



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Oskari Kauppinen

# 24VDC- OHJAUSKAAPIN SISÄISEN SIJOITTELUN STANDARDOINTI

Tekniikka  
2023

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Oskari Kauppinen
Opinnäytetyön nimi	24VDC- Ohjauskaapin sisäisen sijoittelun standardointi
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	43
Ohjaaja	Juha Ramsila

---

Tässä insinööryössä selvitettiin ABB:lle ohjauskaapin vakioinnin mahdollisuuksia 24VDC:n kenttäjännitteellä. Työssä tutkittiin kaapin sisäistä sijoittelua, teholähteiden valintaa, vakiokytkentöjä, kenttäpuolen suojausta, häiriösuojauksen toteutusta (PE- ja TE-kytkennät), läpivientien vakiointia, kaapelinnousukourujen mitoitusta, korttipohjien ja korttityyppien valintaa sekä ristikytkennän toteutustapaa.

Insinööryössä käytettiin E3-suunnitteluohjelmaa, jonka avulla ohjauskaapin sisäinen sijoittelu toteutetaan. Työssä oli tarkoitus laatia yksi toimiva sijoittelu, mutta työn edetessä huomattiin, että sijoitteluvaihtoehtoja on tarpeen olla useampia. Näin saatiin useita sijoittelumalleja, joista voidaan valita sopivimmat sijoittelut yksilöllisille projekteille.

---

Avainsanat ohjauskaapin, vakiointi, sijoittelu, E3-suunnitteluohjelma

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	4
2	I/O-KAAPIN VAKIOITAVAT KOMPONENTIT .....	5
	2.1 Teholähteet ja redundanssiyksiköt.....	5
	2.2 System 800xA.....	7
	2.3 AC 800M -laiteyksikkö.....	7
	2.4 S800 I/O -moduulit ja -pääteyksiköt .....	10
	2.5 S800 I/O -moduulipääteyksiköt .....	11
	2.6 S800 I/O -moduulit.....	21
3	KAPELOINNIIT JA HÄIRIÖSUOJAUS.....	25
	3.1 Sähkönjakelu.....	25
	3.2 Johdonsuojaus .....	27
	3.2.1 Kaapelointien mahdollistaminen .....	29
	3.3 Häiriösuojaus .....	29
	3.3.1 Suojamaadoitus ja toiminnallinen maadoitus .....	30
	3.4 Jännitteen alenemat .....	31
	3.4.1 Kaapelin jännitehäviöt binääritulon toimimiseksi .....	33
	3.5 Ethernet ja valokuitu.....	33
	3.5.1 Kenttäväylätietoliikenneliitäntä.....	35
4	I/O- JA PLC-KAAPIN SISÄINEN SIJOITTELU .....	38
	4.1 I/O-kaapin sisäinen sijoittelu .....	38
	4.2 PLC-kaapin sisäinen sijoittelu.....	40
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	41
	LÄHDELUETTELO .....	42

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> ABB CP-C.1 24/10.0 -teholähde. ....	6
<b>Kuva 2.</b> ABB CP-C.1-A-RU -redundanssiyksikkö. ....	6
<b>Kuva 3.</b> Esimerkki AC 800M -ohjaimesta S800 I/O -yksikön kanssa. ....	9
<b>Kuva 4.</b> Prosessoriyksikön yleiskuva (PM861). ....	9
<b>Kuva 5.</b> Compact MTU I/O-moduulilla. ....	19
<b>Kuva 6.</b> Extended MTU I/O-moduulilla. ....	20
<b>Kuva 7.</b> Redundant MTU I/O-moduulilla. ....	20
<b>Kuva 8.</b> BOP-kytkennät. ....	26
<b>Kuva 9.</b> Phoenix Contact CAPAROC -ylivirtasuojajärjestelmä. ....	28
<b>Kuva 10.</b> TE- ja PE-kytkentä. ....	31
<b>Kuva 11.</b> Valokuitutyypit. ....	34
<b>Kuva 12.</b> TU865 redundantilla TC811, redundantilla CI845 ja HI880-moduulilla. ....	36
<b>Kuva 13.</b> Kenttäväyläliittymän kokoaminen. ....	36
<b>Kuva 14.</b> Ristikytkentä ja ilman ristikytkentää. ....	39
<b>Kuva 15.</b> Minimietäisyydet kaapilla seinään ja kattoon. ....	40
<b>Taulukko 1.</b> AC 800M -ohjaimet. ....	8
<b>Taulukko 2.</b> MTU:n käyttö- ja avainasetukset. ....	13
<b>Taulukko 3.</b> AI810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi. ....	17
<b>Taulukko 4.</b> AO810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi. ....	18
<b>Taulukko 5.</b> DI810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi. ....	18
<b>Taulukko 6.</b> DO810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi. ....	19
<b>Taulukko 7.</b> Maksimimäärä katkaisijamoduuleja tehomodulilla. ....	27
<b>Taulukko 8.</b> Jännitteen aleneman ja maksietäisyyden laskeminen. ....	32
<b>Taulukko 9.</b> Ethernet-sovittimen suurin sallittu käyttölämpötila. ....	37

## **1 JOHDANTO**

Tässä insinööriyössä tutkitaan kuinka ohjauskaappia voidaan standardoida. Tämä tarkoittaa laajaa tutkimusta erilaisista komponenteista ja ratkaisuista tiettyihin tilanteisiin, sekä miten näitä voidaan sijoittaa kaappiin niin, että kaapin sisällä oleva tila voidaan optimoida maksimaalisesti. Työssä tavoitellaan ohjauskaapin pohjaratkaisua, joka on helposti muokattavissa. Tämä on haastavaa, sillä jokainen projekti on yksilöllinen.

## 2 I/O-KAAPIN VAKIOITAVAT KOMPONENTIT

Komponentit ovat pääsääntöisesti ABB:ltä, mutta myös muilla valmistajilla on samantapaisia komponentteja.

I/O-kaappiin tulee jättää noin 15 - 20 % tyhjää tilaa siltä varata, että halutaan asentaa myöhemmin lisää komponentteja. Tämä on tärkeää kysyä asiakkaalta tarkennuksena.

Kaapissa täytyy olla vähintään yksi pistorasia, että voidaan käyttää testilaitteistoa ja tietokonetta tarvittaessa.

### 2.1 Teholähteet ja redundanssiyksiköt

Teholähde on laite, jolla voidaan sille tuleva sähkövirta muuntaa halutuksi jännitteeksi, virraksi ja taajuudeksi. Teholähteellä voidaan muuttaa myös vaihtosähkö tasasähköksi tai toisinpäin.

Teholähdettä valittaessa on otettava huomioon kaapin kuormitus. Moduuleissa varsinkin DO-moduulit voivat käyttää kanavakohtaisesti paljon tehoa.

ABB CP-C.1 24/10 on teholähde (**Kuva 1.**), joka antaa 24VDC:n ulostulon ja enintään 10 A:n virtaa. Se on suunniteltu käytettäväksi teollisuuden hallintajärjestelmissä, kuten tehtaissa ja muissa valmistusympäristöissä. Teholähde on pienikokoinen ja se kykenee toimimaan laajoissa lämpötila- ja ympäristöolosuhteissa. Lisäksi siinä on sisäänrakennettu suoja ylijännitteeltä, ylivirralla ja oikosululta, jotta toiminta on turvallista ja luotettavaa. /1/

Teholähteen jälkeen käytetään redundanssiyksikköä ABB CP-C.1-A-RU (**Kuva 2.**). Tässä yksikössä on kaksi tuloa ja kummassakin on maksimissaan 20 A:n virtaraja ja ulostulo on 40 A. Tämän avulla voidaan rikkoutunut teholähde vaihtaa niin sanotusti ”lennosta” uuteen ilman, että kaappia tarvitsee laittaa virrattomaksi. /2/

ABB-teholähteiden tilalle on mahdollista käyttää Phoenix Contactin QUINT-teholähteitä ja -redundanssimoduuleja.



**Kuva 1.** ABB CP-C.1 24/10.0 -teholähde.



**Kuva 2.** ABB CP-C.1-A-RU -redundanssiyksikkö.

## 2.2 System 800xA

System 800xA on ABB:n kehittämä teollisuusautomaatio- ja ohjausjärjestelmä. Se on hajautettu ohjausjärjestelmä (DCS), joka yhdistää prosessinohjauksen, turvallisuuden ja sähköjärjestelmät yhdeksi alustaksi. Se on suunniteltu käytettäväksi useilla eri aloilla, kuten öljy- ja kaasuteollisuudessa, sähköntuotannossa ja kemianteollisuudessa.

Järjestelmässä on avoin arkkitehtuuri, joka mahdollistaa helpon integroinnin muihin järjestelmiin ja teknologioihin. Se sisältää myös erilaisia työkaluja prosessin ohjaukseen, kuten edistyneen prosessiohjauksen (APC) ja mallin ennustavan ohjauksen (MPC). Lisäksi se tarjoaa useita HMI-vaihtoehtoja mukaan lukien verkkopohjaiset ja mobiilirajapinnat sekä tiedonhallinta- ja analysointityökalut.

Kokonaisuudessaan System 800xA on kattava automaatio- ja ohjausratkaisu, joka voi auttaa parantamaan teollisuuden tehokkuutta, turvallisuutta ja joustavuutta.

/3/

## 2.3 AC 800M -laitetyksikkö

AC 800M on laitteistoalusta (**Kuva 3.**), joka koostuu yksittäisistä laitteistoyksiköistä. Nämä yksiköt voidaan konfiguroida ja ohjelmoida suorittamaan useita toimintoja. Kun AC 800M -ohjain on varustettu määritetyllä ohjausohjelmistolla, se toimii joko itsenäisenä prosessiohjaimena tai paikallisia ohjaustehtäviä suorittavana ohjaimena ohjausverkossa, joka koostuu useista toisiinsa kytketyistä ohjaimista, operaattoriasemista ja palvelimista.

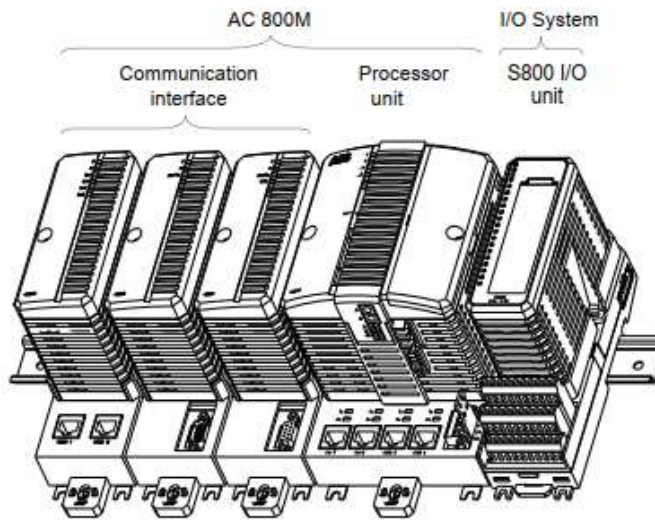
Proessorin (CPU) piirilevy sisältää mikroprossessorin, RAM-muistia, reaaliajan kellon, LED-indikaattoreita, INIT-painonapin ja CompactFlash -käyttöliittymän (**Kuva 4.**).



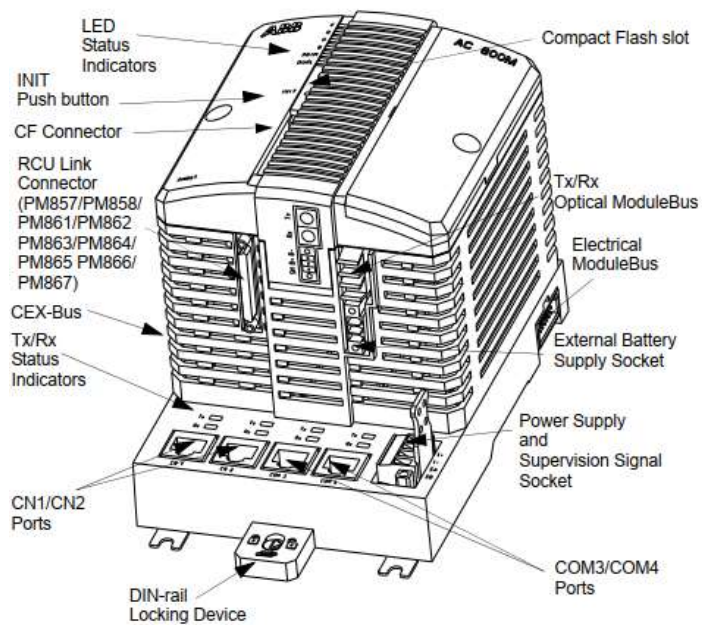
**Taulukossa 1.** esitetään erilaisia AC 800M -ohjaimia (PLC). PLC on hyödyllistä valita hieman hankintahetken tarvetta tehokkaampana, jotta PLC ei ole rajoittava tekijä, jos myöhemmin halutaan lisätä komponentteja (I/O-moduuleja). PLC:n vaihtaminen myöhemmin tehokkaampaan on kallista. /4/

**Taulukko 1.** AC 800M -ohjaimet.

Name	High Integrity	Memory	Performance	Redundancy
PM851AK01	No	12 MB	0.46 ms	No
PM856AK01	No	16 MB	0.46 ms	No
PM857K01	Yes	32 MB	0.17 ms	No
PM857K02	Yes	32 MB	0.17 ms	Yes
PM858K01	No	16 MB	0.36 ms	No
PM858K02	No	16 MB	0.36 ms	Yes
PM860AK01	No	16 MB	0.23 ms	No
PM861AK01 Classic	No	16 MB	0.23 ms	Yes
PM861AK02 Classic	No	16 MB	0.23 ms	Yes
PM862AK01	No	32 MB	0.18 ms	No
PM862AK02	No	32 MB	0.18 ms	Yes
PM863K01	Yes	32 MB	0.17 ms	No
PM863K02	Yes	32 MB	0.17 ms	Yes
PM864AK01 Classic	No	32 MB	0.15 ms	Yes
PM864AK02 Classic	No	32 MB	0.15 ms	Yes
PM865K01 Classic	Yes	32 MB	0.17 ms	No
PM865K02 Classic	Yes	32 MB	0.17 ms	Yes
PM866AK01	No	64 MB	0.09 ms	No
PM866AK02	No	64 MB	0.09 ms	Yes
PM867K01	Yes	64 MB	0.09 ms	No
PM867K02	Yes	64 MB	0.09 ms	Yes
PM891K01	No	256 MB	0.043 ms	No
PM891K02	No	256 MB	0.043 ms	Yes



**Kuva 3.** Esimerkki AC 800M -ohjaimesta S800 I/O -yksikön kanssa.



**Kuva 4.** Prosessoriyksikön yleiskuva (PM861).

## 2.4 S800 I/O -moduulit ja -pääteyksiköt

S800 I/O (tulo/lähtö) -moduulit ja -pääteyksiköt ovat osa ABB:n System 800xA automaatio- ja ohjausjärjestelmää. Ne tarjoavat tavan liittää antureita ja muita kenttälaitteita ohjausjärjestelmään. **(Kuvat 5-7).**

S800 I/O -moduulit ovat liitäntä ohjausjärjestelmän ja kenttälaitteiden välillä. Ne muuntavat kenttälaitteiden sähköiset signaalit ohjausjärjestelmän ymmärtämään muotoon ja päinvastoin. Moduuleja on saatavilla eri tyyppejä, kuten digitaalinen tulo, digitaalinen lähtö, analoginen tulo ja analoginen lähtö. Niitä voidaan käyttää monenlaisten kenttälaitteiden, kuten antureiden, venttiilien ja kytkimien liittämiseen.

Pääteyksiköitä käytetään liittämään I/O-moduulit ohjausjärjestelmään. Ne antavat apusähkö/tehoa moduuleille ja toimivat myös sähköisten signaalien kanavana moduulien ja ohjausjärjestelmän välillä. Pääteyksiköitä on saatavana eri kokoisina ja -tyypeinä liitettävien I/O-moduulien lukumäärän mukaan.

S800 I/O -moduulit ja -pääteyksiköt on suunniteltu käytettäväksi vaativissa teollisuusympäristöissä ja ne on rakennettu kestävänsä pitkään käytössä. Ne on myös suunniteltu helposti asennettaviksi ja vaihdettaviksi, mikä minimoi seisokit huollon aikana.

Kaiken kaikkiaan S800 I/O -moduulit ja -pääteyksiköt ovat tärkeä osa System 800xA automaatio- ja ohjausjärjestelmää, ja ne tarjoavat luotettavan ja vankan tavan liittää kenttälaitteet ohjausjärjestelmään. /5/

## 2.5 S800 I/O -moduulipääteyksiköt

S800 I/O mahdollistaa I/O-moduulien ja prosessikaapeloinnin helpon asennuksen. S800 I/O on jaettu modulaarisena I/O:na, jossa on useita kommunikointitapoja kuten PROFIBUS-DP:n, Advant Fieldbus 100:n (AF100). S800 I/O:ta voidaan käyttää sekä yksittäisissä että redundanteissa sovelluksissa.

Moduulipääteyksiköt (MTU - Module Termination Units) ovat passiivisia perusyksiköitä, joita käytetään I/O-moduulin sijoittamiseen. Ne sisältävät prosessijohdotusliittimet ja osan ModuleBusia. MTU:t jakavat ModuleBusin I/O-moduuleille ja seuraaville MTU:lle. Se myös luo oikean osoitteen I/O-moduulille siirtämällä lähtevät sijaintisignaalit seuraavalle MTU:lle.

Jokaista MTU:ta käytetään tietyn tyyppisten I/O-moduulien kanssa. Kaksi mekaanista avainta käytetään MTU:n konfigurointiin erityyppisille I/O-moduuleille. Tämä on pelkästään mekaaninen konfiguraatio, eikä se vaikuta MTU:n ja I/O-moduulin toimivuuteen. Jokaisella avaimella on kuusi asentoa, joka antaa yhteensä 36 erilaista asentoa. Asentoja voidaan muuttaa ruuvimeisselillä. MTU voidaan asentaa tavalliseen DIN-kiskoon. Siinä on mekaaninen salpa, joka lukittuu MTU:n DIN-kiskoon. Salpa voidaan avata ruuvimeisselillä. MTU:ssa on mekaaninen lukitusmekanismi, joka lukitsee I/O-moduulin paikoilleen. Tämä mekanismi antaa myös signaalin BLOCK I/O -moduulille, joka pitää moduulin alkutilassaan. Lukitus poistuu vasta kun lukitusmekanismilla I/O -moduuli on lukittu paikoilleen.

MTU:ista on saatavilla kolme versiota (Compact, Extended ja Redundant). Compact MTU -versio mahdollistaa tyypillisesti I/O-moduulien kompaktin asennuksen käyttämällä 1-johdinkytkentä. Extended MTU -versio mahdollistaa täydellisemmän asennuksen MTU:hun. Se sisältää 3-johdinkytkennän, sulakkeet ja kenttäpiirin virranjakelun. Redundant MTU:ita käytetään redundanteissa I/O -sovelluksissa. MTU:ssa on tilaa kahdelle I/O-moduulille erillisissä ModuleBuseissa.

MTU:n yhdistäminen ModuleBus -isäntälaitteeseen, klusterimodeemiin tai toiseen MTU:hun määrittää automaattisesti kyseisen MTU:n osoitteenvainnan. Ei tarvita erillisiä johtimia tai kytkimiä, jotka on asetettava ennen I/O-moduulin asennamista. /5/

Taulukko 2. MTU:n käyttö- ja avainasetukset.

Module Type	TU810V1	TU812V1 TU814V1 Compact	TU818 Compact	TU819 Compact	TU811V1 TU813 Compact	TU830V1 TU833 Extended	TU831V1 Extended	TU834 Extended	TU835V1 Extended	TU836V1 TU837V1 Extended	TU838 Extended	TU839 Extended	TU842 TU843 TU852 Redundant	TU844 TU845 TU854 Redundant	TU850 Extended	TU851 Extended	Mech. Key Setting	
																	Key 1	Key 2
AI810	X	X	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	A	E
AI815	X	X	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	C	C
AI820	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B
AI825	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	A
AI830A	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	F
AI835A	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A
AI843	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	B	A
AI845	X	X	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	C	C
AI880A	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	F	D
AO810V2	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	E
AO815	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	B
AO820	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	C
AO845A	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	D	B
DI810	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	A	A
DI811	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	B	D
DI814	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	B	E
DI818	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	A
DI820	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	A	B
DI821	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	A	C
DI825	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	A	B
DI828	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	E	B
DI830	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	A	A
DI831	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	B	D
DI840	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	C	D
DI880	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>2</sup>	-	-	X <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	X <sup>2</sup>	-	-	-	F	F
DI885	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	F
DO810	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A
DO814	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	B	E
DO815	X	X <sup>3</sup>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A
DO818	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	A
DO820	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	A	D
DO821	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	C	A
DO828	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	E	D
DO840	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	C	E
DO880	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	E
DP820	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B
DP840	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	C	F

X<sup>1</sup>. Jos käytetään yksittäisiä Compact MTU:ita (TU810V1, TU812V1 tai TU814V1), katso tekninen kuvaus 3BSE050455.

X<sup>2</sup>. Jos lähteviä anturitarvikkeita ei käytetä anturin syöttämiseen kentällä, katso tekninen kuvaus 3BSE050455.

X<sup>3</sup>. TU812V1:tä ei suositella suurimman nimellisvirran vuoksi.

#### **TU810V1 Compact MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU810V1 on 16-kanavainen kompakti moduulipääteyksikkö. TU810V1:ssä on kolme riviä liittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle.

#### **TU812V1 Compact MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU812 on 16-kanavainen kompakti moduulipääteyksikkö. TU812:ssa on 25-nastainen D-Sub -liitin kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännöille.

#### **TU814V1 Compact MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU814 on 16-kanavainen kompakti moduulipääteyksikkö. TU814:ssä on kolme riviä puristettavia snap-in -liittimiä kenttäsignaaleja ja prosessiteholiitännöjä varten.

#### **TU818 Compact MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU818 on 32-kanavainen kompakti moduulipääteyksikkö. Se koostuu 40 ruuviliitimestä prosessiliitännöihin.

#### **TU819 Compact MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU819 on 32-kanavainen kompakti moduulipääteyksikkö. Se koostuu kahdesta D-sub 25-napaisesta liittimestä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännöille, joka mahdollistaa yhteyden Phoenix Variofaceen, ABB Interfaceen.

#### **TU830V1 Extended MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU830 on 16-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU830:ssä on kolme riviä liittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle.

#### **TU831V1 Extended MTU 250 voltin sovelluksiin**

TU831 on 8-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU831:ssä on kaksi riviä liittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle.

#### **TU833 Extended MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU833 on 16-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU833:ssa on kolme riviä jousikoteloliittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle.

#### **TU834 Extended MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU834 on 8-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. MTU:ssa on kaksi riviä liittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle. MTU:ssa on paikka 8:lle vaihdettavalle shunttikulle (eli yksi shunttikku kanavaa kohti) tulon muuntamista varten virtasignaalista jännitesignaaliksi.

#### **TU835V1 Extended MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU835 on 8-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU835:ssä on kaksi riviä liittimiä prosessiteholiitääntää varten ja yksi rivi kenttäsignaaliliitääntöjä. Jokaisella kanavalla on yksi sulake (3 A Max.), lähettimen teholiitin ja yksi signaaliterminaali. Prosessijännite voidaan kytkeä kahteen erikseen eristettyyn ryhmään.

#### **TU836V1 Extended MTU 250 voltin sovelluksiin**

TU836 on 8-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU836:ssa on kaksi riviä liittimiä kenttäsignaaleja ja prosessiteholiitääntää varten. Jokaisella kanavalla on yksi sulake (3 A Max.), teholiitin ja yksi signaalin paluuliitin. Prosessijännite voi olla yhdistetty kahteen yksilöllisesti eristettyyn ryhmään.



**TU837V1 Extended MTU 250 voltin sovelluksiin**

TU837 on 8-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU837:ssä on kaksi riviä kenttäsignaaleja ja prosessiteholiitää varten. Jokaisella kanavalla on yksi sulake (3 A Max.), teholiitin ja kaksi signaaliliitintä. Prosessijännitteen palautuksen voi yhdistää kahteen erikseen eristettyyn ryhmään.

**TU838 Extended MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU838 on 16-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU838:ssa on kaksi riviä liittimiä kenttäsignaaleja ja prosessiteholiitää varten. Jokaisella kanavalla on yksi sulake (3 A Max.), lähettimen teholiitin ja yksi signaaliliitin. Prosessin jännite voidaan yhdistää kahteen erikseen eristettyyn ryhmään.

**TU839 Extended MTU 250 voltin sovelluksiin**

TU839 on 8-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU839:ssä on kaksi riviä liittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle. Jokaisella kanavalla on yksi anturi, teholiitin ja kaksi signaaliliitintä. Prosessijännite voidaan kytkeä kahteen erilliseen ryhmään.

**TU850 Extended MTU 50 voltin sovelluksiin**

TU850 on 16-kanavainen laajennettu moduulipääteyksikkö. TU850:ssä on kaksi riviä liittimiä kenttäsignaaleille ja prosessiteholiitännälle. Jokaisella kanavalla on yksi virtarajoitettu anturin / lähettimen teholiitin ja yksi signaaliliitin. Prosessin jännite voidaan yhdistää kahteen erikseen eristettyyn ryhmään

**TU851 Extended MTU 250 voltin sovelluksiin**

TU851 250V Extended MTU, joka mahdollistaa enintään 16 eristettyä I/O-kanavaa ja prosessijänniteliitännät. Siinä on 32-napainen ruuviliitin prosessiliitännöjä varten.

TU810 MTU:n ja TU830V1 MTU:n fyysisiä eroja pystyy tarkastelemaan kuvista 5 ja 6. Molemmat MTU:t ovat 16-kanavaisia, mutta erona on, että TU830V1 pystyy tekemään kolmijohdinkytkentöjä, kun TU810 vain kaksijohdinkytkentöjä. TU830V1:ssä on kolmessa rivissä liittimiä, jotka on merkitty A, B ja C -riveinä. A -rivi toimii TU830V1 MTU:ssa takaisintulona ja B -rivi toimii 24VDC:n tehon syötönä. C -rivissä on sisääntulosignaali jännitteelle ja virralle. TU810 MTU:ssa on myös kolme riviä liittimiä - A, B ja C, mutta eroina on liittimien määrä, koska kyseessä on Compact -versio. A -rivi toimii TU810 MTU:ssa takaisintulona. B -rivi toimii virtasisääntulona ja C jännitesisääntulona. TU838 MTU:ssa on kaksi riviä rivi-liittimiä, jotka on merkitty A- ja B -riveiksi. A-rivillä on kentälle 24VDC sekä 0VDC ja B-rivillä on jännitteelle ja virralle sisääntulosignaalit. TU830 ja TU838 eroavat toisistaan siten, että TU838:ssa on jokaiselle kanavalle oma sulake.

**Taulukko 3.** AI810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi.

Process Connection	TU810V1 TU814V1Compact	TU830V1 TU833 Extended	TU838 Extended
24 VDC	L1+ (2)	L1+ (2)	L1+ (2)
0 VDC	L1-	L1- (2)	L1- (2)
Ch1, L1+	-	B1, B2	A1 (F1)
Ch1, Voltage Input	C1	C1	B1
Ch1, Current Input	B1	C2	B2
Ch1, Return (ZP)	A1	A1, A2	A2

**Taulukko 4.** AO810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi.

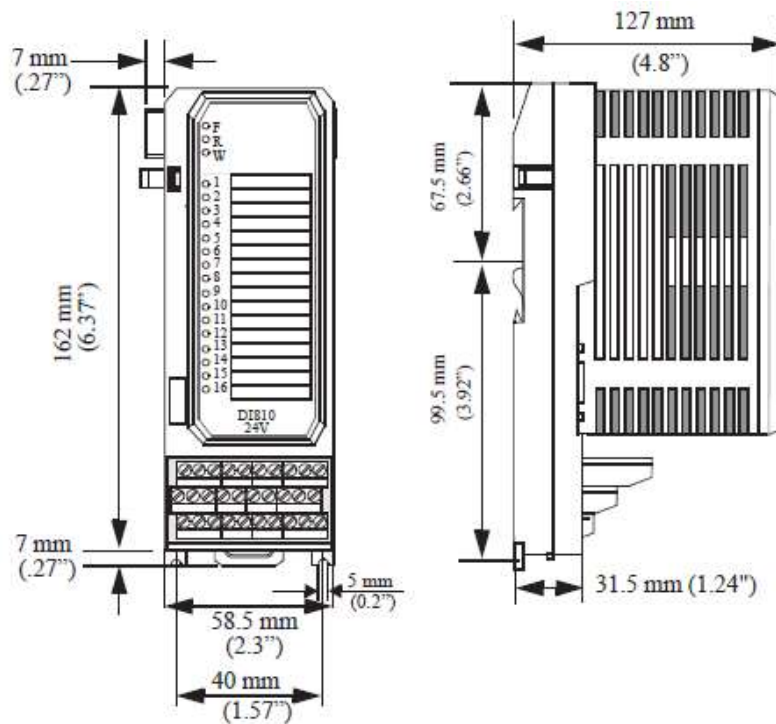
	Process Connection	TU810V1 TU814V1Compact	TU830V1 TU833 Extended
Ch1, + Output		C1	C1
Ch1, Return (ZP)		A1	A1, A2

**Taulukko 5.** DI810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi.

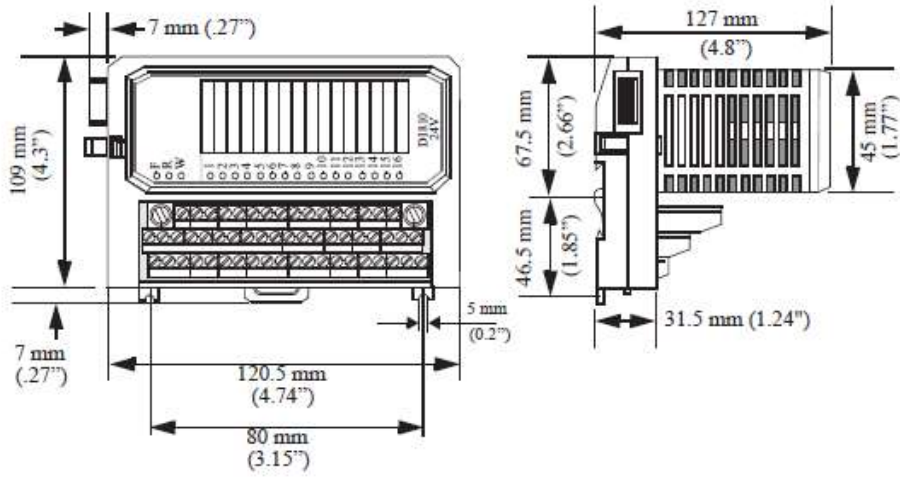
	Process Connection	TU810V1 TU814V1Compact	TU830V1 TU833 Extended	TU838 Extended
24 VDC		L1+ (2)	L1+ (2)	L1+ (2)
0 VDC		L1-	L1- (2)	L1- (2)
Ch1/Ch2, L1+		-	B1, B2	A1 (F1)
Ch1, Input		C1	C1	B1
Ch2, Input		B1	C2	B2
Ch1/Ch2, L1-		A1	A1, A2	A2

**Taulukko 6.** DO810 -moduulin prosessikytkennät kanavalla yksi.

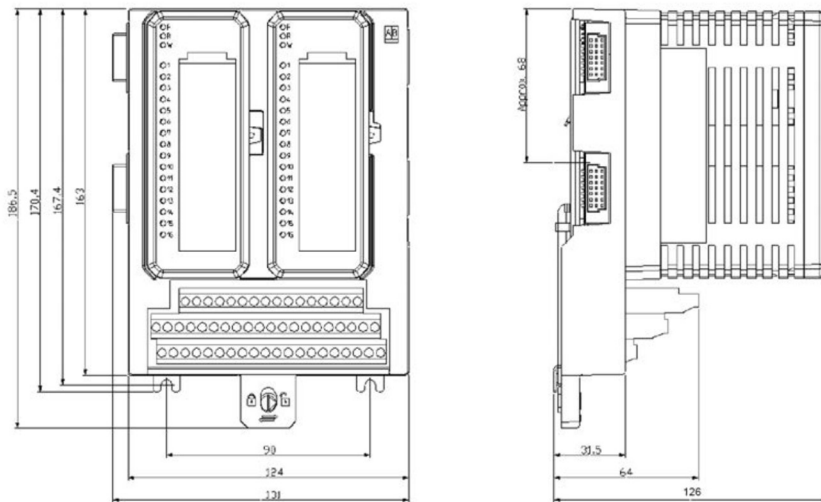
	Process Connection	
	TU810V1 TU814V1 Compact	TU830V1 TU833 Extended
24 VDC	L1+ (2)	L1+ (2)
0 VDC	L1-	L1- (2)
Ch1/Ch2, L1+	-	B1, B2
Ch1, Output	C1	C1
Ch2, Output	B1	C2
Ch1/Ch2, L1-	A1	A1, A2



**Kuva 5.** Compact MTU I/O-moduulilla.



Kuva 6. Extended MTU I/O-moduulilla.



Kuva 7. Redundant MTU I/O-moduulilla.

## 2.6 S800 I/O -moduulit

I/O-moduuleissa muovikotelot ovat avoimesti tuuletetut. Kaikissa I/O-moduuleissa on vähintään kolme LED-merkkivaloa (FAULT, RUN ja WARNING), jotka kertovat moduulin tilan. Lisäksi joissakin moduuleissa on OSP- tai PRIMARY -merkkivalot.

I/O-moduulit voidaan vaihtaa täysin toimivassa I/O-asemassa. Mekaaninen avain moduuleissa ja MTU:ssa suojaavat I/O-moduuleja asettumiselta paikkoihin, joissa ne voivat vaurioitua liiallisesta jännitteestä tai virrasta. Sähköinen tyyppimerkintätunnus (ID) jokaisessa moduulissa estää I/O-moduulia ottamasta käyttöön ModuuleBus-isännän toimesta, jos moduulin tunnus ei vastaa määritettyä moduulityypin määritelmää. On olemassa moduuleja sekä yksittäisiin että redundanttisiin soveluksiin. /5/

### **AI810 Analogiatulomoduuli**

AI810-moduulissa on 8 analogista virta- ja jännitesisääntuloa. Sisääntulot ovat valinnaisia jokaisessa kanavassa, sillä joko virta tai jännite voidaan mitata. Virtatulo kestää oikosulun ilman vaurioita. Sisääntulot kestävät HART-kommunikaation. Nimmellistuloalueet ovat 0(4) ...+20mA, 0(2) ...+10V.

### **AI815 Analogiatulomoduuli**

AI815-moduulissa on 8 analogista virta- ja jännitesisääntuloa. Sisääntulot voidaan konfiguroida virralle tai jännitteelle. Moduulilla on HART-läpivientitoiminto. Nimmellistuloalueet ovat 0(4) ...+20mA, 0(2) ...+5V.

### **AI830A RTD-tulomoduuli**

AI830A RTD -moduulissa on 8 RTD (Pt100, Cu10, Ni100, Ni200 ja vastus) sisääntuloa. Sisääntulossa onnistuu 3-johdinkytkentä RTD:hen. Sisääntuloja monitoroidaan avoimen piirin sekä oikosulun varalta. Myös vertailukanavaa ja sisäistä syöttoa valvotaan.

### **AI835A Termopari/m-tulomoduuli**

AI835A termopari/mV -moduulissa on 8 erilaista sisääntuloa termopari/mV -mittauksille. Yksi kanava (kanava 8) voidaan konfiguroida "Cold Junction" (kylmäliitos) lämpötilamittaukselle, jolloin se toimii CJ-kanavana muille kanaville moduulissa. Kaikkia kahdeksaa kanavaa voidaan käyttää, mikäli CJ-lämpötilamittausta ei tarvita.

Kylmäliitos on kohta, jossa termopari liitetään instrumentin kupariliitäntöihin.

### **A0810V2 Analogialähtömoduuli**

A0810V2-moduulissa on 8 virtalähtöä. Lähtöjen tila voidaan asettaa ennalta määrättyyn (OSP) arvoon, jos tietoliikennevirhe havaitaan. Nimellislähtöalue on 0(4) ...+20mA.

### **A0815 Analogialähtömoduuli**

A0815-moduulissa on 8 analogista lähtöä. Lähtöjen tila voidaan asettaa ennalta määrätyn (OSP) arvon, jos tietoliikennevirhe havaitaan. Moduulilla on HART-läpivientitoiminto. Nimellislähtöalue on 4...20 mA.

### **DI810 Digitaalitulomoduuli**

DI810-moduulissa on 16 kanavaa 24 VDC varten. Tulot on jaettu kahteen eristettyyn kahdeksan kanavan ryhmään, joissa on jännitteenvolttatulo jokaiselle ryhmälle. Jokainen tulokanava tarjoaa virranrajoituksen, EMC-suojauksen ja tulotilan LED-merkkivalon sekä optisen eristyksen ModuleBusista.

### **DI830 Digitaalitulomoduuli**

DI830-moduulissa on 16 kanavaa 24 VDC varten. Moduulissa on digitaalituloja ja tapahtumajärjestyksen (SOE) käsittelyominaisuus. Tapahtumien järjestyksen aika-  
leima on 0,4 ms resoluutio jokaiselle tulokanavalle. Tulot on jaettu kahteen eristettyyn kahdeksan kanavan ryhmään, joissa on jännitteenvolttatulo jokaiselle

ryhmälle. Jokainen tulokanava tarjoaa virranrajoituksen, EMC-suojauksen ja tulo-tilan LED-merkkivalon sekä optisen eristyksen ModuleBusista.

#### **DO810 Digitaalilähtömoduuli**

DI810-moduulissa on 16 kanavaa 24 VDC varten. Tulot on jaettu kahteen eristettyyn kahdeksan kanavan ryhmään, joissa on jännitteenvolventatulo jokaiselle ryhmälle. Jokainen lähtökanava tarjoaa suojaa maasulkua vastaan, ylijännitettä, yllämpötilaa, EMC-suojasta. Lähtökanava tarjoaa lähtötilan LED-ilmaisimen ja optisen eristyksen ModuleBusista.

#### **DO815 Digitaalilähtömoduuli**

DI815-moduulissa on 8 kanavaa 24 VDC varten. Tulot on jaettu kahteen eristettyyn neljän kanavan ryhmään, joissa on jännitteenvolventatulo jokaiselle ryhmälle. Jokainen lähtökanava tarjoaa suojaa maasulkua vastaan, ylijännitettä, yllämpötilaa, EMC-suojasta. Lähtökanava tarjoaa lähtötilan LED-ilmaisimen ja optisen eristyksen ModuleBusista. Lähtöjen tila voidaan asettaa ennalta määrättyyn (OSP) arvoon, jos kommunikatiohäiriö havaitaan.

#### **DP820 Inkrementaalinen pulssilaskurin moduuli**

DP820 on kaksikanavainen pulssin laskentamoduuli inkrementaalisille pulssilähettilimille jopa 1,5 MHz:iin. Jokainen kanava sisältää laskurin ja rekisterin sijainnille/pituudelle ja nopeuden-/taajuuden mittaukselle. Jokainen kanava tarjoaa kolme balansoitua tuloa pulssilähtetimen kytkentään, yhden digitaalitulon ja yhden digitaalilähdön. Pulssilähtetimet RS422, +5 V, +12 V, +24 V ja 13 mA liitännöillä voidaan kytkeä DP820:een.



### **DP840 Inkrementaalinen pulssilaskurin moduuli**

DP840:ssä on 8 kanavaa ja jokainen kanava voidaan konfiguroida pulssilaskennan tai -taajuuden mittaukseen. Tulosignaalien maksimitaajuus on 20 kHz. Tuloja voidaan myös lukea digitaalisina tulosignaaleina. Tulosignaali-alue NAMUR, 12V ja 24V.

### 3 KAAPELOINNIT JA HÄIRIÖSUOJAUS

Kaapeloinnin tulee kulkea I/O-kaapin sisällä kaapelikourussa ja kaapeli kuoritaan vasta riviliittimille mentäessä. Tällä estetään häiriöitä, joita voi syntyä kaapeleihin I/O-kaapin sisällä eri komponenteista ja johtimista johtuen.

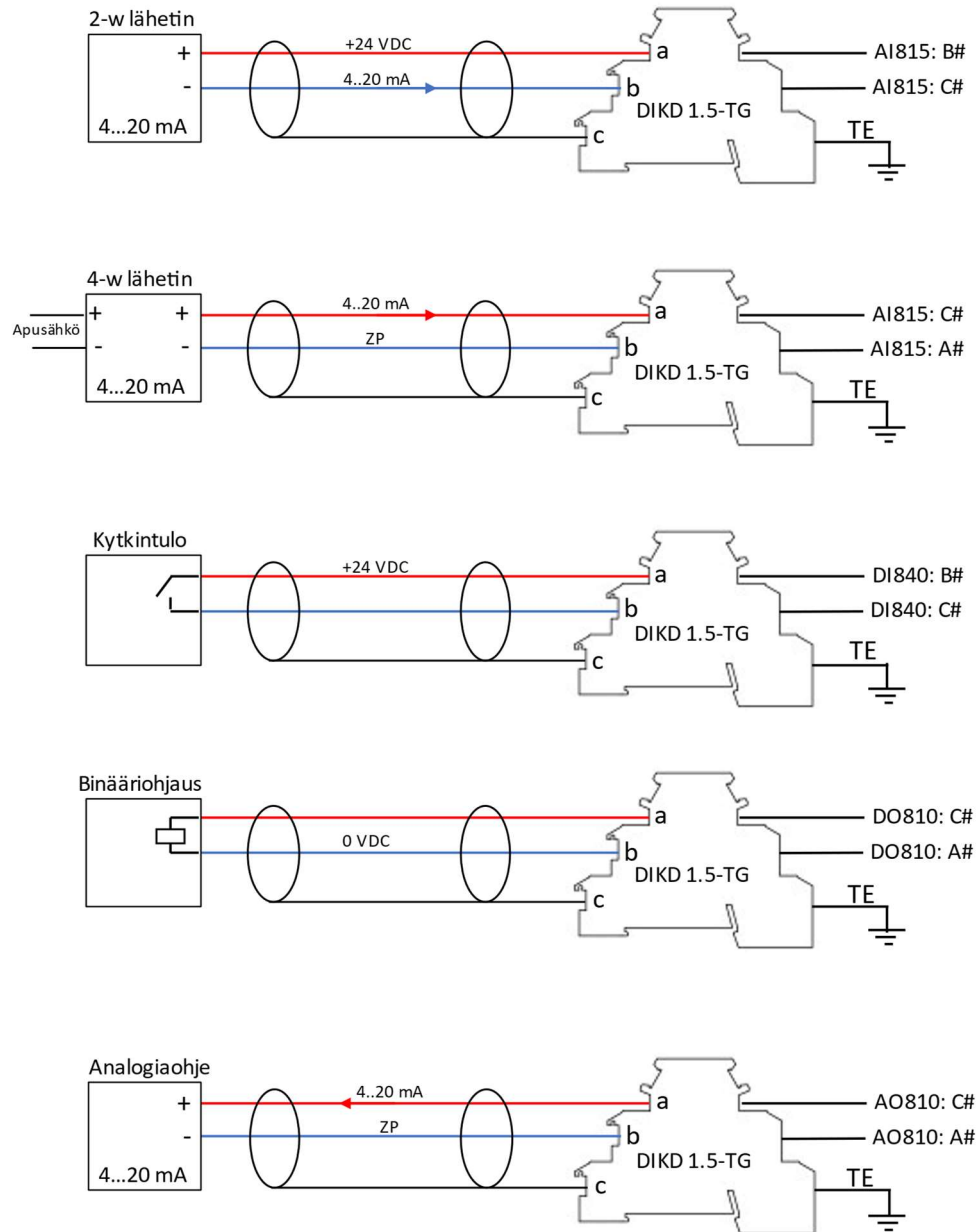
#### 3.1 Sähkönjakelu

Sähkön syöttö tulee kaappiin teholähteisiin pääkytkimien kautta. Kummallakin tehölähteellä on oma pääkytkin. Toiseen tehölähteeseen tulee laitoksen akuston kautta sähkösyöttö. Laitoksen akuston jännite voi olla 24, 110 tai 220 VDC. Teholähteiltä sähkösyöttö kulkee redundanttiyksikköön ja tästä CAPAROC-vikavirtasuojaan. CAPAROC-moduulilta sähköä jaetaan ensimmäisen moduulin kautta TU860 Profinet -moduulille. Muilla CAPAROC-moduuleilla voidaan syöttää sähköä I/O-MTU:ille.

Riviliitin on perinteinen tapa yhdistää kaksi eri johdinta toisiinsa ja ne voidaan irrottaa toisistaan irti tarvittaessa. Riviliittimiä on useilla liitântätekniikoilla, mutta perinteisin on ruuviliitântä. Riviliittimet kiinnitetään DIN-kiskoon. Riviliittimeksi on tässä työssä valittu PHOENIX CONTACT DIKD 1,5-TG -riviliitin. Kyseisessä riviliittimessä on kolme kerrosta, joista yksi (ylin) on katkaistava. Katso kuva 9 riviliittimen kytkentäperiaatteesta. Kaapelin parit kytketään järjestyksessä riviliittimiin eli pari yksi menee liittimeen yksi. Kaapelin parisuoja kytketään aina alimpaan liittimeen ja viedään mustalla langalla TE-kiskoon. Mikäli toimilaitte vaatii erillisen plussan ja miinuksen, ne otetaan viereisestä riviliittimestä. Riviliittimiä laitetaan kaappiin vähintään korttien määrä kertaa kanavien määrä esim.  $12 * 16 = 192$ .

## Kytchentäperiaatteet

Jamakin parit kytketään järjestyksessä; pari 1 liittimeen 1 jne  
 Parin punainen johdin kytketään a – liittimeen (ylin), liitin on katkaistava (plugi)  
 Parin sininen johdin kytketään b -liittimeen (keskimmäinen)  
 Parisuoja kytketään c - liittimeen (alin), jonka kautta parisuoja maadoittuu TE -maadoitukseen



**Kuva 8.** BOP-kytkennät.

Riviliittimiä pitää myös olla riittävästi, että täyttövaste toteutuu. Tämä on yleensä luokkaa 70 %, mutta saattaa vaihdella käyttökohteen vaatimuksien mukaisesti. /6/

### 3.2 Johdonsuojaus

Johdonsuojaus toteutetaan käyttäen Phoenix Contact CAPAROC nimistä elektromekaanista virrankatkaisijaa (**Kuva 9.**). Yksi CAPAROC:n tärkeimmistä ominaisuuksista on sen kompakti muotoilu ja modulaarisuus. Tämä mahdollistaa helpon asennuksen ja huollon. Rikkinäisen moduulin pystyy vaihtamaan helposti järjestelmän ollessa jännitteinen. CAPAROC tukee myös PROFINET-kommunikointia ja IO-Link:iä.

Tehomodulin ja yksittäisten CAPAROC-moduulien välillä on yhteys, joka on muodostettu sivuväyläliittimien avulla. CAPAROC-väylä muodostetaan automaattisesti, kun CAPAROC-moduulit asennetaan CAPAROC virtakiskoihin, jotka on kiinnitetty DIN kiskoon.

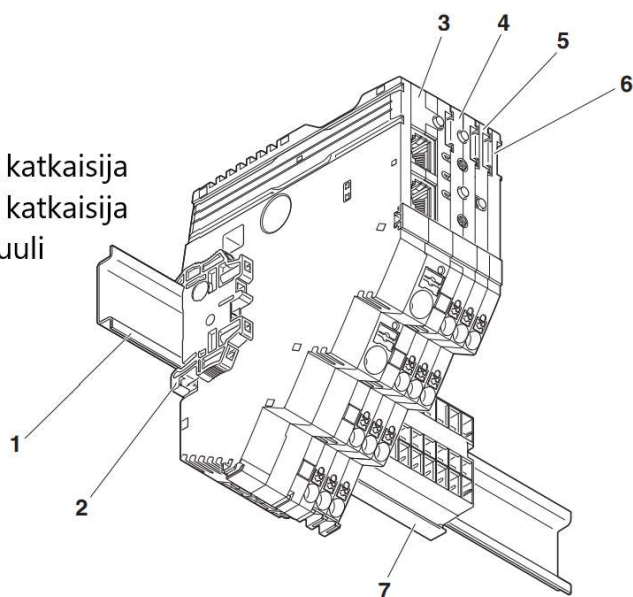
CAPAROC-virtakiskoja voidaan jatkaa jatkopalojen avulla halutun pituiseksi. On otettava huomioon, että CAPAROC-katkaisijamoduulien enimmäismäärä riippuu käytetystä tehomoduulista. (**Taulukko 7.**)

CAPAROC soveltuu käytettäväksi sekä sisä- että ulkotiloissa ja ne on suunniteltu kestäväksi ympäristövaikutuksia, kuten pölyä, kosteutta ja värinää. /7/

**Taulukko 7.** Maksimimäärä katkaisijamoduuleja tehomoduulilla.

Tehomoduli	Kuvaus	Max. määrä
CAPAROC PM S-R	Tehomoduli tila ja resetillä	20 moduulia
CAPAROC PM IOL	Tehomoduli tila ja resetillä	20 moduulia
CAPAROC PM PN	Tehomoduli PROFINET:illä	16 moduulia

1. DIN kisko
2. Päätystuki
3. Tehomoduli
4. 2-kanavainen 2-10 A katkaisija
5. 1-kanavainen 1-10 A katkaisija
6. Potentiaalijakomoduli
7. Virta kisko



**Kuva 9.** Phoenix Contact CAPAROC -ylivirtasuojajärjestelmä.

### 3.2.1 Kaapelointien mahdollistaminen

Kaapelit voivat tulla kaappiin ala- tai yläpuolelta. Kaapin sisällä kaapelit kulkevat kaapelikourua pitkin. Sähkönsyöttö pitää eristää ohjauskaapeleista häiriöiden ehkäisemiseksi. Kaapelit tulee kiinnittää kouruun nippusiteillä tai muulla vastaavalla tavalla. Ristikytkentä tapahtuu omassa kaapelikourussa, joka sijaitsee riviliittimien ja I/O-MTU:n välissä.

### 3.3 Häiriösuojaus

Häiriösuojauksella tarkoitetaan teollisuudessa erilaisia toimenpiteitä ja järjestelmiä, joilla pyritään vähentämään häiriöitä tai estämään niiden vaikutukset eri järjestelmiin ja laitteisiin.

Häiriösuojauksen tavoitteena on minimoida tai estää häiriöiden vaikutukset eri järjestelmiin ja laitteisiin, jotta ne toimivat luotettavasti ja turvallisesti. Tämä on erityisen tärkeää teollisuusympäristöissä, joissa laitteiden ja järjestelmien häiriötömän toiminnan merkitys on korostunut. Esimerkiksi teollisuuslaitoksen tuotannon katkeaminen voi aiheuttaa merkittäviä taloudellisia tappioita.

Häiriösuojauksen menetelmät voivat sisältää esimerkiksi sähkömagneettisten suodattimien, suojakoteloiden, maadoitusten, suojausten ja eristysten käyttöä. Suojauksen tulee olla riittävän tehokasta ja sopeutua kuhunkin ympäristöön ja laitteistoon, jotta se suojaa tehokkaasti häiriöiltä.

Häiriötä voi syntyä esimerkiksi sähkömagneettisista kentistä, sähköstaattisesta varauksesta, lämpötilan vaihteluista, kosteudesta, mekaanisista iskuista tai muista ulkoisista tekijöistä.

Lisäksi häiriösuojauksen merkitys korostuu erityisesti turvallisuuskriittisissä järjestelmissä, kuten esimerkiksi sairaaloiden lääketieteellisissä laitteissa tai lentokoneiden ohjausjärjestelmissä. Tällöin on tärkeää varmistaa, että häiriöt eivät vaikuta laitteiden toimintaan ja siten uhkaa ihmisten turvallisuutta.

### 3.3.1 Suojamaadoitus ja toiminnallinen maadoitus

Sähköjärjestelmissä käytetään suojamaadoituksena TE:tä eli toiminnallista maadoitusta (Technical Earthing) ja PE:tä eli suojamaadoitusta (Protective Earthing).

Toiminnallista maadoitusta (TE) käytetään häiriösuojauksen takia, ei turvallisuuden takia ja se on liitetty MEB-kiskoon. Toiminnallinen maadoitus kaapelissa vähentää sähkömagneettisia häiriöitä (EMI) ja radiotaajuushäiriöitä (RFI). Tämä on erityisen tärkeä monimutkaisissa järjestelmissä, joissa on paljon sähköistä kohinaa ja signaaleja, kuten datakeskuksissa ja teollisuusautomaatiojärjestelmissä.

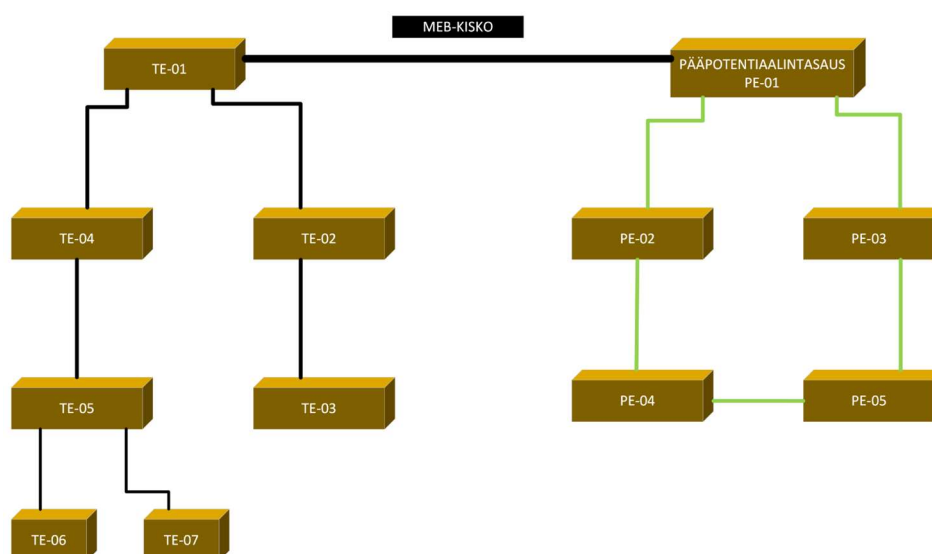
Toiminnallisessa maadoituksessa ei sallita maadoitussilmukoita niiden aiheuttamien häiriöiden takia. **(Kuva 10.)** Kaapelin suojavaippa kytketään TE-kiskoon kaapin puoleisessa päässä eikä kentällä toimilaitteella, koska tällä estetään maadoitussilmukan syntyminen. Maadoitussilmukka tapahtuu, kun piirin kahdella pisteellä on tarkoitus olla sama maavertailupotentiaali, mutta niiden välillä on erilainen potentiaali. Tämä voi johtua siitä, että kahden maadoituspisteen välillä kulkee riittävästi virtaa jännitehäviön aikaansaamiseksi, joka aiheuttaa vuorostaan kahdelle pisteelle eri potentiaalit. Virta saattaa syntyä sähkömagneettisen induktion avulla. /8/

Toiminnallista maadoitusta kannattaa käyttää suojamaadoituksen sijasta mitattavuuden takia, koska sen voi irrottaa PE-kiskosta, jos halutaan mitata, onko johdinsuoja kosketuksessa maapotentiaaliin kentällä.

PE-kisko on kytketty maahan maadoitustangon tai muun maadoitusliitännän kautta ja sitä käytetään tarjoamaan matalaimpedanssinen reitti kaikille järjestelmässä mahdollisesti esiintyvillä vikavirroille. PE-kiskon ja maan välinen sähkövastus on pieni, jotta vikavirta voi virrata nopeasti maahan. Tämä auttaa laukaisemaan nopeasti katkaisijan ja katkaisemaan virran, joka vähentää laitevaurioiden tai henkilövahinkojen riskiä.

Asennuksen kannalta TE- ja PE-kiskot asennetaan tyypillisesti erillisiin koteloihin tai kaappeihin estämään vahingossa tapahtuvaa kosketusta näiden kahden järjestelmän välillä.

On myös tärkeää ymmärtää, että joissakin maissa tai alueilla käytetään erilaisia termejä tai standardeja, mutta näiden kiskojen päätehtävä ja käyttötarkoitus ovat samat. /9/ /10/



**Kuva 10.** TE- ja PE-kytkentä.

### 3.4 Jännitteen alenemat

Jännitteen alenema on tärkeä tekijä turvallisen ja luotettavan laitteiston ja järjestelmien käytön ylläpitämisessä. Jännitteen alenemaa voi esiintyä sähköjakelujärjestelmässä sekä yksittäisten koneiden ja laitteiden johdotuksessa ja komponenteissa.

Jännitteen alenema voi johtua monista tekijöistä, kuten johdon pituudesta tai sähköpiirin komponenttien impedanssista. Lisäksi jännitteen alenemaa voi esiintyä silloin, kun useita koneita on kytketty samaan teholähteeseen. Tämä voi johtaa alenuneisiin jännitetasoihin, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti laitteiston suorituskykyyn ja saattavat jopa aiheuttaa laitteiston vaurioitumisen.



Jännitteen alenema voi myös aiheuttaa ylikuumentumista ja lisääntyneitä energi-ankulutusta, kun laitteiston on tehtävä enemmän töitä kompensoidakseen alentuneet jännitetasot. Tämä voi johtaa korkeampiin ylläpitokustannuksiin ja lyhennää laitteiston käyttöikää.

Jännitteen aleneman hallintaan voidaan käyttää useita erilaisia tekniikoita. Niihin voi kuulua esimerkiksi suurempien johdinkokojen käyttö, johdon pituuden lyhentäminen ja alhaisemman impedanssin omaavien sähkökomponenttien käyttö.  
/11/

Jännitteen alenemat on laskettu NOMAK- ja JAMAK-tyyppisille halogeenivapaille kaapeleille käyttäen Excel-laskentatyökalua. **(Taulukko 8.)**

**Taulukko 8.** Jännitteen aleneman ja maksietäisyyden laskeminen.

		NOMAK-HF C-PRo	JAMAK-HF Dca
Silmukkaresistanssi, maks.	$\Omega/\text{km}$	81,00	81,00
Ominaisimpedanssi	$\Omega/\text{km}$	90,00	70,00
Käyttö jännite	VDC	24,00	
Virta	A	0,50	
Etäisyys	m	100,000	
Jännitteen alenema R	%	16,875	16,88
Jännitteen alenema R	$\Delta Vd$	4,05	4,05
Jänniteenalenema toimilaitteella R	Vdc	19,95	19,95
Jännitteen alenema Z	%	18,75	14,58
Jännitteen alenema Z	$\Delta Vd$	4,50	3,50
Jänniteenalenema toimilaitteella Z	Vdc	19,50	20,50
Max lämpötila	$^{\circ}\text{C}$	70,00	70,00
		NOMAK-HF C-PRo	JAMAK-HF Dca
Käyttö jännite	VDC	24,00	
Jänniteenalenema toimilaitteella	Vdc	23,50	
Virta	A	0,500	
Resistanssi	$\Omega/\text{km}$	81,000	81,000
Impedanssi	$\Omega/\text{km}$	90,000	70,000
Max etäisyys R	m	12,3457	12,3457
Max etäisyys Z	m	11,11	14,29

Oranssilla pohjalla olevia arvoja muuttamalla voidaan tarkastella jännitteen alenemaa ja kuinka se vaikuttaa esim. maksimi kaapelin pituuteen.

### 3.4.1 Kaapelin jännitehäviöt binääritulon toimimiseksi

Jokainen I/O-moduulityyppi toimii eri lailla ja siksi tämä tieto on tärkeää tarkastaa jokaiselta I/O-moduulilta manuaalista.

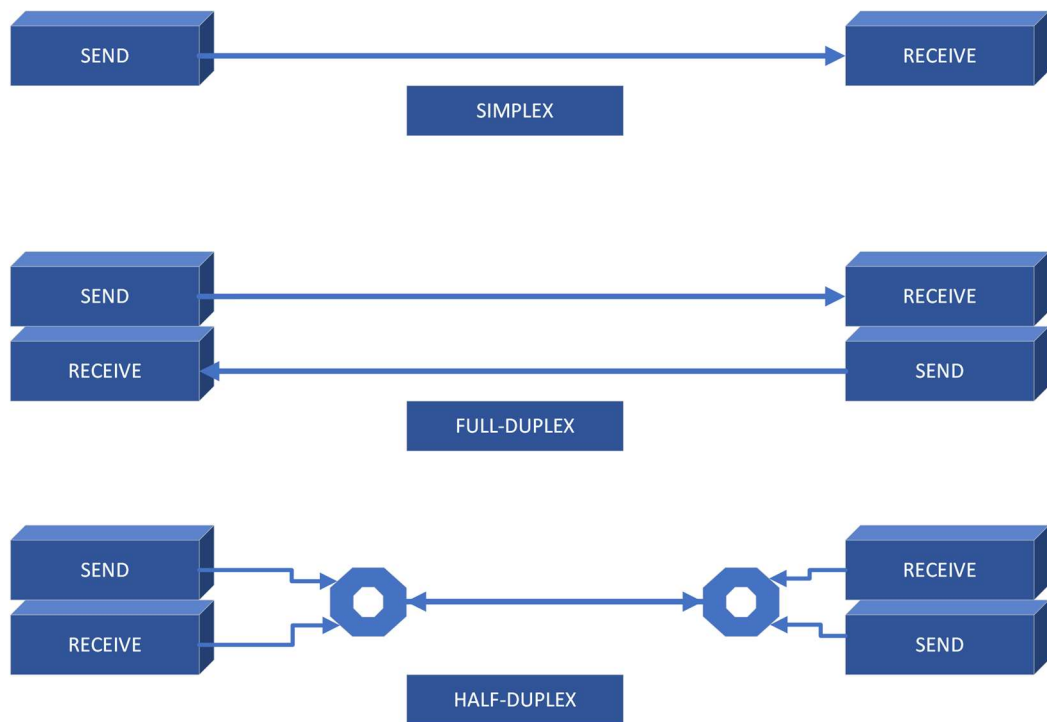
Esimerkkinä DI810-moduulilla jännitebittitieto yksi tunnistetaan 15 - 30 VDC alueelta ja bittitieto nolla tunnistetaan -30 - (+5) VDC alueelta. Virralla bittitieto tunnustetaan tilaan yksi, kun virta on suurempi kuin 3.0mA. Nolla-tila tunnustetaan, kun virta on vähemmän kuin 1.0mA.

### 3.5 Ethernet ja valokuitu

Ethernet ja kuitukaapelit pitää asentaa siten, ettei tule liian tiukkoja käännöksiä asennuksessa.

Ethernet -kaapeleina voidaan käyttää CAT5e- tai CAT6-kaapelia. Näillä kaapeleilla on erona se, että CAT5e tukee 100Mhz:n taajuutta, kun taas CAT6 tukee 250Mhz:n taajuutta. Tämä tarkoittaa, että CAT6 pystyy käsittelemään huomattavasti enemmän dataa samassa ajassa kuin CAT5e. Koska CAT6 toimii 250Mhz taajuudella, se pystyy tarjoamaan 10-Gigabitin Ethernetin, kun taas CAT5e vain 1-Gigabitin Ethernetin. /12/

Valokuitukaapeleita on kolmenlaisia: simplex, half-duplex ja full-duplex. Simplex-valokuitukaapeli pystyy siirtämään dataa yhteen suuntaan. Half-duplex-valokuitukaapeli pystyy siirtämään dataa kahteen suuntaan, mutta ei samanaikaisesti. Full-duplex pystyy siirtämään dataa kahteen suuntaan samanaikaisesti. Simplex ja half-duplex käyttävät molemmat vain yhtä valokuitua, kun taas full-duplex käyttää kahta valokuitua. /13/ (**Kuva 11.**)



**Kuva 11.** Valokuitutyypit.

### 3.5.1 Kenttäväylätietoliikenneliitäntä

Kenttäväylätietoliikenneliitäntä (FCI) yhdistää I/O-aseman teolliseen Ethernet-I/O-verkkoon. FCI kommunikoi I/O-yksiköiden kanssa ja antaa niille virtaa moduuliväylän kautta.

TU860 MTU yhdistää jopa 12 yksittäistä tai redundanttia I/O-moduulia ja moduulin pääteyksikköä (MTU). Se isännöi yksittäisiä tai redundantteja Ethernet-sovittimia (TC810, TC811) ja Ethernet FCI -tietoliikenneliitäntämoduuleja (CI845s) luotettavaa tiedonsiirtoa varten AC 800M -prosessiohjaimien kanssa. TU865:ssä on myös valinnainen High Integrity -moduuli (HI880) käytettäväksi SIL 3 -turvasoveluksissa. **(Kuvat 12-13.)**

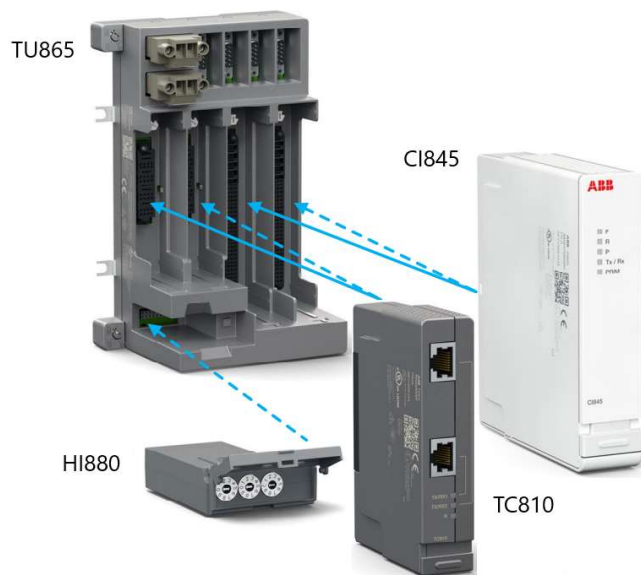
CI845 Ethernet Fieldbus Communication Interface -moduuli (FCI) vastaa S800 I/O:n tai Select I/O:n tiedonsiirrosta AC 800M -ohjaimiin.

TC810 ja TC811 ovat Ethernet-sovittimia, joissa on kummassakin sisäänrakennettu 2-porttinen kytkin. Erona näillä on, että TC810 on Ethernet-sovitin kuparimedialle ja kytkin on RJ45 ja TC811 on Ethernet-sovitin valokuitumerialle. Taulukko 9 esittää suurimman sallitun käyttölämpötilan.

Redundanttia konfigurointia varten tarvitaan kaksi FCI CI845 moduulia, kaksi jompaa kumpaa tyyppiä olevaa Ethernet-sovitinta TC810 tai TC811 ja yksi TU860 tai yksi TU865. Tätä kokonaisuutta kutsutaan FCI-MTU:si ja kun tähän lisätään I/O-MTU:t niin sitä kutsutaan klusteriksi. /14/



**Kuva 12.** TU865 redundantilla TC811, redundantilla CI845 ja HI880-moduulilla.



**Kuva 13.** Kenttäväyläliittymän kokoaminen.

**Taulukko 9.** Ethernet-sovittimen suurin sallittu käyttölämpötila.

Ethernet-sovitin	Max. määrä I/O-MTU per FCI	Max. operating temperature
TC810	1 .. 7	70 °C
	8 .. 12	65 °C
TC811	1 .. 7	65 °C
	8 .. 12	60 °C

## 4 I/O- JA PLC-KAAPIN SISÄINEN SIOITTELU

I/O- ja PLC-kaapin sisäisestä sijoittelusta on useita versiota piirretty ja niistä muutama on valittu jatkokäsittelyyn. Sijoittelulta edellytetään yksinkertaisuutta ja että se on helppo valmistaa. Tällä tavalla voidaan nopeuttaa kaapin valmistumista. Komponentit on pyrittävä sijoittamaan I/O- sekä PLC-kaappeihin siten, että johtimien reitit ovat mahdollisimman lyhyet ja tilankäyttö optimoidaan, jotta kaappiin jää tyhjää tilaa myöhempää laajennusmahdollisuutta varten.

Suunnittelussa pitää ottaa huomioon, että suurin sallittu lämpötila kotelon/kaapin I/O-aseman lähellä on 70 °C kaikentyyppisille moduuleille.

### 4.1 I/O-kaapin sisäinen sijoittelu

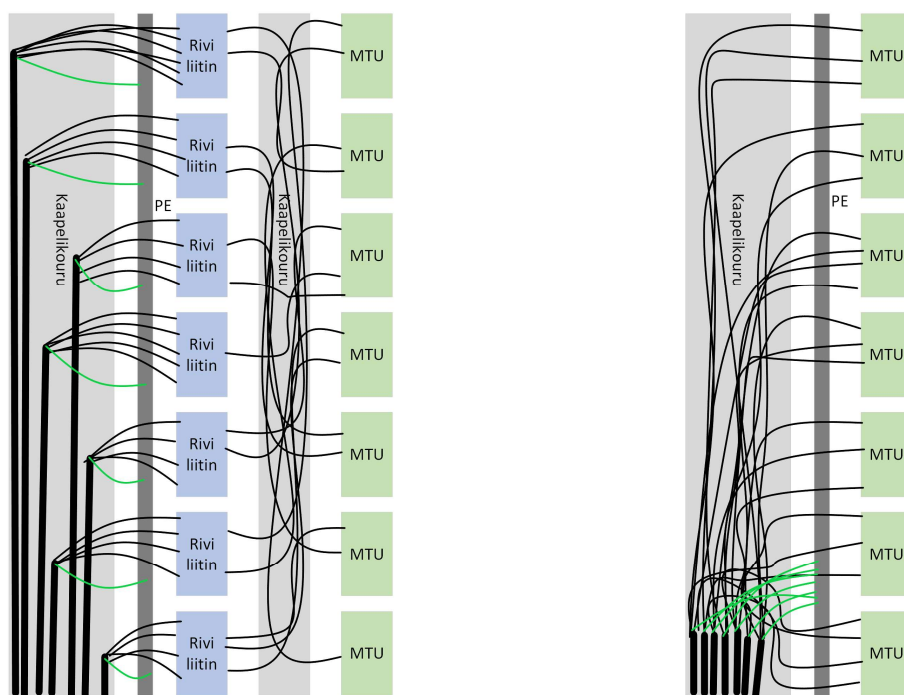
I/O-kaapin kaikki kaapelikourut ovat 100 mm syviä. Yksi 60 mm leveä kaapelikouru on tarkoitettu ristikytkennälle, joka on riviliittimien ja I/O-MTU:iden välillä. Ristikytkennällä tarkoitetaan riviliittimien ja I/O-MTU:n välistä kytkentää ja tätä kytkentää varten tarvitaan kaapelikouru, jotta johtimet voidaan viedä sen sisällä oikeisiin paikkoihin. Runkokaapeli kytketään numerojärjestyksessä sille tarkoitettuun riviliitinpakkaan. Tällä nopeutetaan kentällä tehtävää kytkentää, koska ristikytkentä voidaan tehdä kaapin kokoamisvaiheessa. **(Kuva 14.)** Runkokaapelille on oma 120 mm leveä kaapelikouru, joka ulottuu kaapin pohjasta yläosaan saakka ja tulee riviliittimen viereen helpon kytkennän vuoksi. Runkokaapelin kaapelikourun ja riviliittimen väliin tulee PE-kisko. Runkokaapelin vaippasuojat yhdistetään suojausmaadoitukseen ja parisuojat yhdistetään toiminnalliseen maadoitukseen.

Sähkön syöttö tulee kaapin vasempaan kylkeen ylänurkkaan nokkakytkimille ja siitä tehomuuntajille. Ennen kuin sähkö viedään tehomuuntajilta CAPAROC:ille, se kulkee redundanssikytkimen kautta. CAPAROC:illa syötetään sähköä TU860:lle ja I/O-MTU:ille. Jokaiselle TU860- ja I/O-MTU -paketille tulee oma CAPAROC-paketti.

Sähkönsyöttökaapeli pitää eristää muista johtimista häiriön ehkäisemiseksi. Tämä tapahtuu siten, että kaapelikouruun, jossa kaapeli kulkee, asennetaan pienempi 20 mm leveä ja 40 mm syvä kaapelikouru, jossa sähkönsyöttökaapeli voi kulkea.

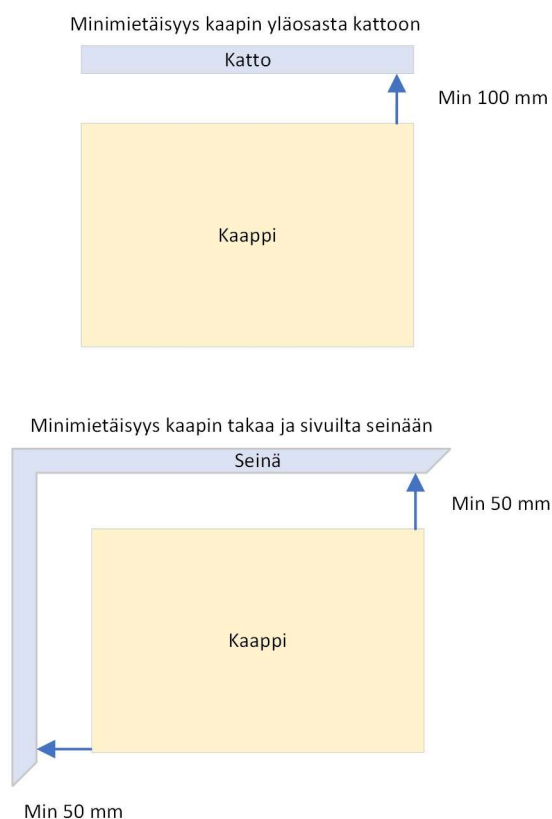
I/O-kaappi vaatii minimissään 50 mm tyhjää tilaa seinästä ja vähintään 100 mm tyhjää tilaa katosta. Tämä auttaa lämmön siirtymisessä. **(Kuva 15.)** Kaappi on sijoitettava vakaalle alustalle ja se kiinnitetään pulttaamalla tai hitsaamalla rakennuksen lattiaan.

Pistorasia asetetaan kaapin vasempaan kylkeen alhaalle ja kiinnitetään DIN-kiskoon. Patchbox asetetaan kaapin oikeaan kylkeen alhaalle. Patchboxin yläpuolelle asetetaan RJ45-kytkin ja valokuitumerialle oma kytkin.



**Kuva 14.** Ristikytkentä ja ilman ristikytkentää.





**Kuva 15.** Minimietäisyydet kaapilla seinään ja kattoon.

#### 4.2 PLC-kaapin sisäinen sijoittelu

PLC-kaappi on muuten sama kuin I/O-kaappi, mutta erona on vain sisäiset komponentit ja niiden sijoittelu. PLC-kaapissa kaikki kaapelikourut ovat leveydeltään 40 mm ja syvyydeltään 80 mm. Kaapelikouruja tulee kaksi kappaletta, toinen pohjalevyn vasemmalle ja toinen oikealle puolelle. Kaapelikouru ulottuu kaapin pohjasta yläosaan saakka. Kaapin yläpuolelle ja alapuolelle tulee kaapelikourut poikittain.

Sähkösyöttö tulee kaapin pohjalevyn yläosaan, missä on kaksi nokkakytkintä, joilla voidaan katkaista sähköt tehomuuntajilta. Tehomuuntajilta sähkö vietään redundanttiyksikölle ja tästä sähkö jaetaan sulakkeille. PLC tarvitse CI871K01 PROFINET IO -käyttöliittymän ja SB822-akkuyksikön. Kaapin alaosaan asetetaan pistorasia ja RJ45-kytkin sekä kytkin valokuitumerialle.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia nykyistä ohjauskaapin sisäistä sijoitusta ja löytää valmistukseen ja toteutukseen parempia ratkaisuja, jotka olisi helppo valmistaa ja toteuttaa. Tavoitteena oli mahdollistaa kaappiin myös mahdollisimman monta I/O-MTU:ta.

Työn aikana tutkittiin paljon eri komponentteja ja kaapin sisäistä sijoittelua. Kaapista saatiin tilan käytön suhteen hyvin optimoitu ja rakenteeltaan yksinkertainen ohjauskaapista valmistui lopuksi useampi eri versio, jotka sopivat tapauskohtaisesti paremmin eri kohteisiin.

Kaapin sisäistä sijoittelua parantamalla saavutettiin sijoittelupohja, missä 12 I/O-MTU:ta sopii yhteen 600 mm leveään kaappiin. Tämä on hyvä ratkaisu, jos halutaan enemmän I/O-MTU:ita. Tuolloin voidaan käyttää 1200 mm leveää kaappia ja käyttää 600 mm:n sijoittelua vierekkäin ja tällä tavoin voidaan tuplata I/O-MTU:iden määrä. Standardoidun sijoittelun etuna on suunnittelun nopeus, kun voidaan käyttää standardisijoittelua sen sijaan, että tehtäisiin uniikki sijoittelu jokaiselle projektille.

Ennen insinööriyön aloittamista kokemukseni ohjauskaapin sijoittelun suunnittelusta ja E3-suunnitteluohjelman käytöstä olivat vähäiset. Insinööriyö opetti minulle käytännössä, miten ohjauskaapin sisäinen sijoittelu suunnitellaan ja etenkin sen, miten moni asia siihen vaikuttaa.

## LÄHDELUETTELO

- /1/ ABB, "CP-C.1 24/10.0," ABB, Viitattu 17.03.2023.  
<https://new.abb.com/products/1SVR360663R1001/cp-c-1-24-10-0#:~:text=1%2024%2F10.0%20is%20a,voltage%20of%2024%20V%20DC>.
- /2/ ABB, "CP-C.1-A-RU," ABB, Viitattu 10.03.2023.  
<https://new.abb.com/products/1SVR360060R1001/cp-c-1-a-ru>.
- /3/ ABB, Viitattu 20.03.2023. "ABB Ability™ System 800xA AC 800M Controller Hardware," ABB, 2021.
- /4/ ABB, "Controllers - AC 800M," ABB, Viitattu 20.03.2023.  
<https://800xahardwareselector.com/products/type/pm-ac-800m>.
- /5/ ABB, Viitattu 17.03.2023. "ABB Ability™ System 800xA S800 I/O Modules and Termination Units," 2019.
- /6/ RealPars, "Terminal Blocks Explained," Youtube, Viitattu 20.03.2023.  
<https://www.youtube.com/watch?v=X-kZ2ksav8g>.
- /7/ Contact, Phoenix, "CAPAROC," Phoenix Contact, Viitattu 20.03.2023.  
<https://www.phoenixcontact.com/en-us/us-lp-us-caparoc>.
- /8/ Momenthits, "Maadoittamisesta," Momenthits, Viitattu 20.03.2023.  
<http://www.momenthits.fi/ESV5230/Maadoitukset.pdf>.
- /9/ S.-. j. t. STUL, Maadoituskirja, Espoo: Sähköinfo, 2007. Viitattu 23.03.2023.
- /10/ S.-. j. t. STUL, D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, Espoo: Sähköinfo, 2009. Viitattu 23.03.2023.

/11/ Supply, RSP, "What is Voltage Drop," Youtube, Viitattu 20.03.2023.  
<https://www.youtube.com/watch?v=kNuszg2iNi0>.

/12/ Box, Black, "What's the Difference between CAT5e and CAT6?," BLACK BOX,  
Viitattu 20.03.2023. <https://www.blackbox.fi/en-fi/page/43861/Resources/Technical-Resources/Black-Box-Explains/copper-cable/Category-5e-And-6/#:~:text=The%20main%20difference%20between%20CAT5e,data%20at%20the%20same%20time..>

/13/ Box, Black, "Simplex vs. Duplex Fibre Optic Cable: What's the Difference?,"  
BLACK BOX, Viitattu 20.03.2023. <https://www.blackbox.fi/en-fi/page/25077/Resources/Technical-Resources/Black-Box-Explains/fibre-optic-cable/simplex-vs-duplex-fiber-patch-cable>.

/14/ ABB, Viitattu 24.03.2023. "ABB Ability™ System 800xA Select I/O Getting Started and Installation," ABB, 2021.