

24VDC JÄNNITTEENJAKOKESKUS



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK, Valkeakoski, Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Syksy, 2016

Ari Lepola

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Valkeakoski

Tekijä Ari Lepola **Vuosi** 2016

Työn nimi 24VDC jännitteenjakokeskus

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella keskitetty jännitteenjakokeskus ristikytkentätilassa oleville automaatiolaitteilla.

Työn aiheen lähtökohtana oli tarve tiivistää ristikytkentätilan automaatiolaitteita pienempään tilaan.

Työn teoreettisessa osassa käsitellään standardien mukaista suunnittelua ja automaatiolaitteiden teknisiä tietoja.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua vaadittu 24VDC jakokeskus. Suunnitelmien pohjalta voidaan keskus tilata melkein valmiina valmistajalta tai kasata itse tarvittaessa.

Avainsanat 24VDC, jännitteenjakokeskus, virtakiskosto, automaatio.

Sivut 53 sivua, joista liitteitä 15 sivua

Degree Programme in Automation engineering
Valkeakoski

Author	Ari Lepola	Year 2016
Subject	24VDC electricity distribution cabinet	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to plan and design a concentrated electricity distribution cabinet for automation devices in a cross-connection room.

The subject of this thesis was based on the need to compress the space needed for automation devices in the cross-connection room.

The topics that are discussed in the theoretical part of this thesis include issues that standards set for designing electricity distribution cabinets and specifications of automation devices.

As a result of this thesis project an electricity distribution center was designed. This design will enable ordering a near ready-made electricity distribution cabinet or constructing one.

Keywords 24VDC, power distribution, bus bars, automation.

Pages 53 pages including appendices 15 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	AGNICO EAGLE FINLAND	1
3	TILAAJAN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	1
3.1	Lähtökohdat	1
3.2	Työn tavoitteet.....	2
4	KESKUKSEN STANDARDIEN MUKAINEN SUUNNITTELU	2
4.1	Keskuksen merkinnät ja dokumentaatio	2
4.1.1	Arvokilpi.....	2
4.1.2	Merkinnät	3
4.1.3	Kojeiden merkintä	3
4.1.4	Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet.....	3
4.1.5	Osaluettelo	3
4.1.6	Keskuksesta toimittavat piirustukset	3
4.2	Keskuksen mekaaninen rakenne ja kotelon luokitus.....	4
4.2.1	Ilma- ja pintavälit.....	4
4.2.2	Liittimien ja johtimien sijoitus	4
4.2.3	IP-luokitukset.....	5
4.3	Keskuskaapin sijoitus.....	6
4.4	Komponenttien lämpeneminen	6
4.4.1	Sisälämpötilat	6
4.4.2	Koteloiden pinnat	6
4.5	Sähköiskulta suojaaminen	7
4.5.1	Kotelointi ja kosketussuojaus	7
4.5.2	Suojajännite	7
4.6	Suojamaadoitus.....	8
4.7	Oikosulkuvirrat	8
4.7.1	Prospektiivinen oikosulkuvirta	9
4.7.2	Dynaaminen oikosulkuvirta	9
4.7.3	Terminen nimelliskestovirta	9
4.7.4	Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta.....	9
4.8	Oikosulkusuojaus.....	10
4.9	Valittavat komponentit	10
4.9.1	Pääkytkin	10
4.9.2	Sulake.....	10
4.9.3	Katkaisijat	10
4.10	Kiskoston mitoitus.....	11
4.10.1	Kiskojen tuentaväli	18
4.10.2	Kiskojen häviöteho	18
4.11	Sisäisen johdotuksen mitoitus	19
4.11.1	Johtimien värit.....	20
4.11.2	Vaihe- ja virtajohtimet.....	20

5	RISTIKYTKENTÄTILASSA OLEVAT AUTOMAATIOLAITTEET	21
5.1	S800 I/O-moduulit.....	21
5.1.1	AI845.....	22
5.1.2	AO845	22
5.1.3	DI810.....	22
5.1.4	DO810.....	23
5.1.5	DI818.....	23
5.1.6	DO818.....	23
5.2	FCI-väyläyksikö CI801	23
5.3	ModuleBus väyläyksikö TB820V2.....	24
5.4	Modbus väyläyksiköt.....	25
5.4.1	CI853	25
5.4.2	CI867	26
5.5	PROFIBUS väyläyksikö CI854A.....	26
5.6	PROFINET väyläyksikö CI871	27
5.7	Akku SB8221.....	28
5.8	Proessoriyksiköt.....	28
5.8.1	PM864.....	28
5.8.2	PM866.....	28
5.8.3	PM891.....	28
5.9	Jännitteensyöttö AC800M prosessiasemille ja S800 I/O-moduuleille.....	29
6	KONKREETTISEN TYÖN ALOITUS	29
6.1	Työn aloitus	29
6.2	Jakokeskuksen toiminnan selitys	30
7	KOMPONENTTIVALINNAT.....	30
7.1	Katkaisijat	30
7.2	Teholähteet	31
7.3	Virtakiskot	31
7.3.1	Sallitut kiskojen loppulämpötilat.....	31
7.3.2	Kiskojen tuentaväli	32
7.4	Johdonsuojat.....	33
7.4.1	AC puoli.....	33
7.4.2	DC puoli	33
7.5	Riviliittimet	33
7.5.1	AC puoli.....	33
7.5.2	DC puoli	33
7.6	Johtimet.....	34
7.6.1	AC puoli.....	34
7.6.2	DC puoli	34
7.7	Johdinten liittäminen kiskoon	34
7.8	Kaapit.....	34
7.9	Jäähdytyspuhaltimet	34
8	KESKUKSEN KUVIEN PIIRTÄMINEN	35
8.1	Layout-kuvan piirtäminen	35
8.2	Johdotus- ja piirikaaviot	35

9 YHTEENVETO	35
LÄHTEET.....	36

Liitteet

Liite 1	24VDC JAKOKESKUS KISKO 1, 230VAC PUOLI, JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 1/2
Liite 2	24VDC JAKOKESKUS KISKO 1, 230VAC PUOLI, JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 2/2
Liite 3	24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 230VAC PUOLI, JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 1/2
Liite 4	24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 230VAC PUOLI (LAAJENNUKSILLE), JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 2/2
Liite 5	24VDC JAKOKESKUS KISKO 1, 24VDC PUOLI, JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 1/2
Liite 6	24VDC JAKOKESKUS KISKO 1, 24VDC PUOLI, JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 2/2
Liite 7	24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 24VDC PUOLI (LAAJENNUKSILLE), JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 1/2
Liite 8	24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 24VDC PUOLI (LAAJENNUKSILLE), JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 2/2
Liite 9	24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 1/6
Liite 10	24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 2/6
Liite 11	24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 3/6
Liite 12	24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 4/6
Liite 13	24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 5/6
Liite 14	24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 6/6
Liite 15	24VDC JAKOKESKUS, LAYOUT

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoitus on suunnitella ja toteuttaa toimiva kokonaisuus I/O-kaappien jännitteensyötölle. Nykyisin I/O-korteille syötetään jännite erillisen tehonlähteen kautta. Nykyistä järjestelmää halutaan muuttaa, jotta saataisiin lisää I/O-kortti tilaa. Tämä toteutetaan tekemällä keskitetty jännitteenjako kaikille automaatiokaapeille.

Työssä tutkitaan jakokeskuksen standardien mukaista suunnittelua ja karroitetaan rikastamon nykyisiä ja tulevia automaatiolaitteita ristikytkenätilassa.

Työn lopussa käsitellään hieman osien valintoja ja keskuksen kuvien piirtämistä.

2 AGNICO EAGLE FINLAND

Agnico Eagle Finland Oy on kanadalaisen kullantuottajan Agnico Eagle Mines Limitedin tytäryhtiö, joka toimii Pohjois-Suomessa, Kittilässä. Kaivos on suurin kultakaivos Euroopassa. Kaivoksella louhitaan 1,1 miljoonaa tonnia joka vuosi ja kullantuotanto on noin 6000 kg vuodessa. Kaivoksen odotetaan toimivan vuoteen 2036 saakka. Kaivoksen ikä voi kuitenkin jatkua riippuen malminetsinnän tuloksista. Kaivoksella on noin 400 omaa ja yli 100 urakoitsijan työntekijää. (Agnico Eagle Finland n.d., a.)

Agnico Eagle Mines Limited syntyi vuonna 1972, kun kaivosyhtiöt Agnico Eagle ja Eagle Gold Mines yhdistyivät. Agnico Eagle on yksi maailman isoimmista kultakaivosyhtiöistä. (Agnico Eagle Finland n.d., b)

Agnico Eagle Mines Limited omistaa Kittilän kaivoksen lisäksi 3 muuta kaivosta, mitkä sijaitsevat Kanadassa ja Meksikossa. Agnico Eagle tekee jatkuvasti malminetsintää Pohjoismaissa, Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa. (Agnico Eagle Finland n.d., b.)

3 TILAAJAN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

3.1 Lähtökohdat

Nykyisellään rikastamolla on täysin toimiva ratkaisu automaatiojärjestelmän jännitteensyöttöön. Nyt kuitenkin tarvitaan lisää tilaa uusille auto-

maatiotarpeille ristikytkentätiloissa. Tämä onnistuu vain tiivistämällä nykyisiä kaappeja pienempään tilaan. Kaappeja tiivistämällä, niihin tulee lisää komponentteja, mikä nostaa kaapin sisälämpötilaa. Jotta kaapin sisälämpötila ei nouse liian korkeaksi, tehonlähteet siirretään pois kaapeista.

Syöttävä laite ja tehonlähde on valmiiksi katsottu.

Kaapista lähtevien johdinten johdonsuojien on katsottu valmiiksi.

Syötettävät kaapit ovat. R002, R201...R212, R216 ja R217.

3.2 Työn tavoitteet

Tavoitteena on kehittää keskitetty jännitteenjako erilliseen kaappiin, mistä syötetään jokaista ristikytkentätilassa olevaa automaatiolaitetta.

4 KESKUKSEN STANDARDIEN MUKAINEN SUUNNITTELU

Jakokeskus tulee suunnitella kaikkien sääntöjen ja standardien mukaisesti, jotta keskus olisi mahdollisimman turvallinen käyttää. Kaikki seuraavat asiat eivät välttämättä liity suunnitteluun, mutta suunnittelijan on myös hyvä tietää nämä asiat.

4.1 Keskuksen merkinnät ja dokumentaatio

Keskuksen tiedot tulee ilmoittaa arvokilvessä, piirustuksissa tai keskuksen kuuluvassa dokumentaatioissa ja niin, että kaikki asennusta, käyttöä ja huoltoa koskevat tiedot ovat helposti saatavana. (Köyökkä 2008, 8.)

4.1.1 Arvokilpi

Keskuksessa tulee olla vähintään yksi arvokilpi ja sen tulee olla näkyvillä ja helposti luettavissa. Arvokilvessä täytyy selvittää seuraavat tiedot:

- Keskuksen valmistaja tai tavaramerkki
- tyyppimerkintä, tunnusnumero tai muu tunnistamistapa jolla tiedot saadaan valmistajalta
- käytetyn standardin nimi.

Arvokilvessä voidaan myös ilmoittaa muita tietoja, kuten keskuksen nimellisjännite, nimellisvirta, virtalaji, koteloluokka, oikosulkukestävyys, keskuksen mitat, painot, yms. (Niemelä 2014, 3.)

4.1.2 Merkinnät

”Keskuksessa olevien virtapiirien, suojalaitteiden sekä muiden komponenttien tunnuksien tulee olla yhdenmukaisia keskuksen mukana toimitettavien piirustuksien kanssa” (Köykkä 2008, 9.)

4.1.3 Kojeiden merkintä

”Keskuksen laitteiden ja piirien tulee olla tunnistettavissa. Merkintöjen tulee olla yhdenmukaisia johdotuskaavioiden kanssa. Lisäksi kojeiden käyttöasennot tulee olla helposti havaittavissa ja tunnistettavissa. Myös merkikilampujen ja painonappien värien pitää olla standardin mukaisia.” (Niemi 2014, 3.)

4.1.4 Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet

Valmistajan tulee antaa keskuksen mukana toimitettavissa asiapapereissa keskuksen ja siihen asennettujen osien ja laitteiden asennus-, käyttö-, ja huolto-ohjeet. (Köykkä 2008, 9.)

Ohjeissa jotka koskevat keskuksen kuljetusta ja asennusta tulee ilmoittaa toimenpiteet, jotka ovat tärkeitä estämään keskuksen vahingoittumisen sen kuljetuksen ja asennuksen aikana. (Köykkä 2008, 9.)

4.1.5 Osaluettelo

Osaluettelosta täytyy löytyä jokainen käytetty komponentti ja laite. Osaluettelossa olevan tunnuksen täytyy myös vastata piirustuksissa olevia tunnuksia. Osaluettelosta täytyy myös selvittää jokaisen komponentin tarkka tyyppi, valmistaja sekä mahdolliset toimittajat, joiden avulla voidaan tarvittaessa tilata uusi komponentti. (Köykkä 2008, 9.)

4.1.6 Keskuksesta toimittavat piirustukset

Keskuksen käyttöönottoa varten toimitetaan yleensä asennuskaavio, mistä tulee selvittää kaikki asennukseen vaadittava tieto. Asennuskaavio sisältää normaalisti syöttökaapelien suositellun paikan, tyypin ja poikkipinta-alan. Noiden lisäksi kaaviossa tulee olla kaapelihyllyjen ja mahdollisten perustukseen tulevien putkikanavien sijainti, koko ja tarkoitus. (Köykkä 2008, 10.)

Keskuksesta toimitetaan piirikaavio, josta tulee selvittää kaikki sen ja siihen liitettävät sähköiset piirit. Piirikaavioissa käytettävien komponenttien kuvaajat tulee olla yhtenäisiä kaikkien keskuksen piirikaavioiden kanssa. Valmistaja voi jakaa piirikaaviot parhaaksi katsomallaan tavalla. Normaalisti

keskuksen piirikaaviot jaetaan päävirtapiiri-, moottoripiiri- ja logiikkapiiri-kaavioihin. (Köykkä 2008, 10.)

Päävirtapiirikaavio tulee piirtää niin kuin se on todellisuudessa tehty. Päävirtapiirikaaviossa esitetään kaikki virtapiirin komponentit pääkytkimestä etukojeisiin asti. (Köykkä 2008, 10.)

”Moottoripiirikaavioissa esitetään jokainen moottorilähtö sekä niihin liittyvät komponentit. Moottoripiirikaavioiden mukaan voidaan piirtää myös muita keskuksen liittyviä lähtöjä”.(Köykkä 2008, 10.)

”Logiikkapiirikaavioissa kuvataan jokainen logiikkaan kuuluva digitaalinen ja analoginen lähtö ja tulo. Siinä esitetään myös mahdolliset kättelytiedot keskuksen kuuluvien ja muiden laitteiden välillä”. (Köykkä 2008, 10.)

4.2 Keskuksen mekaaninen rakenne ja kotelon luokitus

Keskus on suunniteltava niin, että se kestää normaalista käytöstä johtuvia rasituksia, sekä siinä voidaan käyttää vain siihen kohdistuvia lämpörasituksia ja kosteutta kestäviä materiaaleja. Kaikki käytettävät komponentit on pyrittävä järjestämään mahdollisimman turvallisesti, helposti käytettäväksi ja huollettavaksi. (Köykkä 2008, 11.)

4.2.1 Ilma- ja pintavälit

Ilma- ja pintavälit tulee ottaa huomioon komponentteja mitoittaessa ja niiden tulee säilyä myös epänormaaleissa tilanteissa. Kun keskuksessa on erillisiä virtapiirejä, ilma- ja pintavälit on mitoitettava isoimman nimellisjännitteen omaavan piirin arvoilla. (Köykkä 2008, 11.)

4.2.2 Liittimien ja johtimien sijoitus

Keskukseen tulevien kaapelien johdinten liittimien täytyy kyetä takaamaan syötettävien laitteiden nimellisvirta ja johtimien oikosulkekestävyyttä vastaava kosketuspaine liittimissä. Liittimet tulee sijoittaa niin, että ne liitettävillä johtimilla on riittävä tila, jossa ne eivät ole rasituksessa. Kaappeihin sijoitettaville johtimille täytyy olla riittävästi tilaa, jotta johtimet voidaan taivutella erilleen tarvittaessa. Keskukseen tuleville ja lähteville nolla- ja suojajohtimille tarkoitetut liittimet tulee sijoittaa niiden vastaavien vaihejohtimien läheisyyteen. Keskukselta vaadittu koteloluokka tulee säilyä vielä kaapelien asennuksien jälkeenkin, joten kaapelien läpivienti on suunniteltava tarkasti. (Köykkä 2008, 11.)

4.2.3 IP-luokitukset

Kotelon luokitukset annetaan IP-luokituksina, jotka ilmaisevat suojausastetta ulkoisia uhkia vastaan. IP merkintä koostuu yleensä kahdesta numerosta, joista ensimmäinen kertoo suojausasteen vieraita esineitä vastaan ja toinen vettä vastaan. Numeroiden sanalliset kuvakset voidaan lukea taulukoista 1 ja 2.

Taulukko 1. IP-luokituksen ensimmäinen numero ja sitä vastaava suojausaste (Köykkä 2008, 12).

IP-luokituksen ensimmäinen numero	Suojausasteen kuvaus
0	Ei suojausta.
1	Suojaus suuria kappaleita vastaan, halkaisija 50 mm tai enemmän.
2	Suojaus keskikokoisia kappaleita vastaan, halkaisija yli 12,5 mm.
3	Suojaus pieniä kappaleita vastaan, halkaisija yli 2,5 mm.
4	Suojaus erittäin pieniä kappaleita vastaan, halkaisija yli 1 mm.
5	Suojattu pölyltä. Ei edellytä täydellistä tiiveyttä, mutta haitallisia pölykertymiä ei saa syntyä.
6	Pölytiivis.

Taulukko 2. IP-luokituksen toinen numero ja sitä vastaava suojausaste. (Köykkä 2008, 12).

IP-luokituksen toinen numero	Suojausasteen kuvaus
0	Suojaamaton
1	Suojaus pystysuoraan tippuvalta vedeltä.
2	Suojaus pystysuoraan tai korkeintaan 15 asteen kulmassa tippuvalta vedeltä.
3	Suojaus korkeintaan 60 asteen kulmassa satavaa vettä vastaan.
4	Suojaus roiskuvalta vedeltä.
5	Suojaus joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta.
6	Suojaus joka suunnasta tulevalta voimakkaalta vesisuihkulta.
7	Kestää hetkellisen upotuksen veteen
8	Kestää jatkuvan upotuksen veteen.

4.3 Keskuskaapin sijoitus

”Asennettavan keskuksen kotelointiluokan ja asennuspaikan tulee olla sellainen, että kosteuden, veden, pölyn tms. vieraan aineen haitallinen vaikutus on riittävästi estetty. Jakokeskustilan sisäpintojen tulee olla käsitelty sellaisiksi, ettei niistä irtoa tai niihin keräännä pölyä.” (Autio & Rousku 2014, 1.)

”Nimellisvirraltaan 63A:n ja sitä suuremmille keskuksille tulee varata vähintään 0,8 m hoitotila. Alle 63A keskuksen hoitotilalle ei standardissa SFS 6000 ole asetettu minimimittaa. Suositeltavaa on tällöinkin varata sama, vähintään 0,8 m hoitotila.” (Autio & Rousku 2014, 1.)

”Jos asennusalusta ei ole palamatonta ainetta tai A-luokan rakennusosa, on keskuksessa oltava yhtenäinen takaseinä tai asennusalustan ja keskuksen väliin on sijoitettava erillinen palamatonta ainetta oleva levy. Mahdolliset keskuksen irti seinästä kohottavat puiset koolaukset on myös suojattava palamattomalla eristeellä. Mikäli asennusalusta on metallia, se tulee yhdistää suojamaadoitus- tai potentiaalintasausjohtimeen. Kaapelien järjestelyä ja taivutusta varten on varattava riittävästi tilaa keskuksen ylä- ja/tai alapuolelle.” (Autio & Rousku 2014, 1.)

4.4 Komponenttien lämpeneminen

Keskuksen käytön aikana ilmenee laitteissa, komponenteissa ja johtimissa häviötehosta johtuvaa lämpenemistä, tämä tulee ottaa huomioon suunnittelu vaiheessa. Keskuksen viilennykseen on olemassa useita vaihtoehtoja. Yleisin tapa on asentaa keskukseseen tuuletin ja ilmansuodatin. Aina tuollainen ratkaisu ei kuitenkaan riitä, silloin on mahdollista asentaa koteloon ilmastointilaitte. (Köykkö 2008, 12-13.)

4.4.1 Sisälämpötilat

Keskuksen sisälämpötila ei saa nousta korkeammaksi kun sen sisällä olevien komponenttien alhaisimman lämpötilatoimintarajan omaavan komponentin annettu arvo. (Köykkö 2008, 12).

4.4.2 Koteloiden pinnat

Keskuksen ulkopinnalla olevien metallisten ohjauskahvojen lämpötila ei saa +15 °C enempää ympäristön lämpötilaan verrattuna, kun taas eristetyillä ohjauskahvoilla on sallittu +25 °C lämpötilan nousu. (Köykkö 2008, 12.)

Kosketeltavissa olevien koteloiden metallipintojen sallittu lämpötila on +30 °C ympäristönlämpötilaan verrattuna ja eristetyille materiaaleilla +40 °C. Kansille ja koteloiden joita on mahdollista koskettaa, mutta ei normaali

käytössä tarvitse koskettaa on sallittu +10 °C korkeammat lämpenemisra-
jat. Komponentit jotka voivat saavuttaa poikkeuksellisen korkeat lämpöti-
lat, tulee merkitä varoitusmerkillä. (Köykkä 2008, 13.)

4.5 Sähköiskuilta suojaaminen

”Keskus täytyy valmistaa niin, että vältetään suoralta ja epäsuoralta koske-
tukselta jännitteisiin osiin. Suora kosketus on kyseessä, kun ihminen kos-
kettaa jännitteeseen osaan. Epäsuorasta kosketuksesta on kyse, kun ihmi-
nen koskettaa normaalisti jännitteettömään osaan, mutta johon on vian
vuoksi muodostunut jännite.” Sähköiskuilta voidaan suojautua esim. kote-
loinnilla, suojajännitteellä, suojaverkolla tai asentamalla jännitteelliset
osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. (Köykkä 2008, 13-14.)

4.5.1 Kotelointi ja kosketussuojaus

Yleisin tapa suojautua sähköiskulta on käyttää kotelointia ja kosketussuo-
jauksia. Kotelointi ja kosketussuojaus tulee suunnitella niin, että kotelon
tai suojauksien avaaminen onnistuu vain:

- käyttämällä avainta tai työkaluja
- sen jälkeen kun syöttö on katkaistu suojattuihin jännitteellisiin
osiin
- kun on olemassa välisuojaus, joka estää koskettamisen jännitteisiin
osiin, jonka voi avata vain avaimella tai työkaluilla ja se antaa vä-
hintään kotelointiluokan IP2X tai IPXXB mukaisen suojan.

Kaikkien suojauksien ja koteloiden on oltava niin lujasti kiinnitettyjä ja tu-
kevia, että ne täyttävät niille annetun kotelointi luokan ja niin, että mää-
rätty etäisyys säilyy normaaleissa käyttöolosuhteissa, huomioon ottaen ul-
koiset vaikutukset. Helposti kosketeltavien suojauksien ja koteloiden vaa-
kasuorien yläpintojen täytyy muodostaa vähintään kotelointiluokka IP4X
tai IPXXD. Jos suojauksen taakse on asennettu osia mitkä voivat olla jännit-
teellisiä erottamisen jälkeenkin, tulee niistä olla erillinen varoitus kilpi.
(SFS-Käsikirja 2007, 139.)

4.5.2 Suojajännite

Suojajännitejärjestelmiä on kahdenlaisia, SELV ja PELV. SELV järjestelmä on
maasta erotettu ja PELV järjestelmä voi olla toisen puolen toisesta navasta
maadoitettu. Suojajännite järjestelmissä täytyy nimellisjännitteen olla alle
50V vaihtovirralla ja 120V tasavirralla. Kosketus suojaa ei näissä järjestel-
missä tarvita jos nimellisjännite ei ylitä 25V vaihtovirralla ja 60V tasavir-
ralla. (Köykkä 2008, 14.)

4.6 Suojamaadoitus

”Keskuksen kunnollisen suojamaadoituksen teko on ensiarvoisen tärkeää keskuksessa tai keskuksen syöttämässä piirissä tapahtuvalta vialta suojaantumiseen. Suojamaadoituspiiri koostuu suojajohtimista ja keskuksen johtavista osista siten, että keskuksessa olevat jännitteelle alttiit osat sekä virtapiirin suojamaadoituspiiri ovat galvaanisessa yhteydessä. Keskuksessa olevia johtavia, mutta pieniä osia ei tarvitse liittää suojamaadoituspiiriin, kunhan taataan etteivät ne voi joutua kosketuksiin jännitteisten osien kanssa” (Köykkä 2008, 14.)

Jonkun osan irrotus ei saa katkaista suojamaadoituspiiriä muiden osien väliltä. Ulosvedettäviä laatikoita ei tarvitse maadoittaa, jos ne ovat metallisilla liukupinnoilla varustettuja. Keskuksen ovien ja kansiin saranat ovat riittävä suojamaadoitus niille, kunhan oviin tai kansiin ei ole asennettu yli suojajännitteellä toimivia laitteita. Kun keskuksen koteloitinta on suojamaadoituspiirin osana, tulee sen sähkönjohtavuuden olla vähintään suojajohtimien sähkönjohtavuutta vastaava. (Köykkä 2008, 14.)

Keskukselta lähtevien suojajohtimien ja kaapelien mahdollisen suojavai-pan liittimien tulee olla tarkoitettu kuparijohtimelle. Jokaiselle keskukselta lähtevälle suojajohtimelle täytyy olla varattu oma kytkentäpaikkansa. Lähtevien kaapelien suojajohtimien poikkipinta-ala määräytyy aina samassa kaapelissa olevien vaihejohtimien mukaan. (Köykkä 2008, 15.)

Sellaisten laitteiden kosketeltavissa olevat osat, joiden liittäminen suojamaadoituspiiriin ei onnistu laitteen kytkentätavasta johtuen, tulee kytkeä suojamaadoituspiiriin erillisellä suojajohtimella. Tuolloin suojajohtimen poikkipinta-ala mitoitetetaan laitteen nimellisvirran mukaan, taulukko 3. (Köykkä 2008, 15.)

Taulukko 3. Laitteen suojajohtimen mitoitus laitteen nimellisvirran mukaan, kun syöttökaapelin suojajohtimen ei voida käyttää. (Köykkä 2008, 15.)

Nimellisvirta	Suojajohtimen poikkipinta-ala mm ²
$I \leq 25$	2,5
$I \leq 32$	4
$I \leq 63$	6
$I \geq 63$	10

4.7 Oikosulkuvirrat

Keskuksen suunnitteluvaiheessa on tärkeää tietää prospektiivisen ja dynaamisen oikosulkuvirran suuruus, jotta voitaisiin taata riittävä oikosulkusuojaus.

4.7.1 Prospektiivinen oikosulkuvirta

Prospektiivinen oikosulkuvirta muodostuu keskuksen virtapiirin, kun keskuksen suojalaitteet, joilla rajoitetaan virtaa, korvataan mahdollisimman pieni impedanssisilla johtimilla. Keskus oikosulkusuojataan prospektiivisen oikosulkuvirran mukaan. (Köykkä 2008, 16.)

4.7.2 Dynaaminen oikosulkuvirta

Dynaaminen oikosulkuvirta on suurin mahdollinen oikosulkuvirran arvo. Tämä arvo saavutetaan noin 10 ms. kuluttua oikosulun syntyhetkestä. Mitoituskestovirran huippuarvo voidaan laskea kertomalla taulukon 4, n kertoimella oikosulkuvirran tehollisarvo. (Niemelä 2014, 6.)

Taulukko 4. Mitoitusvirran huippuarvo kertoimet. (Niemelä 2014, 7.)

Oikosulkuvirran tehollisarvo kA	$\cos \phi$	n
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,1

4.7.3 Terminen nimelliskestovirta

Terminen nimellisoikosulkuvirta on lyhytaikainen virta minkä keskuksen virtapiiri kestää vahingoittumattomana määritellyn mittaisen ajan. Kestoaika on yleensä 1 s. Lyhemmällä ajalla on valmistajan ilmoitettava terminen nimelliskestovirta ja sitä vastaava aika. (Köykkä 2008, 17.)

”Termisen nimelliskestovirran ja ajan välinen riippuvuus, enintään kolmen sekunnin mittaisessa oikosulussa, saadaan kaavalla 1,

$$I^2 t = \text{vakio}. \quad (1)$$

Kuitenkin täytyy huomioida, ettei dynaaminen oikosulkukestoisuus ylitä.” (Köykkä 2008, 17.)

4.7.4 Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta

”Ehdollinen Icc on prospektiivisen oikosulkuvirran arvo, minkä keskuksen virtapiiri valmistajan määräämällä oikosulkusuojalla kestää. Ehdollista nimellisoikosulkuvirtaa käytettäessä valmistajan on myös ilmoitettava oikosulkusuojan yksityiskohdat sekä keskuksen dynaaminen oikosulkukestoisuus” (Köykkä 2008, 18.)

4.8 Oikosulkusuojaus

Keskus tulee valmistaa niin, että se kestää sille määritellyt oikosulkuvirtojen aiheuttamat lämpö- ja dynaamiset rasitukset. Oikosulkurasitukset pienenevät oikosulkusuojalaitteiden jälkeisissä piireissä. Oikosulkusuojalaitteina voidaan käyttää sulakkeita tai katkaisijoita. (Köykkä 2008, 18.)

4.9 Valittavat komponentit

Komponentteja valittaessa on tiedettävä niihin kohdistuva jännite, nimellisvirta, oikosulkuvirta ja etukojeilta vaadittava virran rajoituskyky.

4.9.1 Pääkytkin

”Pääkytkimen valintaan vaikuttaa suojattavan keskuksen nimellisvirta, syöttävän verkon oikosulkuvirta sekä etukojeilla vaadittava virran rajoituskyky.” Pääkytkimenä voidaan käyttää esim. kytkinvarokkeita, kompakti- tai ilmakatkaisijoita. (Köykkä 2008, 26.)

4.9.2 Sulake

Pienjännite verkossa käytetään yleisesti sulakkeita oikosulku- ja ylikuormitussuojana. Sulakkeen toiminta perustuu sen sisällä olevaan sulakelankaan. Ylivirran vaikutuksesta sulakelanka kuumenee sen sulamispisteesensä, höyrystyy ja näin virtapiiri katkeaa. (Köykkä 2008, 19.)

”Sulakkeille on määritelty standardien mukaiset koot ja niiden kokojen vastaavat nimellisvirrat. Sulakkeen tunnuksen ensimmäinen kirjain ilmaisee katkaisukyvyyn ja toinen kirjain käyttöluokan” (Köykkä 2008, 19.)

4.9.3 Katkaisijat

Ilma- ja kompaktikatkaisijoita voidaan käyttää oiko- ja ylivirtasuojana sulakkeiden ohella. Katkaisijan valinnassa on kiinnitettävä huomiota sen ominaisuuksiin. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat nimellisvirta, virrankatkaisukyky sekä termisen ja dynaamisen oikosulkuvirran kestävyys. (Köykkä 2008, 20.)

On olemassa katkaisijoita jotka perustuvat virran termomagneettiseen tai elektroniseen oiko- ja ylivirtatunnistamiseen. Ne on varustettu kiinteällä tai säädettävällä ylivirran laukaisuvarvolla. Katkaisijoita on myös jännitesuojalla varustettuna. (Köykkä 2008, 20.)

4.10 Kiskoston mitoitus

Virtakiskoa valittaessa siihen vaikuttaa kiskostossa kulkeva nimellisvirta ja siihen kohdistuva oikosulkuvirta.

Nimellisvirtojen mukaan mitoittaessa on otettava huomioon ympäristön lämpötila, sallittu kiskoston lämpenemä, kiskon metallilaji, kiskon pinnan säteilykerroin, kunkin vaiheen osakiskojen sijainti toisiinsa nähden, ympäröivän ilman nopeus ja virtalaji. (ABB Oy n.d., 24.)

Normaaleissa sisäolosuhteissa kiskoja voidaan kuormittaa kuvien 1,2 ja 3 taulukoiden mukaan, niiden ollessa asennettu pystyasentoon, ympäristön lämpötilan ollessa +35 °C ja kiskonlämpenemä +30 °C (ABB Oy n.d. 24). Jos kiskot on asennettu lappeelleen, niin voidaan kuvien 1,2 ja 3, taulukoiden arvoja käyttää vain alle 2 metrin mittaisilla kiskoilla, pidemmällä kiskoilla virta-arvo on kerrottava kuvan 4 taulukon k3 korjauskertoimella. Mikäli vaiheiden väli on pieni, tulee käyttää kuvien 6, 7, 8 ja 9 kertoimia. (ABB Oy n.d., 27.)

”Taulukot ovat standardien DIN 43671 dez,-75 ja DIN 43670 dez,-75 mukaisia. Kuvien 2 ja 3 taulukoiden arvot on redusoitu Suomessa yleisesti käytetyille alumiiniseokselle E-AlMgSi-T6, jonka sähkönjohtavuus on 31,9 m/W mm².” (ABB Oy n.d., 24.)

Mitat mm	Poikkipinta mm ²	Nimellisvirta/A 50Hz					
		Maalattut kiskot			Kirkkaat kiskot		
		Kiskojen lukumäärä			Kiskojen lukumäärä		
		I	II	III	I	II	III
20x5	99	319	560	728	274	500	690
20x10	199	497	924	1320	427	825	1180
30x5	149	447	760	944	379	672	896
30x10	299	676	1200	1670	573	1060	1480
40x5	199	573	952	1140	482	836	1090
40x10	399	850	1470	2000	715	1290	1770
50x5	249	697	1140	1330	583	994	1260
50x10	499	1020	1720	2320	852	1510	2040
60x10	599	1180	1960	2610	985	1720	2300
80x10	799	1500	2410	3170	1240	2110	2790
100x10	999	1810	2850	3720	1490	2480	3260
120x10	1200	2110	3280	4270	1740	2860	3740
160x10	1600	2700	4130	5360	2220	3590	4680

Kuva 1. Kuparilattakiskojen kuormitettavuus (sähkönjohtavuus 56 m/Ω mm²) (ABB Oy n.d., 25).

Mitat mm	Poikkipinta mm ²	Nimellisvirta / A 50Hz					
		Maalatut kiskot			Kirkkaat kiskot		
		Kiskojen lukumäärä			Kiskojen lukumäärä		
		I	II	III	I	II	III
20x5	99	240	420	535	200	370	505
20x10	199	370	690	1000	310	605	885
30x5	149	335	570	695	275	495	650
30x10	299	505	900	1260	420	780	1130
40x10	399	640	1115	1560	526	970	1380
50x10	499	770	1320	1830	630	1140	1615
60x10	599	895	1520	2075	730	1310	1830
80x10	799	1150	1890	2510	930	1620	2245
100x10	999	1400	2250	2935	1125	1935	2630
100x15	1500	1700	2750	3520	1370	2360	3040
120x10	1200	1630	2590	3340	1315	2230	3020
120x15	1800	1970	3130	4000	1585	2690	3445
160x10	1600	2090	3265	4135	1675	2785	3765

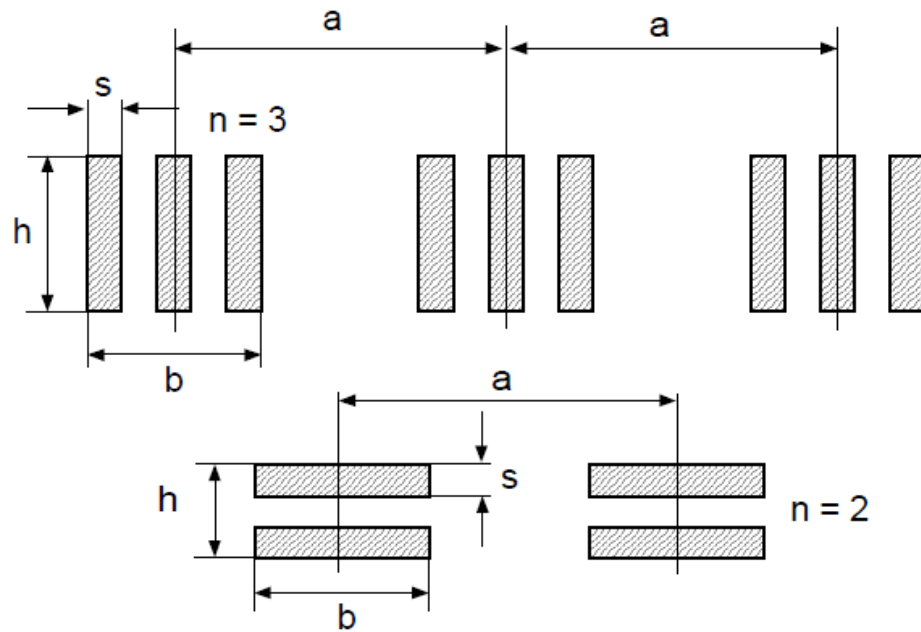
Kuva 2. Alumiinilattakiskojen kuormitettavuus (Sähkönjohtavuus 31,9 m/Ω mm²) (ABB Oy n.d., 25).

Mitat				Poikkipinnat		Nimellisvirta/A (50 Hz)			
h mm	b mm	s mm	i mm	I mm ²	II mm ²	Maalatut kiskot		Kirkkaat kiskot	
						I	II	I	II
80	37,5	6	25	858	1720	1380	2400	1075	1890
100	37,5	8	25	1270	2540	1890	3255	1460	2550
120	45	10	30	1900	3800	2570	4435	1980	3540
140	52,5	11	35	2450	4900	3160	5475	2455	4340
160	60	12	40	3070	6140	3775	6610	2930	5100

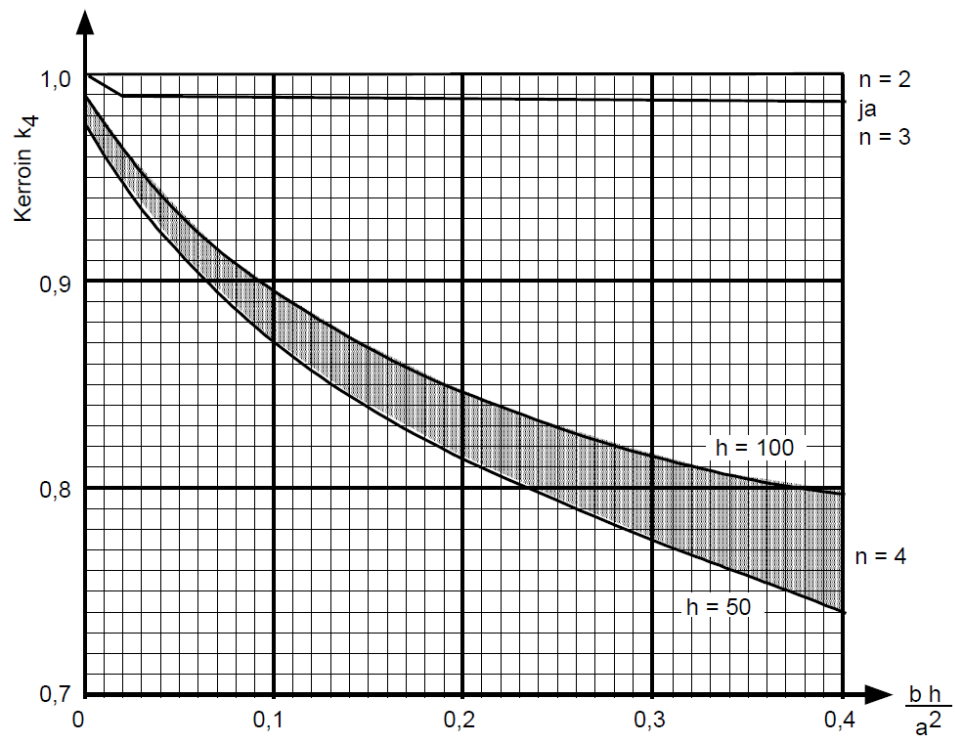
Kuva 3. Alumiinilattakiskojen kuormitettavuus (Sähkönjohtavuus 31,9 m/Ω mm²) (ABB Oy n.d., 25).

Kiskojen lukumäärä	Kiskon leveys	Kiskon paksuus mm x)	Korjauskerroin	
			Maalatut kiskot xx)	Kirkkaat kiskot
1	50...200	5...10	0,90	0,85
2	50...200	5...10	0,85	0,80
3	50...80	5...10	0,85	0,80
	100...120	5...10	0,80	0,75

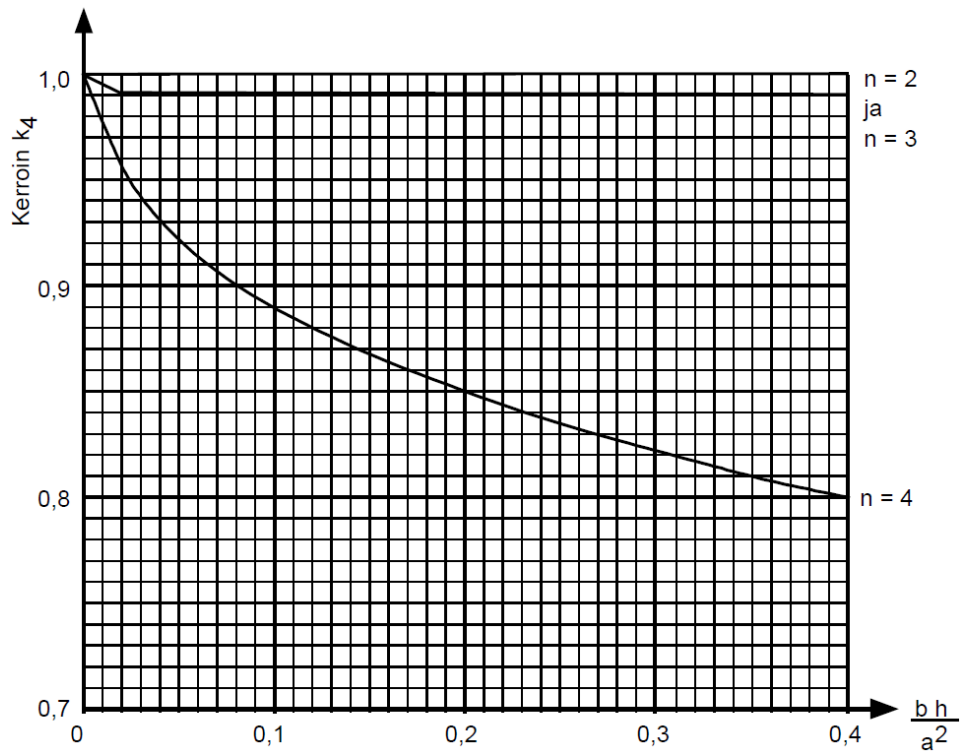
Kuva 4. Korjauskerroin k3 lappeelleen asennetuille kiskoille (ABB Oy n.d., 27).



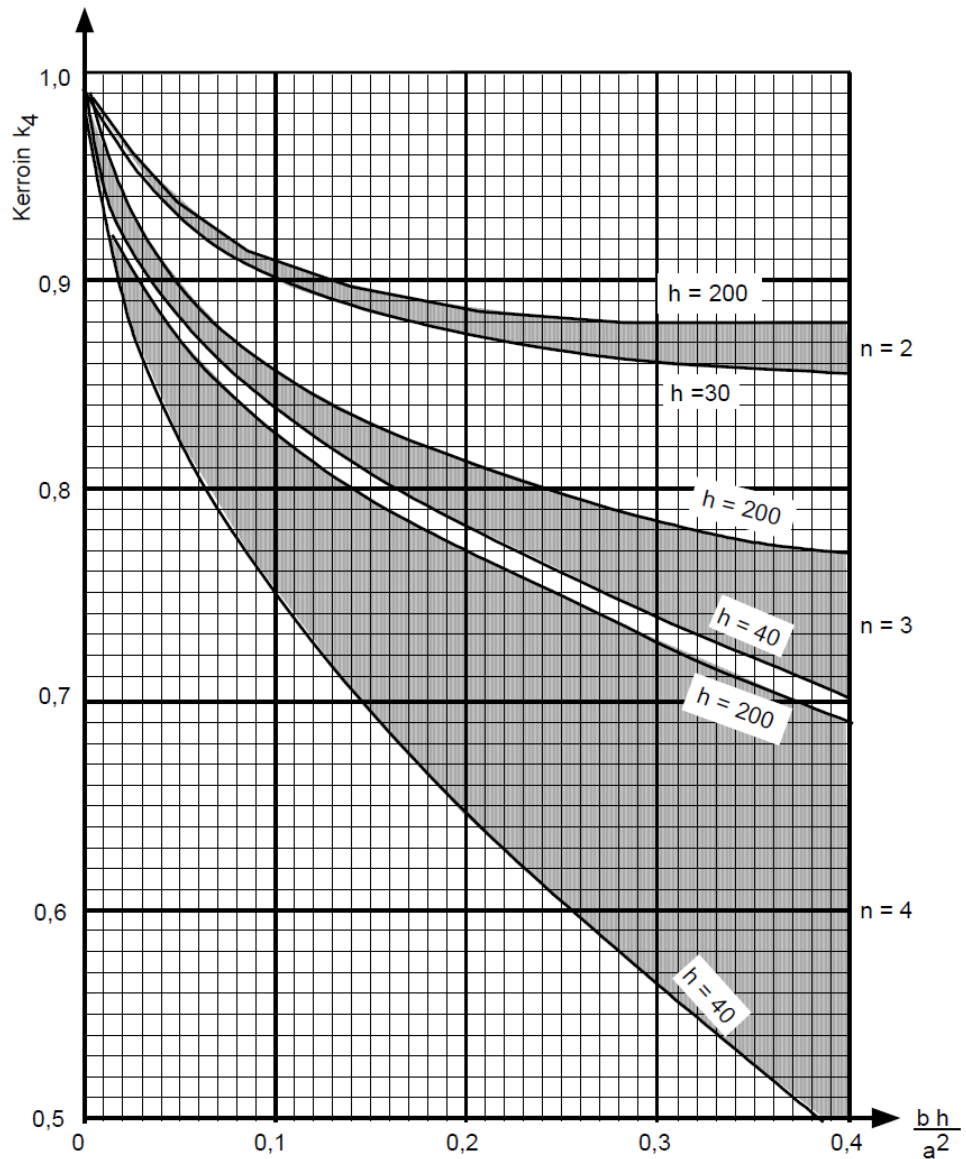
Kuva 5. Kiskoasetelmat (ABB Oy n.d., 27).



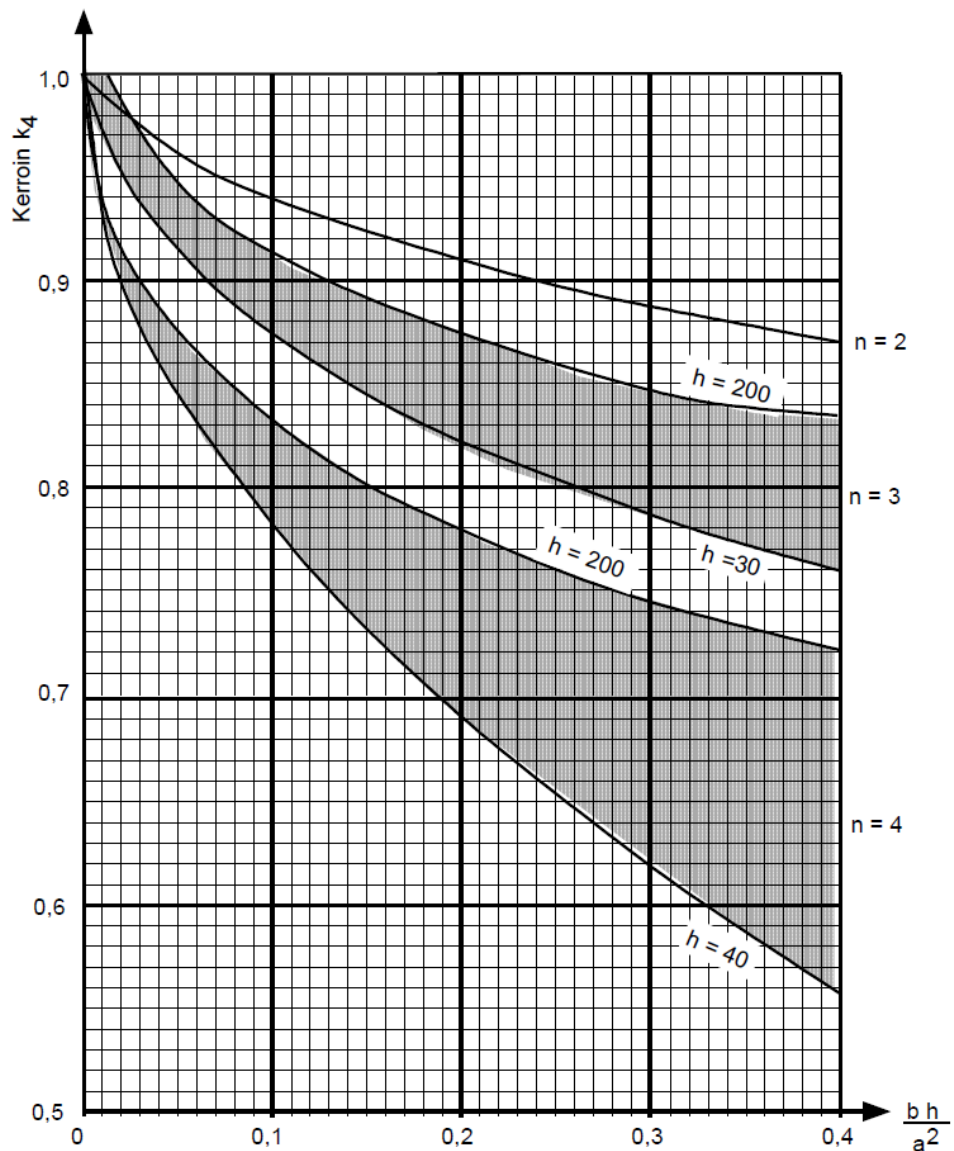
Kuva 6. "s=5 mm Cu-kisko. Korjauskerroin k_4 3-vaiheiselle vaihtovirta Cu-kiskolle, kun vaiheväli a on pieni eikä kiskossa ole haaroituk-sia 2m matkalla" (ABB Oy n.d., 28).



Kuva 7. "s=5 mm Al-kisko. Korjauskertoimen k_4 3-vaiheiselle vaihtovirta Al-kiskolle, kun vaiheväli a on pieni eikä kiskossa ole haaroituksia 2m matkalla" (ABB Oy n.d., 28).



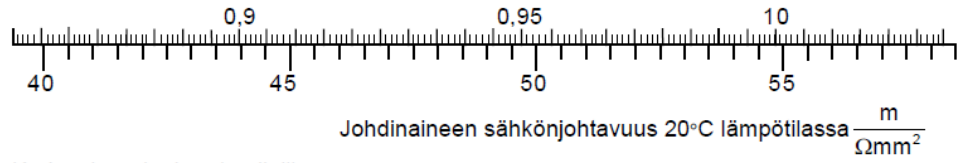
Kuva 8. "s=10 mm Cu-kisko. Korjauskerroin k_4 3-vaiheiselle vaihtovirta Cu- kiskolle, kun vaiheväli a on pieni eikä kiskossa ole haaroituk- sia 2m matkalla" (ABB Oy n.d., 29).



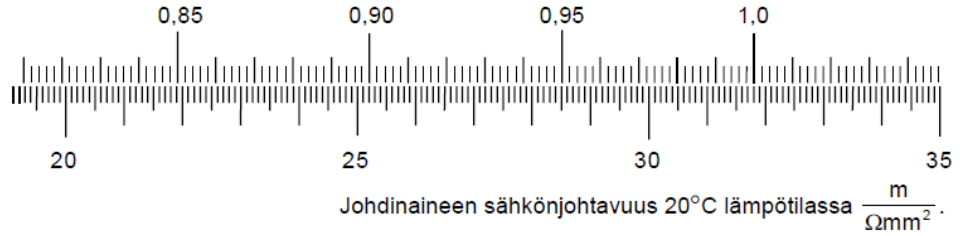
Kuva 9. "s=10 mm Al-kisko. Korjauskerroin k4 3-vaiheiselle vaihtovirta Al- kiskolle, kun vaiheväli a on pieni eikä kiskossa ole haaroituksia 2m matkalla" (ABB Oy n.d., 28).

Kiskojen johtavuuden ollessa eri kuin kuvien 1, 2 ja 3 taulukoissa ilmoitetut, tulee käyttää kuvan 10 korjauskertoimia k1. Muut kiskon ja ympäristön lämpötilojen vastaavat virta-arvot saadaan käyttämällä kuvan 11 diagrammista saatua korjauskerrointa k2. (ABB Oy n.d., 24.)

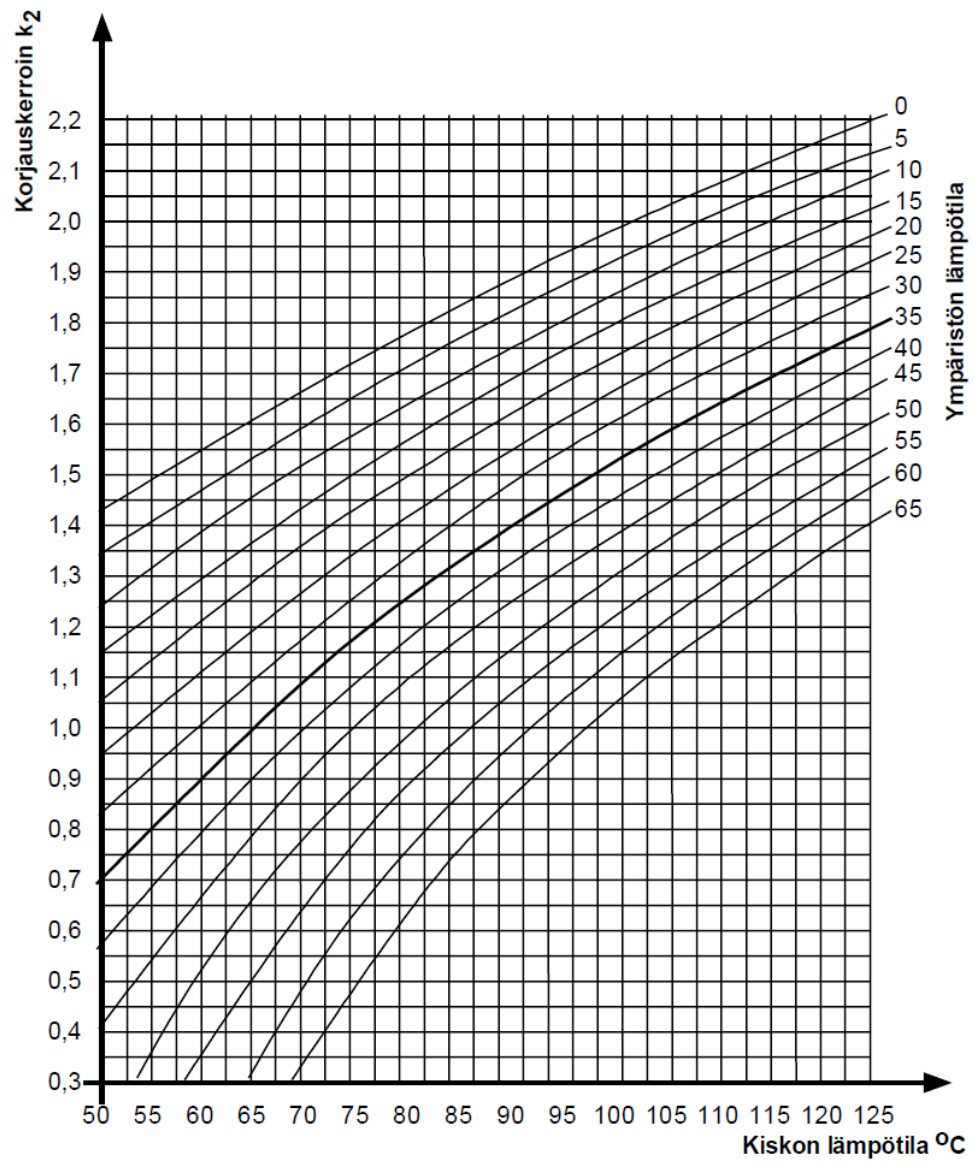
Korjauskerroin k_1 kuparille



Korjauskerroin k_1 alumiinille



Kuva 10. Korjauskerroin k_1 poikkeavia sähkönjohtavuuksia varten (ABB Oy n.d., 26).



Kuva 11. Kuormitusvirran korjauskerroin k_2 jos ympäristön lämpötila on muu kuin $+35\text{ °C}$ ja/tai kiskon lämpötila on muu kuin $+65\text{ °C}$ (ABB Oy n.d., 26).

4.10.1 Kiskojen tuentaväli

Kiskon tuentaväliin vaikuttaa kiskoon kohdistuva oikosulkuvirta. Oikosulkuvirran kasvaessa kiskon tuentaväli pienenee. Kiskojen valmistajilla on omat taulukkonsa ja kaavionsa mitä tulee noudattaa mitoittaessa kiskoja. (Köykkä 2008, 28.)

4.10.2 Kiskojen häviöteho

Virtakiskojen häviöteho voidaan laskea käyttämällä kaavaa 2,

$$P_v = \frac{I_B^2 * r * l}{1000}, \quad (2)$$

missä,

P_v =häviöteho [W],

I_B =käyttövirta [A],

r =virtakiskon vaihto- tai tasavirtaresistanssi [$m\Omega/m$],

l =Virtakiskon pituus jonka läpi I_B kulkee [m].

(Rittal Oy 2014, 3.)

Joissain tapauksissa voidaan olettaa, että tunnetaan virtapiirin nimellisvirrat tai virtakiskoston käyttövirta, sekä johdinjärjestelmän pituus järjestelmässä tai jakokaapissa. Näin ollen voidaan häviöteho laskea ylläolevalla kaavalla. Kun taas johdinjärjestelmien resistanssia ei saada selville ilman erillisiä asiakirjoja tai itse määrittämällä. ”Tästä syystä ja vertailukelpoisten tulosten saamiseksi häviötehon määrittelyssä taulukoihin on koottu resistanssiarvot $m\Omega/m$ yleisimmin käytetyille kuparisten virtakiskojen poikkipinnoille”, kuva 12. (Rittal Oy 2014, 3.)

Mitat ¹⁾	Resistanssi virtakiskojärjestelmän pituusmetriä kohti mΩ/m ²⁾							
	I 1 pääjohdin		III 3 pääjohdinta		III III 3 x 2 pääjohdinta		III III III 3 x 3 pääjohdinta	
	r _{GS} ¹⁾ (65°C)	r _{WS} ²⁾ (65°C)	r _{GS} ¹⁾ (65°C)	r _{WS} ²⁾ (65°C)	r _{GS} ¹⁾ (65°C)	r _{WS} ²⁾ (65°C)	r _{GS} ¹⁾ (65°C)	r _{WS} ²⁾ (65°C)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12 x 2	0,871	0,871	2,613	2,613				
15 x 2	0,697	0,697	2,091	2,091				
15 x 3	0,464	0,464	1,392	1,392				
20 x 2	0,523	0,523	1,569	1,569				
20 x 3	0,348	0,348	1,044	1,044				
20 x 5	0,209	0,209	0,627	0,627				
20 x 10	0,105	0,106	0,315	0,318	0,158	0,160		
25 x 3	0,279	0,279	0,837	0,837	0,419	0,419		
25 x 5	0,167	0,167	0,501	0,501	0,251	0,254		
30 x 3	0,348	0,348	1,044	1,044	0,522	0,527		
30 x 5	0,139	0,140	0,417	0,421	0,209	0,211		
30 x 10	0,070	0,071	0,210	0,214	0,105	0,109		
40 x 3	0,174	0,174	0,522	0,522	0,261	0,266		
40 x 5	0,105	0,106	0,315	0,318	0,158	0,163		
40 x 10	0,052	0,054	0,156	0,162	0,078	0,084	0,052	0,061
50 x 5	0,084	0,086	0,252	0,257	0,126	0,132	0,084	0,092
60 x 5	0,070	0,071	0,210	0,214	0,105	0,112	0,070	0,079
60 x 10	0,035	0,037	0,105	0,112	0,053	0,062	0,035	0,047
80 x 5	0,052	0,054	0,156	0,162	0,078	0,087	0,052	0,062
80 x 10	0,026	0,029	0,078	0,087	0,039	0,049	0,026	0,039
100 x 5	0,042	0,045	0,126	0,134	0,063	0,072	0,042	0,053
100 x 10	0,021	0,024	0,063	0,072	0,032	0,042	0,021	0,033
120 x 10	0,017	0,020	0,051	0,060	0,026	0,036	0,017	0,028

¹⁾ r_{GS} Virtakiskojärjestelmän tasavirtaresistanssi mΩ/m
²⁾ r_{WS} Virtakiskojärjestelmän vaihtovirtaresistanssi mΩ/m

Kuva 12. Virtakiskojen vaihto- ja tasavirtaresistanssi, materiaali E-Cu 57 (Rittal Oy 2014, a. 3).

Taulukon resistanssiarvot perustuvat keskimäärin virtakiskon lämpötilaan 65 °C ja siten ominaisresistanssiin. Virtakiskon lämpötilan ollessa jotain muuta kuin 65 °C, resistanssit voidaan määrittellä kaavoilla 3 ja 4.

Lämpötilaeron ollessa positiivinen,

$$r_x = r_{(65^\circ\text{C})} * (1 + \alpha * \Delta\theta), \quad (3)$$

lämpötilaeron ollessa negatiivinen,

$$r_x = r_{(65^\circ\text{C})} * (1 - \alpha * \Delta\theta), \quad (4)$$

missä,

r_x = resistanssi vapaasti valittavassa lämpötilassa [mΩ/m],

α = lämpötilaindeksi (Cu:lle = $004 \frac{1}{K}$) [$\frac{1}{K}$],

$\Delta\theta$ = lämpötilaero suhteessa resistanssiarvoon 65 °C lämpötilassa [K].

(Rittal Oy 2014, 3.)

4.11 Sisäisen johdotuksen mitoitus

Keskuksen johdotuksien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota johtimien tunnistettavuuteen ja poikkipinta-aloihin.

4.11.1 Johtimien värit

Johtimien värit tulee olla yhdenmukaisia ja esiintyä koko johdin pituudella. Suositellut värit johtimille on esitetty taulukossa 5. Keltavihreää johdinta ei saa käyttää koskaan muuhun tarkoitukseen kuin suojaohdintana. (Niemelä 2014, 19.)

Taulukko 5. Suositellut johdin värit jännitelajeittain. (Niemelä 2014, 19).

Käyttötarkoitus	Johdin väri
AC ja DC johtimet	Musta
Nollajohdin	Sininen
Suojajohdin	Keltavihreä
Vieras jännite	Oranssi

4.11.2 Vaihe- ja virtajohtimet

Keskuksen sisäisessä johdotuksessa suositellaan käytettäväksi ML-, MK -, tai MKEM kupari johtimia. Johtimien poikkipinta-alat määräytyvät niissä kulkevien kuormitusvirtojen mukaan, jotka voidaan lukea taulukosta 6. (Niemelä 2014, 17.) Johdinvalmistajat antavat myös omat taulukkonsa johtimien kuormitusvirroista, noita taulukoita on suositeltavaa käyttää ensisijaisesti.

Taulukko 6. Keskuksen sisäisten johtimien mitoitus ohjearvot (Niemelä 2014, 18.)

Johdotus yhdellä johtimella		Johdotus kahdella johtimella	
Kuparijohtimen poikkipinta-ala mm ²	Kuormitusvirta A	Kuparijohtimen poikkipinta-ala mm ²	Kuormitusvirta A
1,5	14	2x16	164
2,5	20	2x25	214
4	26	2x35	270
6	33	2x50	320
10	62	2x70	400
16	82	2x95	490
25	107	2x120	560
35	135	2x150	640
50	160	2x185	730
70	200	2x2140	850
95	245		
120	280		
150	320		
185	365		
240	425		

On myös otettava huomioon johtimissa tapahtuva jännitteenalenema ja tehohäviö. Jännitteenalenema voidaan laskea kaavoilla 5 ja 6,

$$I * 2 * l * r = U\Delta, \quad (5)$$

$$u\Delta = \frac{U\Delta}{U_z} * 100\%, \quad (6)$$

missä,

I = piirin virta (A),
 l = johtimen pituus (m),
 r = johtimen impedanssi (Ω/m),
 $U\Delta$ = Jännitteen muutos (V),
 $u\Delta$ = suhteellinen jännitteenmuutos (%).
 (Allas 2013, 42.)

Kun taas johdinten tehohäviö voidaan laskea kaavalla 7,

$$P_v = I_{max}^2 * R_{20} * [1 + \alpha * (T_c - 20^\circ\text{C})], \quad (7)$$

missä,

I_{max} = johtimen maksimikuormitettavuus (asennustavasta riippuva),
 R_{20} = johtimen resistanssi 20 °C,
 α = resistanssin lämpötilakerroin,
 T_c = johtimen lämpötila.
 (Niemelä 2014, 16.)

5 RISTIKYTKENTÄTILASSA OLEVAT AUTOMAATIOLAITTEET

Rikastamon ristikytkentätilassa olevissa R-kaapeissa on ABB:ltä S800 mallisia I/O-moduuleita, keskusyksiköitä, ModuleBus-liittimiä, akkuja, FCI-, PROFUBUS- ja PROFINET-väyläyksiköitä. R-kaapeissa on myös Phoenix Contactin erilaisia teholähteitä.

Syötettävien laitteiden tiedot ovat hyvin oleellisia suunnitellessa jännitteen syöttöä

5.1 S800 I/O-moduulit

S800 on hajautettu ja modulaarinen I/O-järjestelmä, joka viestii ylemmän tason ohjaimien kanssa tavallisten teollisuuden kenttäväylien kautta. Liitäntämahdollisuuksiensa vuoksi se on yhteensopiva monien ABB:n ja muiden valmistajien prosessinohjaimien kanssa. (ABB Oy 2016., a.)



Kuva 13. S800 I/O kytkettynä FCI-väyläyksikköön CI801 ja I/O-moduulit asennettuna moduulipohjiin (ABB 2013, a, 23).

Rikastamon ristikytkentätilassa on 4 erilaista I/O- moduulia ja 2 uudenlaista moduulia on valittu asennettavaksi vanhojen tilalle.

5.1.1 AI845

AI845 on analogia input moduuli, missä on 8 kanavaa. Jokainen kanava voi olla jännite tai virtaviesti. (ABB Oy 2016, b.)

Input viesti on 4...20mA tai 1...5VDC välillä. Moduuli kuluttaa ulkoisesta teholähteestä maksimissaan 265mA verran virtaa, +24V jännitteellä, ModuleBusin kautta 100mA, +5V jännitteellä ja 50mA, +24V jännitteellä. (ABB Oy 2016, 4.)

5.1.2 AO845

AO845 on analogia output moduuli, missä on 8 kanavaa. (ABB Oy 2016, c.)

Output viesti jokaista kanavaa kohden on 4...20mA. Moduuli kuluttaa ulkoisesta teholähteestä 218mA verran virtaa, +24V jännitteellä ja ModuleBusin kautta maksimissaan 125mA, +5V jännitteellä. (ABB Oy 2016, c.)

5.1.3 DI810

DI810 digitaalinen input moduuli, missä on 16 kanavaa. Input on 18...30VDC väliltä ja virta on 6mA, +24V jännitteessä (ABB Oy 2016, d.)

Moduuli kuluttaa ModuleBusin 50mA verran virtaa +5V jännitteellä (ABB Oy 2016, d).

5.1.4 DO810

DO810 on digitaalinen output moduuli, missä on 16 kanavaa (ABB Oy 2016, e).

Output jännite on 10...30V ja maksimi virran-kulutus kanavaa kohden on 0,5A. Moduuli kuluttaa ModuleBusin kautta teholahteesta 80mA verran virtaa +5V jännitteellä. (ABB Oy 2016, e.)

5.1.5 DI818

DI810 on digitaalinen input moduuli, missä on 32 kanavaa. Input jännite on +18...30VDC ja virta on 4,3mA, +24V jännitteellä. (ABB Oy 2016, f.)

Moduuli kuluttaa 25mA verran virtaa ulkoisesta teholahteesta, +24V jännitteellä ja 70mA, +5V jännitteellä ModuleBusin kautta (ABB Oy 2016, f).

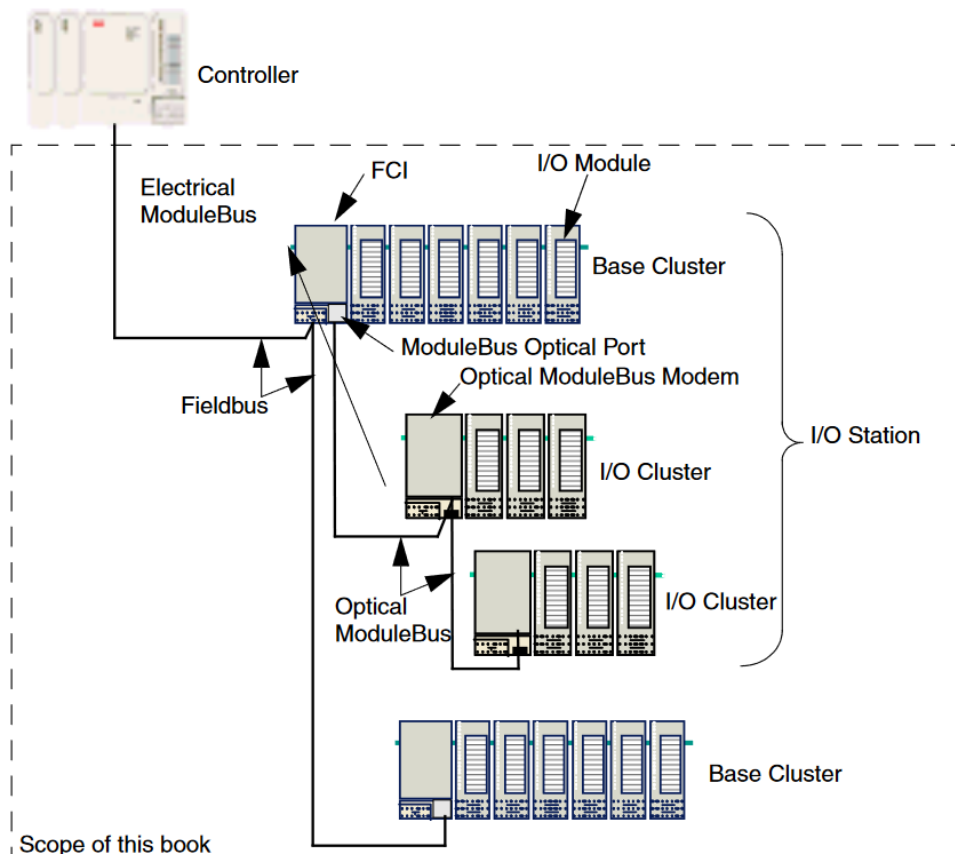
5.1.6 DO818

DI810 on digitaalinen output moduuli, missä on 32 kanavaa (ABB Oy 2016, g).

Output jännite on +12...30V ja maksimi virran kulutus kanavaa kohden on 0,5A. Moduuli kuluttaa ulkoisesta teholahteesta 40mA verran virtaa, +24V jännitteellä ja ModuleBusin kautta 70mA, +5V jännitteellä. (ABB Oy 2016, g.)

5.2 FCI-väyläyksikö CI801

FCI-väyläyksikkö on laite mikä sisältää liitännän kenttäväyliin, kuten PROFIBUS tai AF 100 väyliin.



Kuva 14. Esimerkki FCI yksikön käytöstä S800 I/O-järjestelmässä (ABB 2013, a, 24).

CI801 on kenttäväylä kommunikointiyksikkö (FCI) (ABB Oy 2013, a, 36).

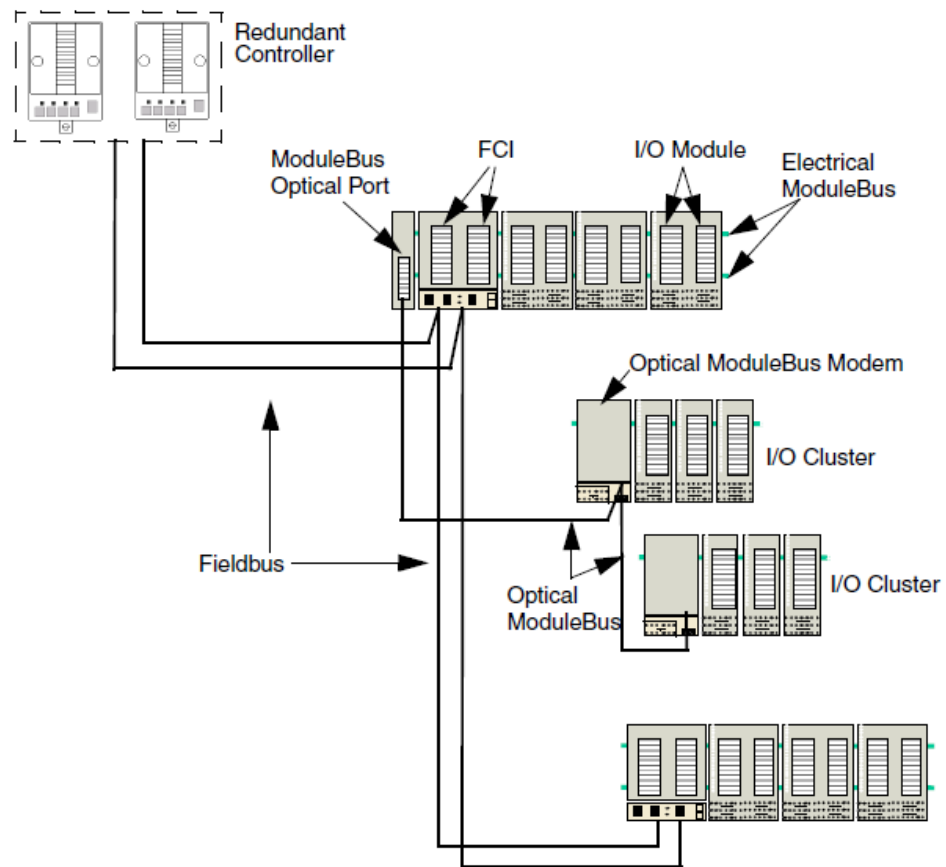
Yksikkö käyttää ulkoisesta tehonlähteestä 140mA verran virtaa, +24V jännitteellä (ABB Oy 2015, 150).

5.3 ModuleBus väyläyksikö TB820V2

ModuleBus on elektroninen tai optinen lisäväyläyhteys I/O-laitteille (ABB 2013, a, 20).

TB820V2 ModuleBus on kuituoptiikkamodeemi. Elektroniseen liitántään voidaan kytkeä 12 kpl. I/O -moduulia ja kuituoptiseenliitántään voidaan kytkeä 7 kpl. I/O ryhmää. Kuituliitántä on tarkoitettu paikallisesti jaettavaan I/O ryhmiin tai silloin kun tarvitaan enemmän kuin 12 kpl. I/O-moduuleita. (ABB Oy 2013, a, 44.)

Yksikkö käyttää ulkoisesta tehonlähteestä 100mA verran virtaa, +24V jännitteellä, (ABB Oy 2015, 152).



Kuva 15. S800 I/O-moduulit yhdistetty käyttämällä TB820 ModuleBus mo-
deemia (ABB 2013, a, 61).

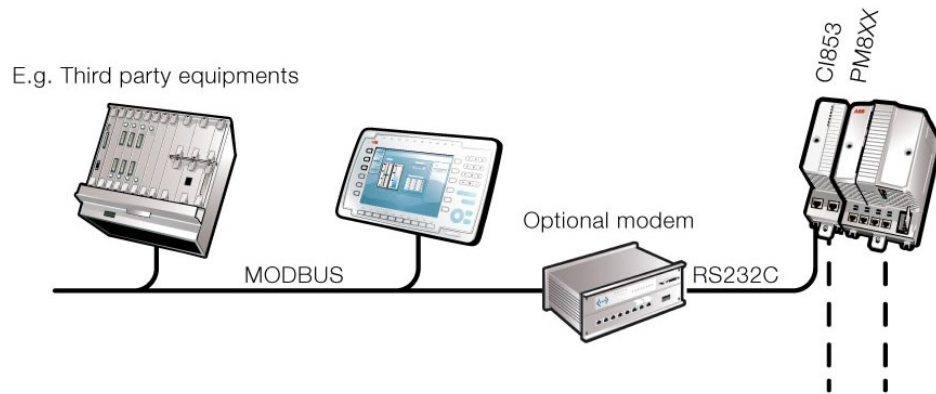
5.4 Modbus väyläyksiköt

Modbus on master/slave sovellus protokolla (ABB 2016, h).

5.4.1 CI853

CI853 on portin RS-232C liitäntäyksikkö, mikä antaa 2 kpl. lisä RS-232C porttia käyttämällä RJ45 liitintä (ABB Oy 2013, b, 292).

Yksikkö kuluttaa ulkoisesta teholahteesta maksimissaan 150mA verran vir-
taa, +24V jännitteellä (ABB Oy 2013, b, 295).

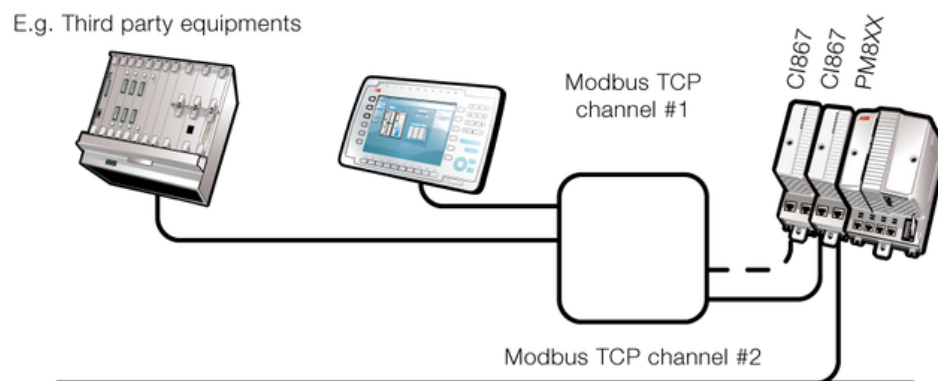


Kuva 16. CI853 yksikön käytön esimerkki (ABB 2016, i).

5.4.2 CI867

CI867 on Modbus TCP liitäntäyksikkö, mitä käytetään AC800M sarjan ohjaimen liittämiseen ulkoisiin ethernet laitteisiin (ABB Oy 2013, b, 332).

Yksikkö kuluttaa ulkoisesta tehollähteestä maksimissaan 245mA verran virtaa, +24V jännitteellä (ABB Oy 2013, b, 235).



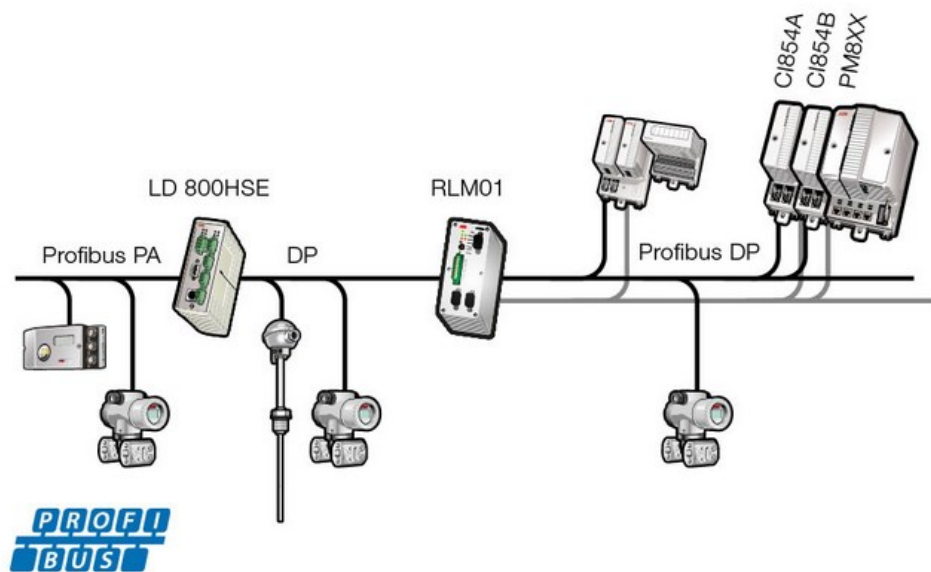
Kuva 17. CI867 yksikön käytön esimerkki (ABB 2016, j).

5.5 PROFIBUS väyläyksikö CI854A

PROFIBUS on automaation kenttäväylä standardi (ABB 2016, k).

CI854A on Profibus DP liitäntäyksikkö AC800M moduuleille. Tätä käytetään I/O ja kenttäväylä laitteiden etäyhdistämiseen Profibus DP väylän kautta. (ABB 2016, l.)

Yksikkö kuluttaa ulkoisesta tehollähteestä maksimissaan 240mA verran virtaa, +24V jännitteellä (ABB Oy 2013, b, 300).



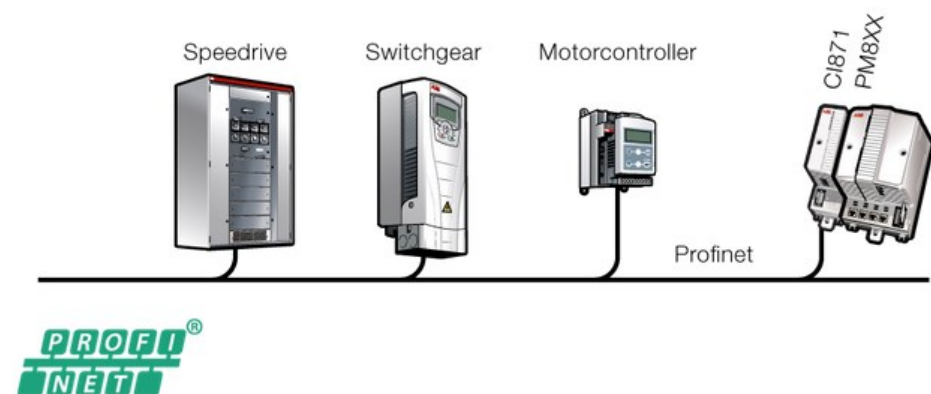
Kuva 18. CI854A yksikön käytön esimerkki (ABB 2016, l).

5.6 PROFINET väyläyksikö CI871

PROFINET on teollisuuden Ethernet-verkko standardi (ABB 2016, m).

CI871 on PROFINET I/O liitäntäyksikkö, mitä käytetään AC800M sarjan ohjaimen yhdistämiseen PROFINET I/O laitteille, RJ45 liittimen kautta (ABB 2013, b, 344).

Yksikkö käyttää CEX-Bus yksiköltä maksimissaan 250mA verran virtaa, +24V jännitteellä (ABB 2013, b, 347).



Kuva 19. CI867 yksikön käyttö esimerkki (ABB 2016, n).

5.7 Akku SB8221

SB822 on akkuyksikkö, jota käytetään ulkoisena vara tehonlähteenä AC800M ohjaimelle (ABB Oy 2013, b, 394).

Yksikön maksimi lataus virta on 0,1A (ABB Oy 2016, o).

5.8 Prosessoriyksiköt

5.8.1 PM864

PM864 prosessoriyksikkö toimii 96MHz taajuudella. Siinä on 36MB RAM muistia. Siihen voidaan liittää 12 kpl I/O-moduuleita suoraa ModuleBus liittimeen. (ABB 2013, b, 255.)

Yksikön virran kulutus ulkoisesta tehonlähteestä on maksimissaan 487mA, +24V jännitteellä. Yksikkö antaa CEX väylän kautta maksimissaan 2.4A virtaa, +24V jännitteellä ja ModuleBusin kautta 1,0A, +24V jännitteellä ja 1,5A, +5V jännitteellä. (ABB 2016, p.)

5.8.2 PM866

PM866 prosessoriyksikkö toimii 133MHz taajuudella. Siinä on 64MB RAM muistia. Siihen voidaan liittää 12 kpl I/O-moduuleita suoraa ModuleBus liittimeen. (ABB 2013, b, 263.)

Yksikön virran kulutus ulkoisesta tehonlähteestä on maksimissaan 360mA, +24V jännitteellä. Yksikkö antaa CEX väylän kautta maksimissaan 2.4A virtaa, +24V jännitteellä ja ModuleBusin kautta 1,0A, +24V jännitteellä ja 1,5A, +5V jännitteellä. (ABB 2016, q.)

5.8.3 PM891

PM891 prosessoriyksikkö toimii 450MHz taajuudella. Siinä on 256MB eheyden tarkistavaa RAM muistia. Siihen voidaan liittää maksimissaan 7 kpl. I/O-moduuleita ryhmää, joihin jokaiseen voi asentaa 12 kpl. I/O-moduulia. (ABB 2013, b, 267.)

Yksikön virrankulutus ulkoisesta tehonlähteestä on maksimissaan 750mA, +24V jännitteellä. Yksikkö antaa CEX väylän kautta maksimissaan 2.4A virtaa, +24V jännitteellä ja ModuleBusin kautta 1,0A, +24V jännitteellä ja 1,5A, +5V jännitteellä. (ABB 2016, r.)

5.9 Jännitteensyöttö AC800M prosessiasemille ja S800 I/O-moduuleille

Jännitteenjako tapahtuu yleisimmin moduuleiden lähelle sijoitetuilla erillisillä tehonlähteillä.

Jännitteensyöttöön käytetään Phonenix Contactin QUINT-PS/1AC/24DC/3,5-20 valmistamia tehonlähteitä. Kahdennus on tehty käyttäen Phoenix Contactin QUINT-ORING/24DC/2X10/1X20 ja QUINT-ORING/24DC/2X20/1X40 redundanssimoduuleja. Moduuliin yhdistetään 2 tehonlähdettä ja moduulista saadaan ulos tehonlähteiden tasan jaettu virtamäärä. Kun toinen tehonlähde menee rikki, moduuli ilmoittaa asiasta ja käyttää vain toista tehonlähdettä täydellä teholla. Tällainen järjestelmä turvaa jännitteenjaon ja automaatiojärjestelmälle.

6 KONKREETTISEN TYÖN ALOITUS

6.1 Työn aloitus

Työ alkaa kartoittamalla nykyisten automaatiolaitteiden virrankulutukset. Kun nämä on kartoitettu, kartoitetaan tulevaisuuden tarpeet, minkä mukaan keskus tullaan mitoittamaan.

Nykyiset virrankulutukset voidaan laskea käytössä olevien tehonlähteiden tuottamat virrat yhteen. Tehonlähteet tuottavat 23,5A virtaa aina yhtä kaappia kohden, näitä kaappeja on 14 kpl. Yhteen kaappiin tehonlähteet tuottavat 50A virtaa. Yhteenlasketut virrat ovat 379A.

Virrankulutus voidaan laskea tarkemmin tarkastelemalla jokaista kaapissa olevaa laitetta erikseen, jolloin teoreettinen maksimi virrantarve ylittäisi nykyisten tehonlähteiden tuottamat virrat. Virrantuotto on kuitenkin riittävä, koska kaikki kanavat eivät ole käytössä ja on otettu huomioon, että kaikki kanavat eivät käytä maksimi virtojaan jatkuvasti.

Kaappeihin tullaan muutamaankaan kaikki I/O-korit, jotta saataisiin lisää tilaa kaappeihin. Uusissa DI- ja DO-korteissa on 32 kpl. kanavia ja kaikki uudet kortit asennetaan pysty asentoon. Käytettyjen kanavien määrä ei siis liisäännä mutta korttien määrä vähentyy.

Laitekohtaiset virrankulutukset näkyvät taulukossa 7. Virrankulutuksia lasettaessa ei ole otettu huomioon, että todellisuudessa I/O-kortit eivät koskaan käytä maksimi virtamääräänsä yhtäaikaaisesti.

Taulukko 7. Teoreettiset maksimi virrankulutukset.

Laite	Määrä	Kanavia korteissa	Virta/ laite (A)	Virta/ kanava (A)	Virran tarve yht. (A)
-------	-------	-------------------	------------------	-------------------	-----------------------

AI kortit	112	896	0,265	0,02	47,6
AO kortit	40	320	0,218	0,02	15,12
DI818	47	1504	0,025	0	1,175
DO818	25	800	0,04	0,5	401
TB820V2	23		0,1		2,3
CI801	4		0,14		0,56
SB822	9		0,1		0,9
CI853	1		0,1		0,1
CI854A	7		0,24		1,68
CI867	6		0,25		1,5
CI871	7		0,25		1,75
PM864	1		4,39		4,39
PM866	2		4,26		8,52
PM891	4		4,65		18,6
Siemens OLM G11	3		0,3		0,9
Yhteensä					506,095

6.2 Jakokeskuksen toiminnan selitys

Jännitteenjakokeskusta syötetään ristikytkentätilassa sijaitsevalta UPS-yksiköltä. Johdonsuojat UPS-yksiköllä ovat B10 mallisia, nämä toimivat suojina teholähteille asti. Jakokeskuksen puolella syöttävät johtimet yhdistetään kuormanerotuskatkaisijoihin ja PE riviliitimiin. Noista yhdistetään johtimet teholähteisiin.

24V tehonlähteet syöttävät DC puolen virtakiskoa, jonka toiseen päähän asennetaan 16 kpl. varoke-erotin liittimiä. Varoke-erottimet yhdistetään johtimilla + ja – riviliitimiin. Noilta riviliittimiltä syötetään ristikytkentätilassa olevia R-kaappeja.

7 KOMPONENTTIVALINNAT

Komponentit valitaan edellä mainittujen säännösten ja taulukoiden mukaan. Valintaan vaikuttaa myös UPS-yksiköltä mitattu oikosulkuvirta, 1,5kA.

7.1 Katkaisijat

Valittavien katkaisijoiden tulee kestää 10A nimellisvirrat ja 1,5kA oikosulkuvirrat. Noiden perusteella katkaisijoiksi valitaan ABB:n OT16F3 kuormakatkaisijat.

Katkaisijoita tulee yhteensä 20kpl. 1 jokaista tehonlähdettä varten.

7.2 Teholähteet

Jännitteensyöttöön käytetään TDK-Lambdan HFE1600 modulaarista tehonlähdettä, mikä tulee TDK-Lambdan HFE1600-S1U syöttölaitteeseen. Yhteen syöttävään laitteeseen voidaan yhdistää 5kpl tehonlähteitä, joista 4 on jatkuvalla käytöllä ja 1 varalla.

HFE1600 tuottaa 67 ampeerin virralla, 1608 watin teholla, 24V jännitettä.

HFE1600-S1U yksiköitä voidaan liittää rinnan 2kpl.

Tehonlähteitä tulee yhteensä 20kpl. Yhdelle kiskoparille 10kpl.

7.3 Virtakiskot

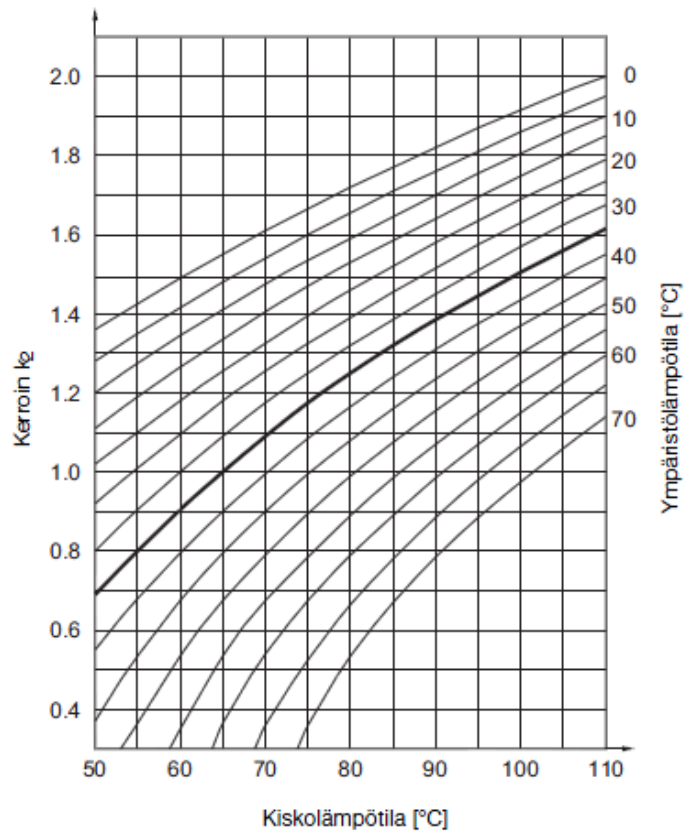
24VDC puolen virtakiskoksi valitaan Rittali Oy:n valmistama PSL-800 virtakisko. Valintaan vaikuttaa kiskoon liitettävyyys, fyysinen koko ja virrankesto. Rittal on antanut omilla verkkosivuillaan tarvittavia tietoja kiskoston suunnittelua varten, jotka vastaavat edellä mainittuja ohjetaulukoita ja kaavioita. PSL-800 virtakiskon tehon kesto on 684A, huoneenlämpötilassa +35 °C ja kiskonloppulämpötilassa +65 °C. Virtakiskon kiinnitykseen ja liitoksiin käytetään Rittalin omia osia ja kiskot suojataan kosketussuojilla.

Kiskoja tulee yhteensä 4 kpl. 2 + kiskoja ja 2 – kiskoa.

7.3.1 Sallitut kiskojen loppulämpötilat

Kaapissa olevien komponenttien pienin maksimi käyttölämpötila on +50 °C. Tätä käytetään kiskon loppulämpötilana.

Ristikytkentätilan normaali lämpötila on alle +25 °C, mutta mahdollisten vikatilateiden vuoksi käytetään huoneenlämpönä +30 °C. Rittal antaa PSL mallin kiskoille on hieman erilaisen korjauskerroin kaavion kuin E-CU kiskoille, kuva 20.



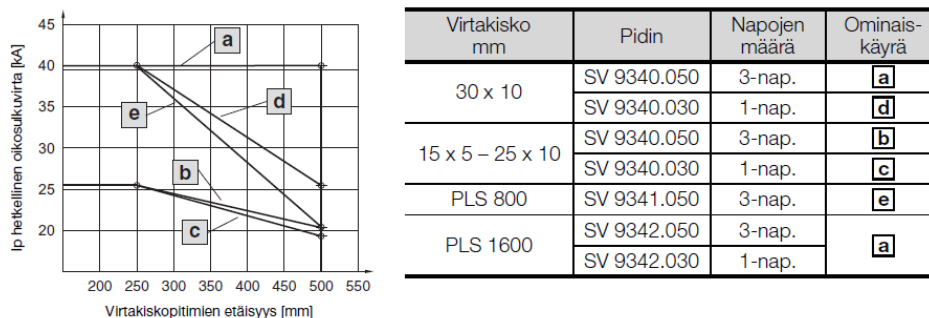
Kuva 20. Korjauskertoimet PSL kiskoille (Rittal Oy 2014, a, 1).

Tarkastelemalla kuvan 20 kaaviota nähdään, että kiskon korjauskertoimeksi tulee 0.8, +30 °C huoneenlämmössä ja kiskonloppulämpötilassa 50 °C. Korjauskerrointa käyttämällä PSL-800 kiskon maksimikuormitus virraksi saadaan 547,2A.

7.3.2 Kiskojen tuentaväli

Kiskojen kiinnitys toteutetaan Rittalin omien kiskopitimien avulla. Kiskopitimille on annettu valmiit kaaviot mistä voidaan lukea oikeat tuentavälit.

Rittal antaa PSL-800 malliselle virtakiskolle kuvan 21 mukaisen kaavion, mistä katsotaan kiskopitimien välinen etäisyys toisiinsa.



Kuva 21. Virtakiskopitimien väli, hetkelliseen oikosulkuvirtaan nähden DC käytössä. (Rittal OY 2014, b, 3)

Kiskopitimiä asennetaan pienempään kaappiin 3 kpl. Molempiin päihin kiskoa 1 kpl. ja kiskon keskelle 1 kpl. Isompaan kaappiin asennetaan kiskopitimiä 5 kpl. Molempiin päihin 1 kpl. ja niiden välille 3 kpl. tasaisin välein.

7.4 Johdonsuojat

7.4.1 AC puoli

Johdonsuojina toimivat UPS-yksiköiltä tulevien kaapeleiden johdonsuojat.

7.4.2 DC puoli

Johdonsuojien nimellisvirta tulee olla 25A ja niihin on voitava asentaa maksimissaan 50mm² johtimet. Kaapin tilan säättämisen vuoksi valitaan Rittalin valmistamat kiskojen päälle asennettavat NH varoke-erotin liittimet ja niihin 000 koon sulakkeet.

7.5 Riviliittimet

7.5.1 AC puoli

Riviliittimiin on voitava asentaa syöttävien kaapeleiden PE johtimet, 2,5 mm² ja niiden tulee olla väriltään keltavihreät. Noiden perusteella valitaan Phoenix Contactin USLKG malliin riviliittimet.

7.5.2 DC puoli

Riviliittimien tulee kestettävä 25A nimellisvirrat ja niihin on voitava asentaa maksimissaan 50 mm² johtimet. Noiden perusteella valitaan Phoenix Contactin UKH 50 mallin riviliittimet.

7.6 Johtimet

7.6.1 AC puoli

Johtimet jatketaan katkaisijoilta tehonlähteille laitejohdoilla.

7.6.2 DC puoli

Johtimien tulee kestää niihin kohdistuvat nimellisvirrat ja niiden tulee kyetä ylläpitämään jännitetaso tarpeeksi korkealla. 24V jännitteellä, jännitteen alenema voi olla todella iso, jos ei käytettä riittävän isoja johtimia. Sallittu jännitteen alenema on 5%. Tästä syystä tehonlähteiden ja kiskon välille valitaan 95mm^2 johtimet ja kiskolta eteenpäin 35mm^2 johtimet.

Keskukselta lähtevien kaapeleiden pituus on arviolta 10 metriä, jännitteenalennamaa laskiessa käytettiin kuitenkin 20 metriä.

95mm^2 johtimen tehohäviö on $6,68\text{W}$ metriä kohden ja jännitteenalennama $0,26\%$ metriä kohden.

35mm^2 johtimen tehohäviö on $0,63\text{W}$ metriä kohden ja jännitteenalennama $0,132\%$ metriä kohden.

7.7 Johdinten liittäminen kiskoon

Kiskoliittimien tulee kestää 268A virta ja niihin on voitava asentaa 95mm^2 johtimet. Koska kiskojen kosketussuojausta ei haluta vaarantaa, valitaan Rittalin valmistamat kiskoliitinadapterit.

7.8 Kaapit

Kaappien valintaan vaikuttaa niiden fyysinen koko. Kaappien tulee olla tarpeeksi isot, jotta kaikki valittavat komponentit mahtuvat kaappiin. Tässä tapauksessa valittiin 2 kpl Rittalin valmistamia TS8 malliston kaappia.

7.9 Jäähdytyspuhaltimet

Jäähdytyksen tarpeellisuus tarkistetaan käyttämällä Rittalin Therm 6.3-ohjelmaa. Ohjelmaan syötetään kaappien mallit ja niiden sisältävien komponenttien häviötehot kaappikohtaisesti, minkä jälkeen ohjelma ilmoittaa millaista jäähdytyskapasiteettia kaapit tarvitsevat. Ohjelman suosituksien perusteella valitaan Rittalin valmistamat jäähdytyspuhaltimet ja poistoilmasuodattimet.

Virta jäähdytyspuhaltimille otetaan HFE1600 tehonlähteiltä.

Johtimet suojataan 2A lasiputkisulakkeilla, jotka asennetaan Phoenix Contactin Hesiled 24 mallin sulakepohjiin.

8 KESKUKSEN KUVIEN PIIRTÄMINEN

8.1 Layout-kuvan piirtäminen

Layout kuva piirtämiseen käytetään AutoCAD-ohjelmaa. Kuvan piirtämistä helpottaa Rittal Oy:n verkkosivuilta saatavat valmiit 2- ja 3D-kuvat tuotteista. Kaikki mitä ei suoraan saada piirretään itse, annettujen mittojen perusteella.

8.2 Johdotus- ja piirikaaviot

Johdotus- ja piirikaavioiden piirtämiseen käytetään CADS planner electric-ohjelmaa, sen laajan symbolikirjaston vuoksi. Symbolikirjasto nopeuttaa kuvien piirtämistä huomattavasti ja edesauttaa kuvien yhdenmukaisuutta.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä keskityttiin keskuksen rakentamista ja suunnittelua koskeviin standardeihin, opinnäytetöihin ja valmistajien teknillisiin asiakirjoihin. Teoriaosassa käsitellään standardien vaatimuksia ja ristikytkentätilan automaatiolaitteiden virran tarvetta. Itse työvaiheessa keskityttiin laitevalintoihin ja kuvien piirtämiseen.

Työ aloitettiin tekemällä tarvekartoitus. Tarvekartoitukseen kuului jakokeskukselle tarvittavan kapasiteetin selvittäminen ja syötettävien laitteiden kartoittaminen.

Työn edetessä layout kuvaa päivitettiin useaan kertaan, koska valittavat komponentit muuttuivat. Joissakin tapauksissa huomattiin, että on parempikin tapa toteuttaa jokin asia tai vaadittiin isompaa kapasiteettia kuin oli alun perin mietitty. Vasta opinnäytetyön loppuvaiheilla komponentti valinnat saatiin lopulliseen kokoonpanoonsa.

Työn viimeinen vaihe oli johdotus-, piiri- ja pääkaavioiden piirtämien.

LÄHTEET

ABB Oy (2013), a. *S800 I/O, Getting Started*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta https://library.e.abb.com/pub-lic/459df5f154c28586c1257b5d000eb809/3BSE020923-510_B_en_S800_I_O_Getting_Started.pdf

ABB Oy (2013), b. *AC 800M, Controller Hardware*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta https://library.e.abb.com/pub-lic/1cb4fadd66365e57c1257b740027013b/3BSE036351-510_A_en_AC_800M_5.1_Controller_Hardware.pdf

ABB Oy (2015). *S800 I/O, Product Guide*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta https://library.e.abb.com/pub-lic/7e620b9ef0944ceba85c89187bb84820/3BSE015969-600_A_en_S800_IO_Product_Guide.pdf

ABB Oy (2016), a. *S800 I/O –järjestelmä*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://new.abb.com/control-systems/fi/system-800xa/hajautettu-800xa-ohjausjarjestelma/laitteistot/s800-i-o>

ABB Oy (2016), b. *AI845*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/ai845>

ABB Oy (2016), c. *AO845*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/ao845>

ABB Oy (2016), d. *DI810*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/di810>

ABB Oy (2016), e. *DO810*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/do810>

ABB Oy (2016), f. *DI818*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/di818>

ABB Oy (2016), g. *DO818*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/do818>

ABB Oy (2016), h. *MODBUS TCO*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://new.abb.com/drives/fi/liitettavyys/kenttavaylayhteydet/modbus-tcp>

ABB Oy (2016), i. *CI835 (MODBUS RTU)*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/ci853-modbus-rtu>

- ABB Oy (2016), j. *CI867*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/ci867-modbus-tcp>
- ABB Oy (2016), k. *PROFIBUS DP*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta new.abb.com/drives/fi/liitettavyys/kenttavaylayhteydet/profibus
- ABB Oy (2016), l. *CI854A/CI854B*. Haettu 22.9.20156 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/ci854a-b>
- ABB Oy (2016), m. *PROFINET*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://new.abb.com/drives/fi/liitettavyys/kenttavaylayhteydet/profinet>
- ABB Oy (2016), o. *CI871*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/ci871-profinet-io>
- ABB Oy (2016), o. *Detailed iformation for: 3BSE018172R1*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://new.abb.com/products/ABB3BSE018172R1>
- ABB Oy (2016), p. *PM864A*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/pm864a>
- ABB Oy (2016), q. *PM866*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/pm866-pm866a>
- ABB Oy (2016), r. *PM891*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.800xahardwareselector.com/pm891>
- ABB Oy (n.d.). *ABB:n TTT käsikirja 2000-07. Luku 19: Sähköjohtojen mitoitus*. Haettu 29.9.2016 osoitteesta https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwii5OjtvLTPAhVOb5oKHf1PDgwQFggg-MAA&url=http%3A%2F%2Fwww.oamk.fi%2F~kurki%2Fautomaatio-labrat%2FTTT%2F19_2_Kiskostot.pdf&usg=AFQjCNGbx7abRFKYCRxRKRtTxX2ZbT5b5g&bvm=bv.134052249,d.bGg
- Agnico Eagle Finland (n.d.), a. *Tietoa meistä*. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.agnicoeagle.fi/fi/aboutus/Pages/home.aspx>
- Agnico Eagle Finland (n.d.), b. Agnico Eagle Mines Limited. Haettu 22.9.2016 osoitteesta <http://www.agnicoeagle.fi/fi/aboutus/parentcompany/Pages/home.aspx>
- Allas, M. (2013) *24VDC syöttöjen standardisointi ja toteutus*. Opinnäytetyö. Sähkötekniikka. Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- Autio, I. & Rousku, H. (2014). *Jakokeskuksen asennus ja käyttöönotto*. Espoo: Sähköinfi Oy

Köykkä, S.(2008). *Sähkökeskusten standardin mukainen valmistus*. Opin-
näytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkea-
koulu.

Niemelä, N. (2014). *Sähkökeskuksen valmistus ja testausympäristö*. Insi-
nööriytyö. Sähkövoima tekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu.

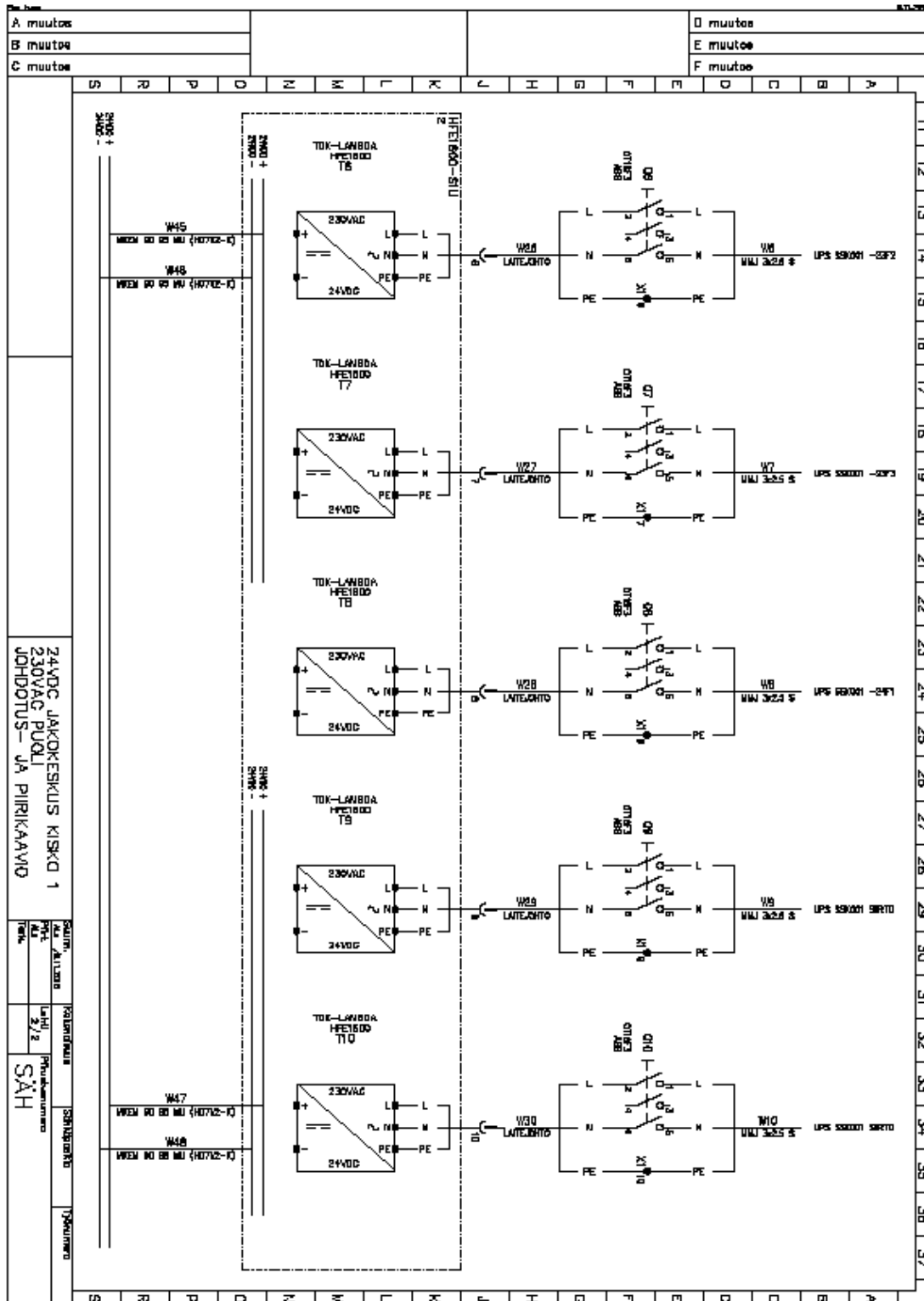
Rittal Oy (2014), a. *Virranjakelu. E-Cu (DIN 43 671) –virtakiskojen nimellis-
virrat*. Haettu 30.9.2016 osoitteesta [http://www.rit-
tal.com/imf/none/3_4127/Rittal_3587000_Tekniset_erittelyt_3_4127](http://www.rittal.com/imf/none/3_4127/Rittal_3587000_Tekniset_erittelyt_3_4127)

Rittal Oy (2014), b. *Virranjakelu. Oikosulkukestoisuus IEC:n mukaan*. Ha-
ettu 31.10.2016 osoitteesta [http://www.rittal.com/imf/none/3_4128/Rit-
tal_9600000_NA_3_4128](http://www.rittal.com/imf/none/3_4128/Rittal_9600000_NA_3_4128)

Suomen standardiliitto. (2007). SFS-Käsikirja 600. Pienjännitesähköasen-
nukset ja sähkötyöturvallisuus. Helsinki; Suomen standardiliitto

Liite 2

24VDC JAKOKESKUS KISKO 1, 230VAC PUOLI, JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 2/2



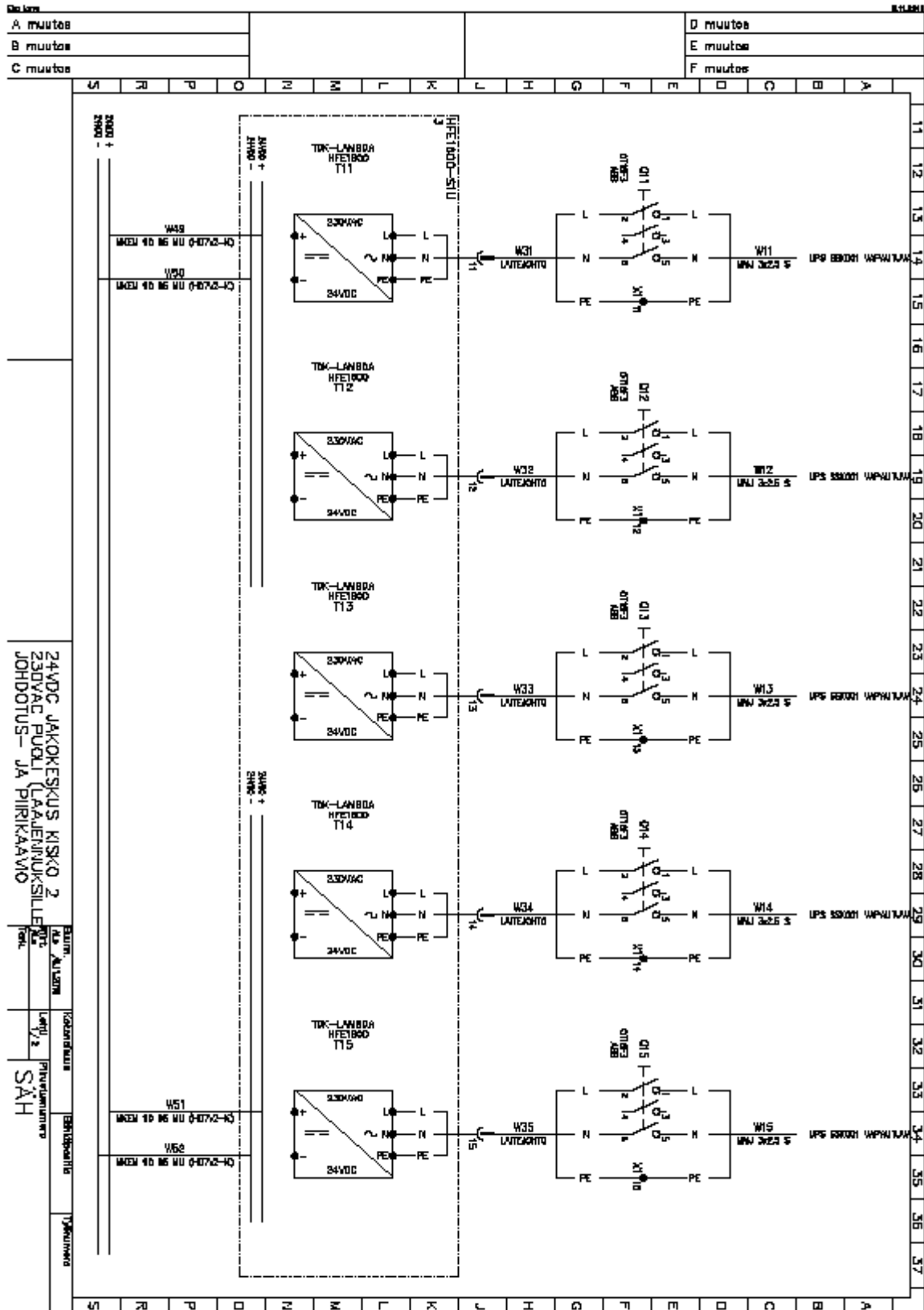
24VDC JAKOKESKUS KISKO 1
230VAC PUOLI
JOHDOTUS- JA PIIRIKAAVIO

SÄHKÖALUE
KÄYTTÖ
2/2
SÄHKÖ

TÄYLLÄ

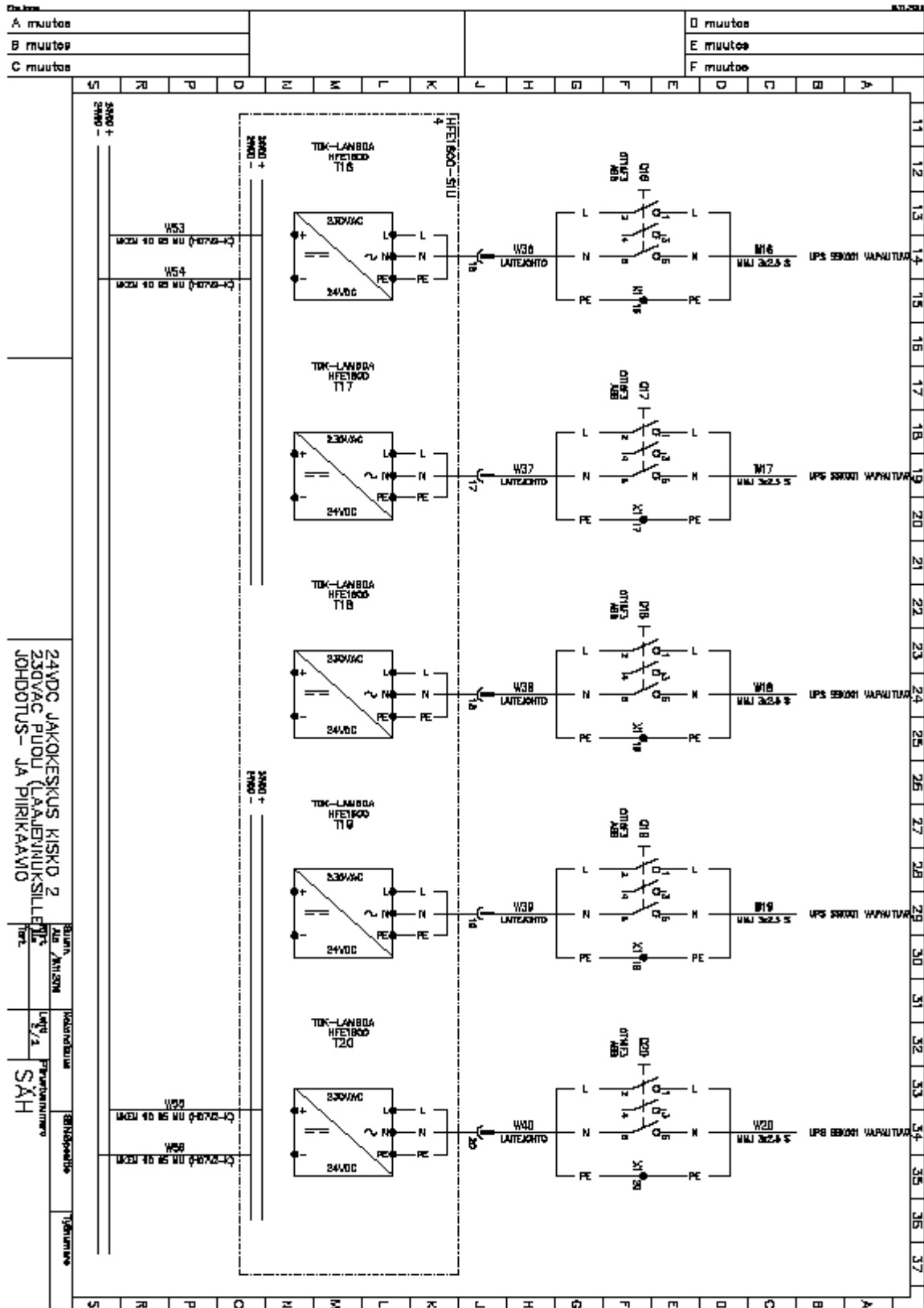
Liite 3

24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 230VAC PUOLI (LAAJENUKSILLE), JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 1/2



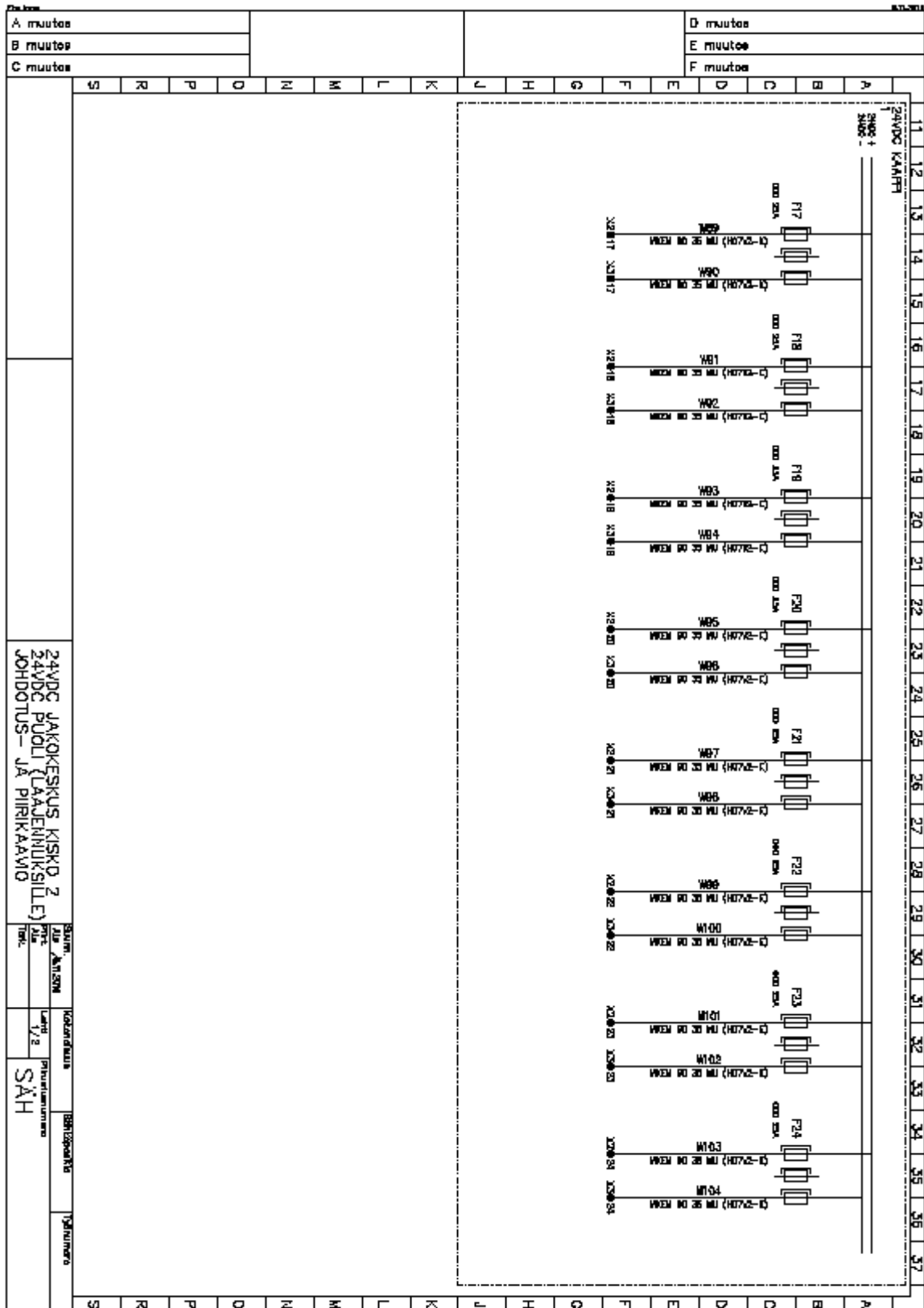
Liite 4

24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 230VAC PUOLI (LAAJENNUKSILLE), JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 2/2

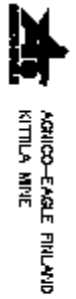
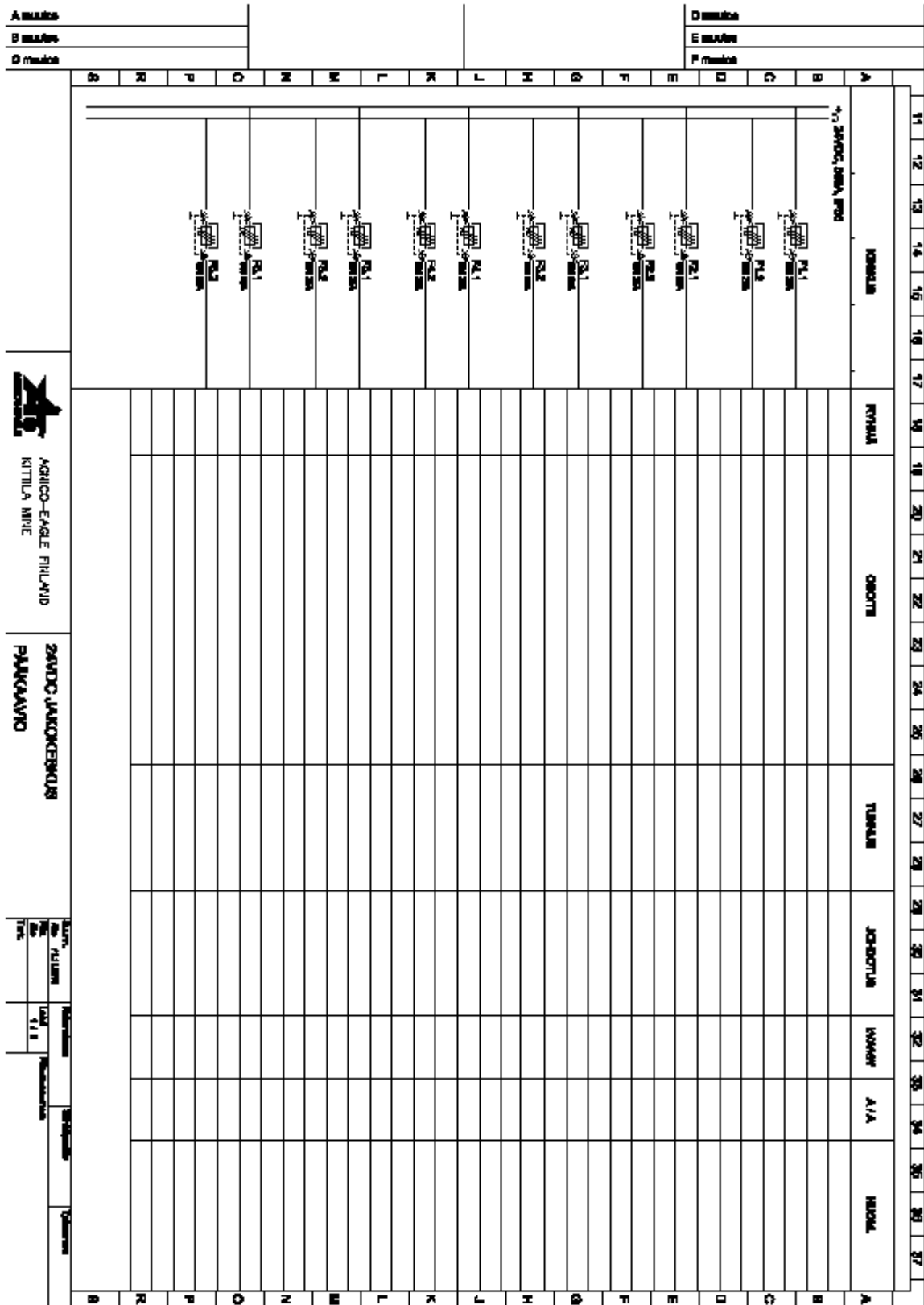


Liite 7

24VDC JAKOKESKUS KISKO 2, 24VDC PUOLI (LAAJENNUKSILLE), JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO. LEHTI 1/2



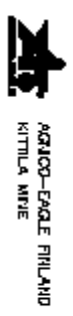
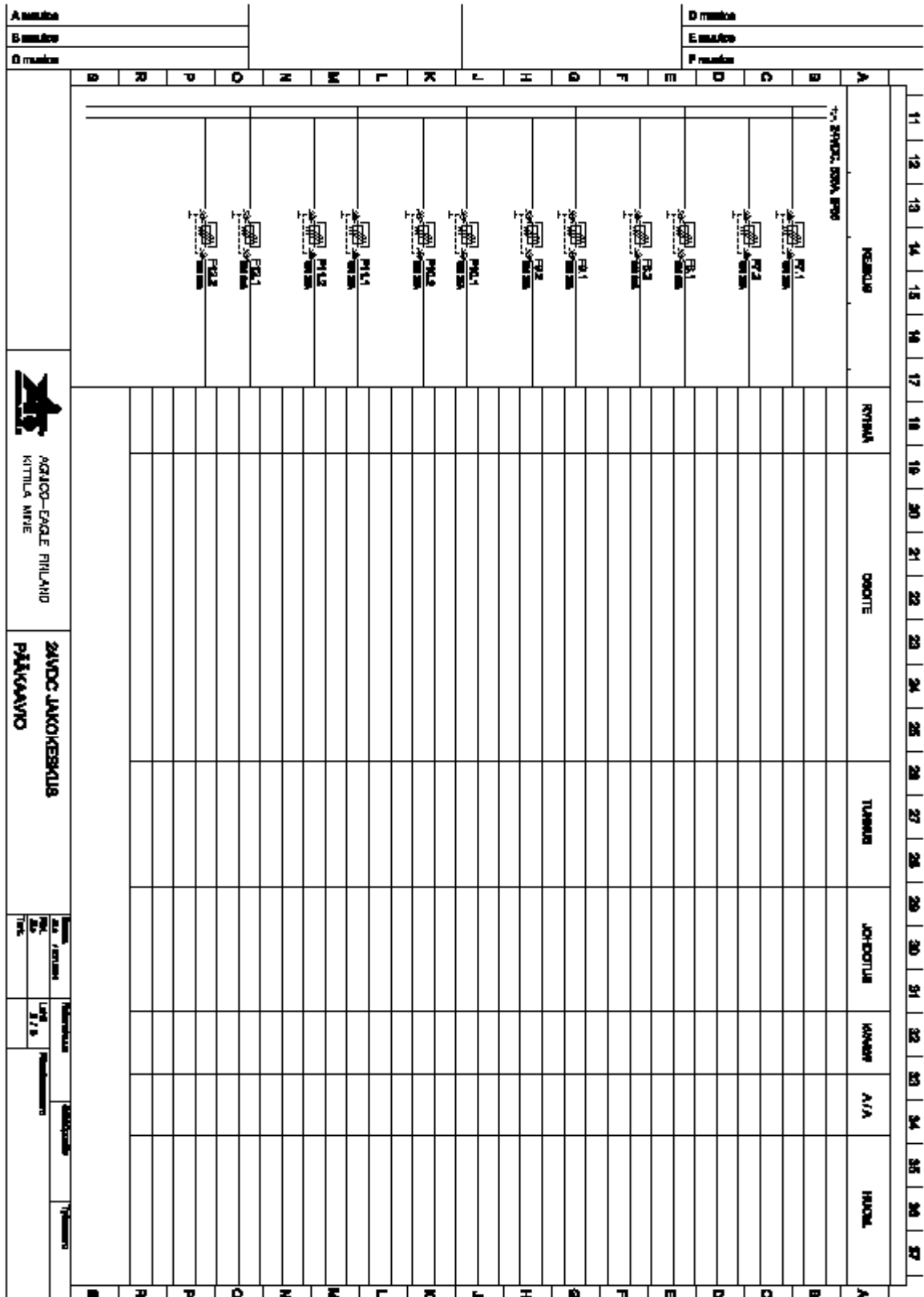
Liite 9
24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 1/6



24VDC JAKOKESKUS
PÄÄKAAVIO

LEHTI	1/6	LEHTI	1/6
1/6	1/6	1/6	1/6

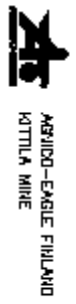
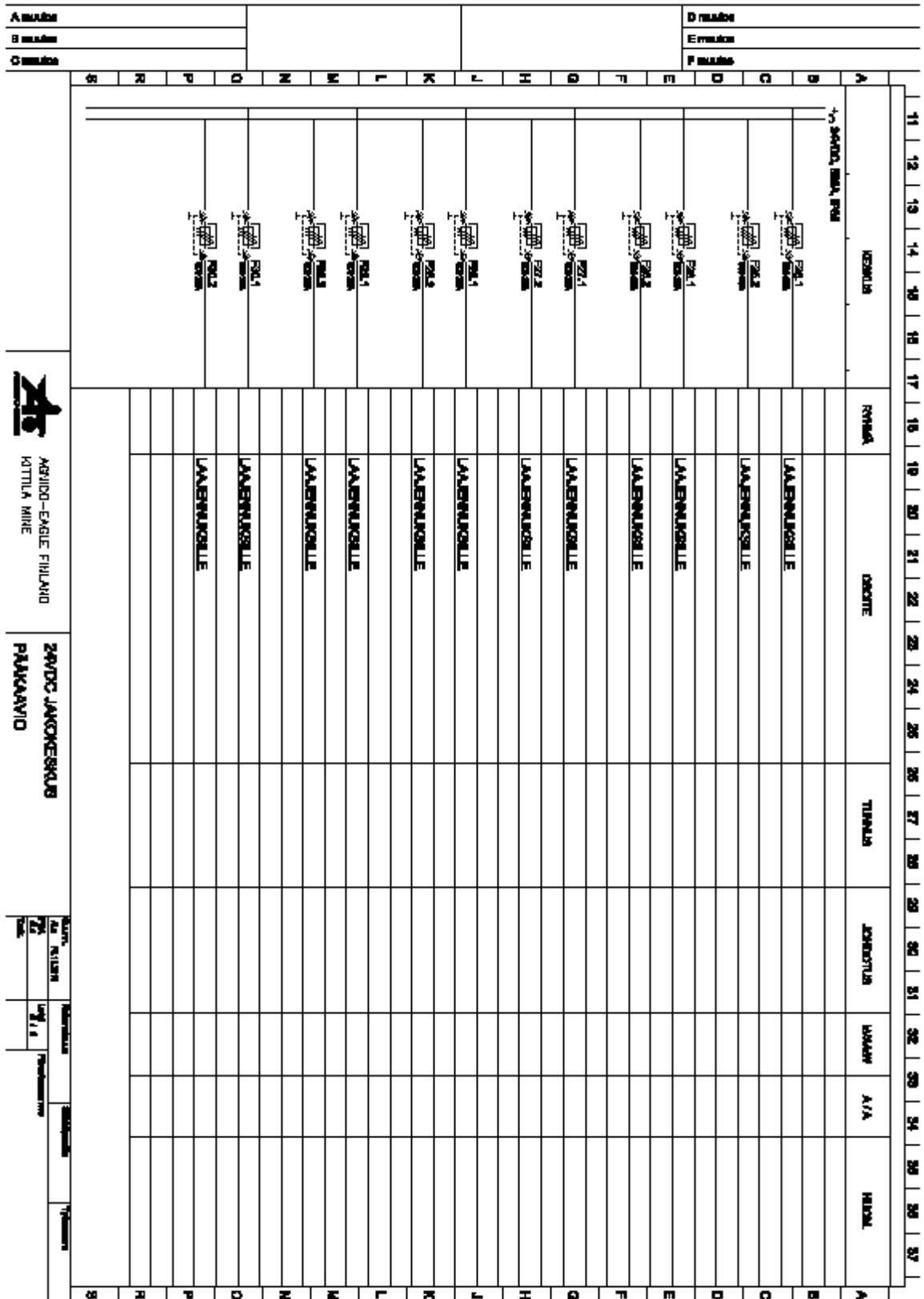
Liite 10
24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 2/6



24VDC JAKOKESKUS
PÄÄKAAVIO

Proj. nro.	1000000000
Rev.	1.0
Yht.	1/1
Yht.	1/1

Liite 13
24VDC JAKOKESKUS, PÄÄKAAVIO. LEHTI 5/6



24VDC JAKOKESKUS
PÄÄKAAVIO

MAKAA	MAKAA	MAKAA	MAKAA
A/V	A/V	A/V	A/V
NILKKA	NILKKA	NILKKA	NILKKA

Liite 15
24VDC JAKOKESKUS, LAYOUT.

