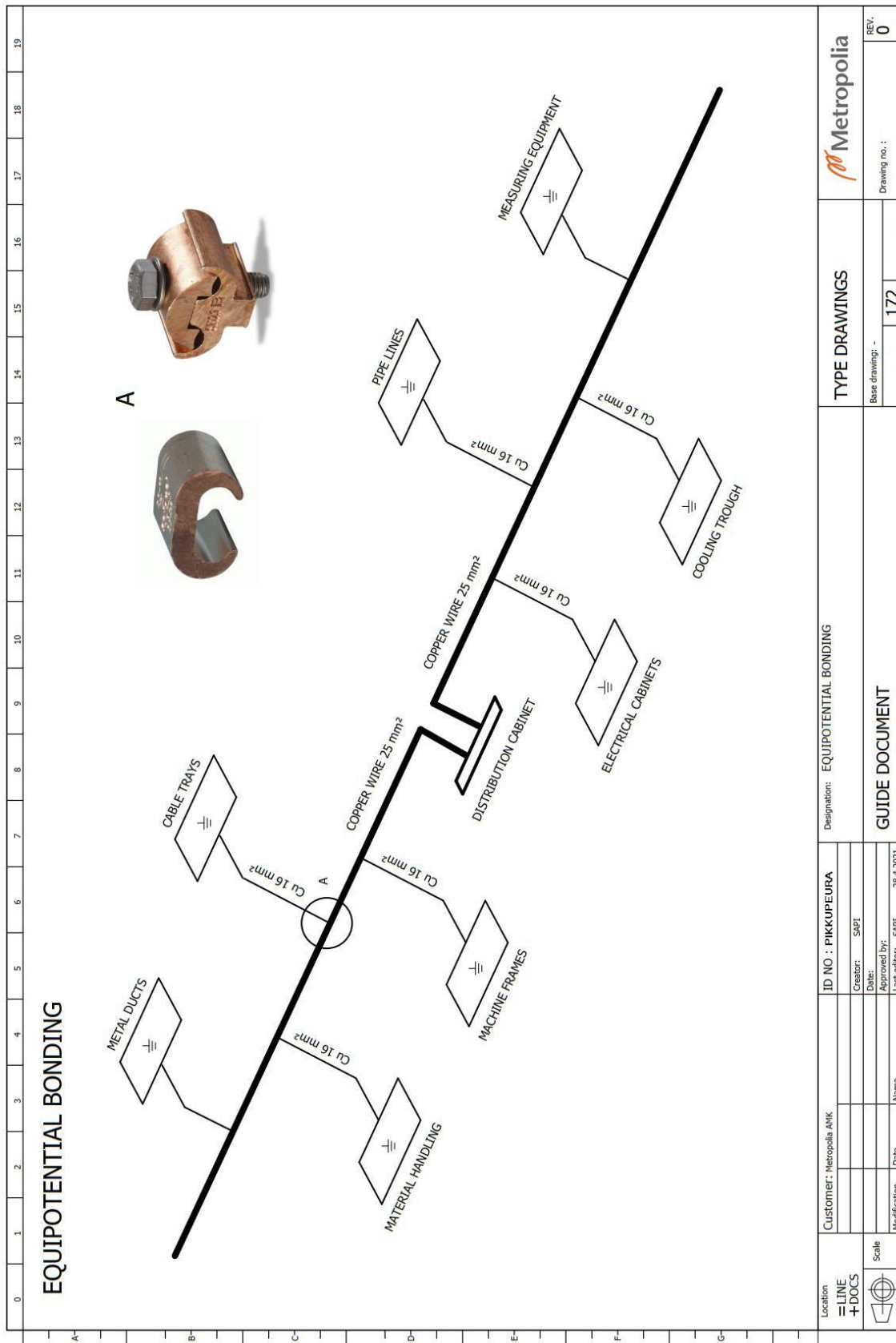


Suojavaipan kuoriminen



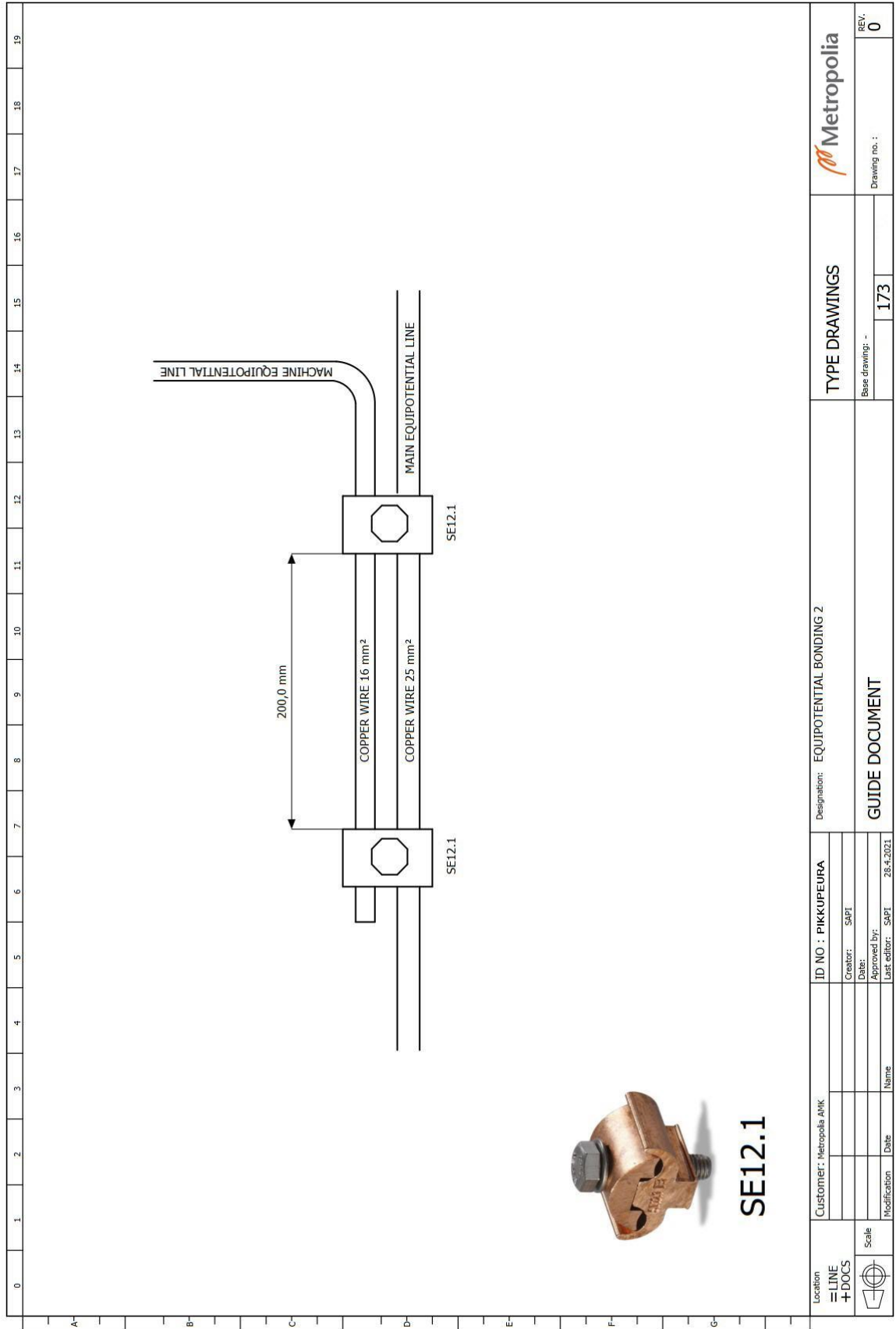
Location	Customer: Metropolia AMK	ID NO : PIKKUPEURA	Designation: CABLE CONNECTION 3	TYPE DRAWINGS	Metropolia
= LINE + DOCS Scale	Creator: SAPI Date: Approved by: Last editor: SAPI	Date: 28.4.2021 Name	Base drawing: - Drawing no.: 182		
			GUIDE DOCUMENT		

Potentiaalintasaus runkojohtimilla



Location	Customer: Metropolia ANK	ID NO : PIKKUPEURA	Designation: EQUIPOTENTIAL BONDING	TYPE DRAWINGS	Metropolia
Scale	Modification	Date	Name	Base drawing: -	
<ul style="list-style-type: none"> LINE DOCS 	Creator: SAP1 Date: Approved by: Last editor: SAP1	28.4.2021		172	Drawing no. :
					REV. 0

Potentiaalintasausjohtimien liitos



SE12.1

Location = LINE + DOCS	Customer: Metropolia AMK	ID NO.: PIKKUPEURA	Designation: EQUIPOTENTIAL BONDING 2	TYPE DRAWINGS	Metropolia Drawing no.: 173 REV. 0
Scale	Modification	Creator: SAPT Date: Approved by: Last editor: SAPT	GUIDE DOCUMENT	Base drawing: -	