



DCS-JÄRJESTELMIEN KENTTÄ- KOTELOIDEN STANDARDISOINTI JA TUOTTEISTUS

Tuomas Uutela

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2015
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

UUTELA, TUOMAS:
DCS-järjestelmien kenttäkoteloiden standardisointi ja tuotteistus

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 14 sivua
Maaliskuu 2015

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella standardisoidut kokoonpanot DCS-järjestelmissä käytettäville kenttäkoteloille. Standardisoidut kokoonpanot tulivat Metso Automation Oy:n myynnin ja laitteistosuunnittelijoiden käyttöön ja valmistukseen. Standardisoiduilla kokoonpanolla pyrittiin parantamaan myynnin tekemien tarjouksien teknistä tarkkuutta, kustannustarkkuutta ja nopeuttamaan laitteistosuunnittelua. Kokoonpanot pohjautuivat Metso Automation Oy:n toteutuneiden asiakasprojektien historiatietoihin. Kokoonpanoista laadittiin myyntirakenne, tekninen tuoterakenne, pohjat DNAnD –suunnitteluohjelmistoon sekä niihin liittyvät testausdokumentaatiot. Kokoonpanon toimivuutta testattiin case-tyyppisesti vanhaan asiakasprojektiin.

Standardisoituja kokoonpanoja tuotteistettiin neljä erilaista mallia. Näillä malleilla saatiin katettua 86 % toteutuneista asiakasprojekteista. Case-tyyppisessä testauksessa saatiin toteutettua laitteistosuunnittelu täydellisesti standardisoidun kokoonpanon avulla. Kokoonpanot tuotteistettiin rakenteisina nimikkeinä, joten niiden visuaalinen tarkkuus ja suunnitteluohjelmalla laadittava osaluettelo on lähtökohtaisesti tarkempi kuin aiemmissa ratkaisuisissa. Kokoonpanot ovat valmiit tilattavaksi alihankkijoilta 3D-kuvista laadittujen valmistuspiirrosten mukaisesti. Työssä laadittujen testauspöytäkirjojen mukaisilla testeillä voidaan varmistaa kokoonpanon toimivuus ja standardienmukaisuus.

Standardisoidut kokoonpanot ovat toimivia kokonaisuuksia. Kokoonpano voidaan liittää suoraan automaatiojärjestelmään lisäämällä siihen I/O-kortit. Asiakasprojekteissa esitetyt vaatimukset voidaan lisätä tai muokata kokoonpanoihin. Kokoonpanoista laaditut layout-kuvat ja niihin liittyvät sähköiset kytkentäkaaviot nopeuttavat laitteistosuunnittelua. Koteloiden kylkiin laaditut kiinnitysmahdollisuudet parantavat koteloiden sisätilan hyötykäyttöä. Kokoonpanojen komponenteiksi valittiin kustannustehokkaita malleja. Kustannustehokkuutta voidaan parantaa lisää selvittämällä mahdollisuus käyttää hallitsemattomia kytkimiä kenttäkoteloissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme Electrical engineering
Option of Automation Engineering

UUTELA, TUOMAS:
Standardization and Productization of DCS Field Boxes

Bachelor's thesis 65 pages, appendices 14 pages
March 2015

The purpose of this bachelor's thesis was to design standardized assemblies for field boxes used in distributed control systems. The standardized assemblies are to be used by Metso Automation Ltd's sales and hardware engineering departments and in manufacturing. The standardized assemblies are designed to improve the technical and cost accuracy of offers made by sales. They are also designed to expedite hardware engineering. The assemblies are based on the project history of realized customer projects. Sales structures, technical product structures, base templates into DNAnD design software, and related test documentations were created from the assemblies. The functionality of the designed assemblies was tested as a case-study with an old realized project.

Four different types of standardized assemblies were productized. 86% of realized projects could be covered with these assemblies. The hardware engineering of the realized project in the case-study was fully fulfilled with a standardized assembly. The assemblies were productized as structured items, so the visual accuracy and bill of materials created with DNAnD engineering tool are more accurate in general than with older solutions. The assemblies are ready to be ordered from subcontractors with the manufacturing drawings created from the 3D-models of the assemblies. The functionality and conformance to standards can be verified with test documentations made in this thesis.

The standardized assemblies are functional products. An assembly can be connected to an automation system by only adding I/O-cards to it. Demands specified in customer projects can be added, or modified into the assemblies. The layout pictures and electrical diagrams of the assemblies will expedite hardware engineering. The connection possibilities on the sides of the cabinets in some of the assemblies improve the utilization of interior space in the field boxes. Cost-effective components were used in the assemblies. Cost-effectiveness can be further improved by using unmanaged switches.

Key words: field box, DCS, Metso Automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Metso Automation Oy	7
1.1.1	Process Automation Systems	7
1.2	Metso Oyj	8
1.3	Työn tavoitteet	8
2	TYÖSSÄ KÄYTETYT OHJELMAT JA JÄRJESTELMÄT	11
2.1	Lean System ERP	11
2.2	DNAnD-suunnitteluohjelma	11
2.3	Aton PDM –tuotteenhallintaohjelma	11
3	PROJEKTtien HISTORIATietojen SELVITYS	14
3.1	Koteloiden koot ja IP-luokat	14
3.2	Koteloiden komponentit	17
3.2.1	Teholähteet	17
3.2.2	Väyläliitynnät	20
3.2.3	I/O-ryhmien lukumäärä	22
3.2.4	Tuulettimet ja valot	22
4	KENTTÄKOTELOIDEN RAKENTEET	24
4.1	Periaatekuvien määrittely historiatietojen perusteella	24
4.1.1	Haastattelut periaatekuvien avulla	26
4.2	Kenttäkoteloiden tuotemäärittelyt.....	27
4.2.1	Lisävarusteet	28
5	KENTTÄKOTELOIDEN TEKNISET TUOTERAKENTEET.....	29
5.1	Teknisen tuoterakenteen määrittelyn peruseriaatteet.....	31
5.1.1	AC riviliitinryhmät ja maadoitus	31
5.1.2	Teholähde, DC-, ja hälytys-riviliitinryhmät.....	32
5.1.3	Kytkin ja valokuidun päätekotelo	33
5.1.4	I/O-ryhmä.....	35
5.1.5	Tuuletin, valo ja kaapin sisäinen lämpötilanmittaus	37
5.1.6	Kaapin mekaniikka ja kenttälaiteliitännät	37
5.2	Muiden koteloiden tekninen tuoterakenne.....	42
5.2.1	S447675, 800x1200x300 IP 65+.....	42
5.2.2	S447676, 1000x1200x300 IP 54+.....	42
5.2.3	S447677, 1000x1200x300 IP 66.....	43
5.3	Konfiguroitavat valinnat toisensa poissulkeville tuotteille.....	44
6	KENTTÄKOTELOIDEN POHJAT SUUNNITTELUtyÖKALUUN.....	45
6.1	Kenttäkoteloiden pohjat DNAnD -suunnittelutyökaluun	45

6.1.1 KytKentäkaaviot	45
6.2 Kenttäkotelopohjien testaus case-projektilla	45
6.3 Kenttäkoteloiden 3D-mallinnus	46
6.4 Testaus- ja asiakasdokumentaatio	48
7 POHDINTA.....	49
LÄHTEET.....	50
LIITTEET	52
Liite 1. Kotelon S447674 Cabinet Layout -sivu.....	52
Liite 2. Kotelon S447674 Cabinet Layout Inside -sivu.....	53
Liite 3. Kotelon S447674 järjestelmän sähkönsyötön kytkentäkuva	54
Liite 4. Kotelon S447674 tasavirtakomponenttien kytkentäkuva	55
Liite 5. Kotelon S447674 sulakeryhmien kytkentäkuva	56
Liite 6. Kotelon S447674 hälytysryhmä.....	57
Liite 7. Kotelon S447677 Cabinet Layout -sivu.....	58
Liite 8. Kotelon S447677 Cabinet Layout Inside -sivu.....	59
Liite 9. Kotelon S447677 järjestelmän sähkönsyötön kytkentäkuva	60
Liite 10. Kotelon S447677 tasavirtakomponenttien kytkentäkuva	61
Liite 11. Kotelon S447677 sulakeryhmien kytkentäkuva	62
Liite 12. Kotelon S447677 hälytysryhmä.....	63
Liite 13. Yhden I/O-ryhmän koteloiden testauspöytäkirja (1/2)	64
Liite 14. Yhden I/O-ryhmän koteloiden testauspöytäkirja (2/2)	65

LYHENTEET JA TERMIT

ERP	enterprise resource planning, toiminnanohjausjärjestelmä
PAS	process automation systems, prosessiautomaatiojärjestelmät
MA	Metso Automation Oy
I/O	input / output, sisääntulo / ulostulo
DCS	distributed control system, hajautettu säätöjärjestelmä
DNA _n D	Metso DNA Network Designer
PDM	product data management, tuotteenhallinta
IP	IP-luokitusjärjestelmä
AC	alternating current, vaihtovirta
DC	direct current, tasavirta
BOM	bill of materials, osaluettelo
MTBF	mean time between failure, kesimääräinen aika laitteen vika-tilojen välillä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Metso Automation Oy:lle (jatkossa MA). Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin standardisoidut pohjat asiakasprojekteissa käytettäville DCS-järjestelmien kenttäkoteloilta. Valmiit pohjat tuoteistettiin MA:n järjestelmiin.

1.1 Metso Automation Oy

Metso Automation Oy on Metso Oyj:n tytäryhtiö, jonka liiketoimintalinjat liittyvät prosessiautomaatioon. MA:n liikevaihto vuonna 2013 oli 854 M€. MA työllistää 4200 henkilöä (Metso Summer Trainee Induction 2014, 5). MA on jaettu kolmeen linjaan:

- Flow Control. Mittalaitteet, prosessin säätö- ja sulkuventtiilit.
- Process Automation Systems (jatkossa PAS). Prosessiautomaatiojärjestelmät. Metso DNA säätöjärjestelmä, laitteisto- ja sovellussuunnittelu.
- Services. Prosessilaitteiston huolto ja päivitys, prosessin optimointi.

1.1.1 Process Automation Systems

PAS kattaa 19 % MA:n liikevaihdosta. Suunniteltavat automaatiojärjestelmät kattavat laajan kirjon eri teollisuuden aloja, mm:

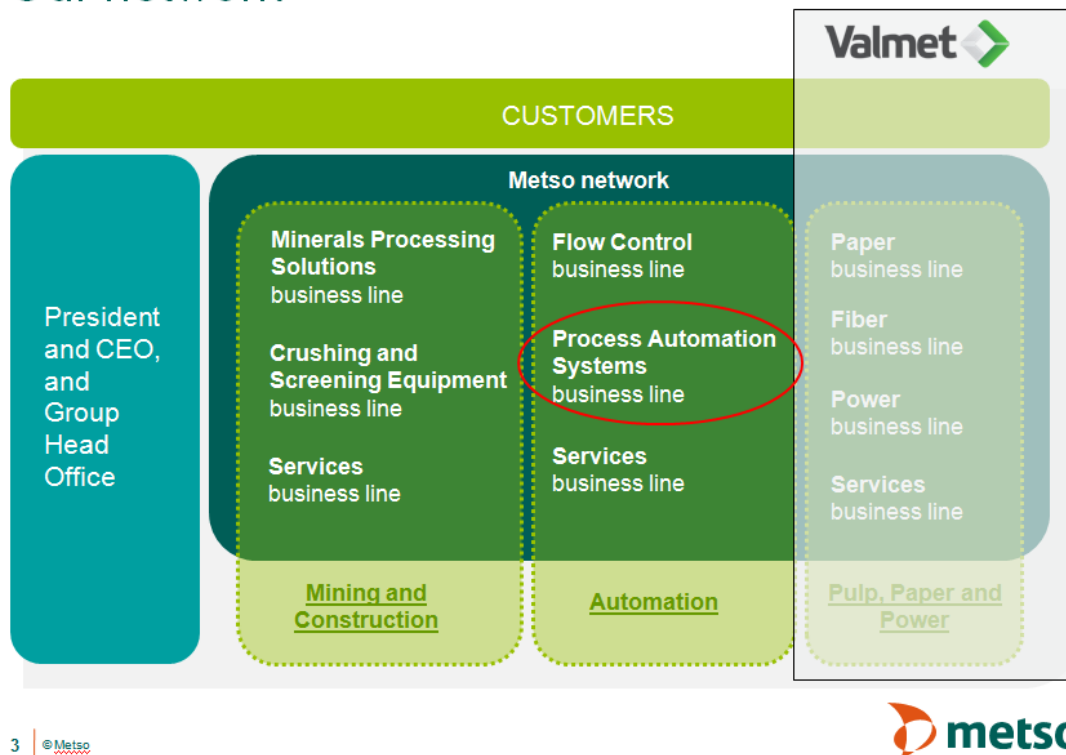
- Sellu ja paperi
- Öljy, kaasu, biopolttoaineet
- Energia
- Kemikaalit
- Metallit
- Elintarvike

PAS:n liiketoiminta-alueisiin kuuluu DCS-järjestelmän projektitoimitukset. Järjestelmä kattaa säätöominaisuuksien lisäksi mm. laitteiston kuntotietojen tarkkailun, informaation hallinnan prosessin historiatiedoilla, sekä laadunvalvontalaitteiston.

1.2 Metso Oyj

Metso Oyj on globaali korporatio joka toimii yli 50 maassa työllistäen 16000 henkilöä. Liikevaihto vuonna 2013 oli 3.9 miljardia euroa. Liiketoiminta jakaantuu kahteen organisaatioon, Metso Minerals ja Metso Automation (kuva 1). Yritys tekee läheistä yhteistyötä Valmetin kanssa. Koska kyseessä on globaali yritys, kaikki yrityksen sisäiset dokumentaatiot laaditaan englanniksi. Täten kaikki opinnäytetyössä syntyvä yritykselle toimitettava materiaali on englanniksi.

Our network



Kuva 1. Metso Oyj:n yrityshierarkia (Metso Summer Trainee Induction 2014, 3)

1.3 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja standardisoida DCS-järjestelmien toimituksissa käytettävien kenttäkoteloiden kokoonpanot asiakasprojekteja varten. Vakiokokoonpanoilla pyritään parantamaan DCS-projektien laatua ja kustannustehokkuutta. Opinnäytetyö on osa laajempaa tuotekehitysprojektia.

Työn tarkoituksena on laatia kenttäkoteloille yhtenäiset vakiokokoonpanot myynnin käyttöön, siten että projektikohtaiset kenttäkotelot ovat kustannustehokkaita suunnitella ja toteuttaa. Laatimalla yhtenäinen pohja kenttäkoteloille pyritään parantamaan tarjousten laatua lisäämällä teknistä tarkkuutta sekä kustannustarkkuutta. Vakiokokoonpanot suunnitellaan yleisimpien kenttäkoteloratkaisujen perusteella. Yleisimmät ratkaisut selvitetään tutkimalla MA:n toimittamat kenttäkotelot toteutuneista asiakasprojekteista viiden vuoden ajalta. Projektien hinta- ja asiakastiedot jätetään salassapitosopimuksen vuoksi huomioimatta, sillä ne eivät vaikuta yleisimpien ratkaisujen sisältöön. Yleisimpiä ratkaisuja selvitetään myös haastattelemalla myynnin ja laitteistosuunnittelun edustajia ja vertaamalla projektihistoriasta kerättyä tietoa heidän kokemuksiinsa.

Vakiokokoonpanojen tulee olla helposti määritettävissä sekä MA:n myyntityökalussa, että Metso DNAnD -suunnitteluohjelmistossa. Vakiokokoonpanojen on oltava EN 61439-1 ja EN 61439-2 –standardien vaatimusten mukaisia. Vakiokokoonpanojen on vastattava asiakkaan järjestelmäkohtaisia vaatimuksia. Järjestelmäkohtaisissa vaatimuksissa otetaan huomioon projektihistoriassa käytettyjen kenttäkoteloiden sisältämien sähkönsyöttöjen, I/O-ryhmien, ym. koteloiden usein käytettyjen laitteiden määrät. Projektihistoriasta selvitetään myös yleisimmät koteloiden merkit, mallit, suojausluokat, ja väyläkohtaisten liityntöjen tyypit. Näiden tietojen perusteella laaditaan vakiokokoonpanojen tuotemäärittely.

Suunnitellusta vakiokokoonpanosta laaditaan tekninen tuoterakenne, joka voi pitää sisällään konfiguroitavia valintoja. Konfiguroitavilla valinnoilla tulee saada projektikohtaiset järjestelmävaatimukset katettua, ja valintojen tulee ottaa huomioon toisensa poisulkevat säännöt (esim. erityyppiset liitynnät).

Vakiokokoonpanoja testataan case-tyyppisesti vanhaan toteutuneeseen asiakasprojektiin. Valitaan projektihistoriasta toteutunut laitteistotoimitus jossa on riittävän suuri kenttäkotelomäärä, ja testataan kuinka käyttökelpoisia suunnitellut kokoonpanot ovat. case-projektin valinnan tekee joku muu kuin opinnäytetyön tekijä. Mahdollisuuksien mukaan valitaan projekti, joka ei kuulunut yleisimpien käytettyjen ratkaisujen selvityksessä läpikäytyihin projekteihin. Tuotemäärittely vakiokokoonpanoista hyväksytetään tuotepäälliköllä.

Vakiokokoonpanoista tehdään rakenteiset pohjat DNAnD –suunnitelutyökaluun. Rakenteisella pohjalla varmistetaan, että kotelon tuoterakenne pysyy kunnossa jos laitteisto-suunnittelija tekee siihen muutoksia. Vakiokokoonpanoille laaditaan myös kytkentäkaaviot niiden sisältämien laitteiden mukaan.

Valmiista pohjista laaditaan tuotantotestaus- ja asiakasdokumentaatio. Tuotantotestausdokumentaatio on lista suoritettavia testejä kotelon tuotantovaiheeseen. Asiakasdokumentaatio laaditaan loppukäyttäjälle kokoonpanon sisältämistä laitteista, sisältäen ylläpitoon ja huoltoon liittyvät asiat.

Vakiokokoonpanojen suunnittelussa tulee huomioida koko toimitusketju tarjousvaiheesta toimitukseen, joten se tuotteistetaan Aton PDM:ään, Lean ERP:iin, sekä Metson myyntityökaluun. Vakiokokoonpanosta laaditaan myös 3D-kuvat ja lämpösimulointi. 3D-mallinnuksen ja lämpösimuloinnin toteutus ei kuulu opinnäytetyöhön, mutta ne tulee huomioida suunnittelussa ja valmiin kokoonpanon tarkastelussa.

2 TYÖSSÄ KÄYTETYT OHJELMAT JA JÄRJESTELMÄT

2.1 Lean System ERP

Lean System ERP on MA:n käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä. Toiminnanohjausjärjestelmä yhdistää eri osastojen vaatimat tiedot yhden järjestelmän sisään. Toiminnanohjausjärjestelmästä löytyy mm. myynnin käyttämät hinta- ja kustannus tiedot asiakkaan tarjouskyselyille, logistiikan tilaus- ja kuljetuskustannukset, komponenttien varastosaldot, henkilöstön tuntikirjanpito ym. Toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa laajemman projektikonaisuuden hallinnoinnin ja kustannusten selvityksen. Järjestelmä on globaali. Järjestelmän tiedot ovat saatavilla yrityksen eri lokaatioissa.

2.2 DNAnD-suunnitteluohjelma

Metso DNA Network Designer (jatkossa DNAnD) on Microsoft Visio –pohjainen suunnittelutyökalu. DNAnD:a käytetään toimitettavien automaatiojärjestelmien järjestelmäsuunnitelmien, laitteistokokoonpanojen ja niihin liittyvien kytkentäkuvien suunnittelemiseen. Valmiista suunnitelmasta voidaan toimittaa asiakkaalle laitteistoon liittyvä dokumentaatio, sekä ajaa osalista (BOM) kokoonpanojen komponenteista.

2.3 Aton PDM –tuotteenhallintaohjelma

Aton PDM on MA:n käytössä oleva tuotteenhallintaohjelma. Tuotteenhallintaohjelmalla ylläpidetään laitteen tuotetietoja ja hallinnoidaan sen elinkaarta.

Tuotteenhallintaohjelmalla generoidaan laitteelle yksiselitteisen nimiketunnus. Nimikkeeseen määritetään tarpeelliset tiedot kuten laitteen nimi, valmistaja, ja valmistajan tilauskoodi (kuva 2). Laitteen elinkaaren tila on määriteltynä status-kentässä. Mahdollisia vaihtoehtoja laitteiston kannalta ovat mm:

- Draft: Laitteen nimiketunnuksen määrittely kesken
- Active: Nimiketunnus käytössä

- Phase-out: Laitteen valmistus lopetettu
- Inactive: Ei käytössä

The screenshot shows the 'Aton - Item Main Information' window for item 'UUTELTU/PASPRD52 D201634,0'. The window has a menu bar (Database, Search, Item, Mail, Report, Help) and a toolbar with various icons. Below the toolbar is a metadata table:

Item	Code: D201634, 0	Desc 1: Power Supply AC 100-240V/DC24V	Status: Active
	Created: 23.01.2008	Desc 2: Power Supply AC 100-240V/ DC24V 20 A	Handler: Antti Kunnas
	Modified: 04.11.2014	Desc 3:	In Use by:

Below the metadata table is a tabbed interface with the 'Description' tab selected. The 'Description' tab contains several fields:

- Code: D201634 Ver: 0
- Short name: Power Supply AC 100-240V/DC24V
- Name: Power Supply AC 100-240V/ DC24V 20 A
- Desc 3: (empty)
- Desc 4: OEM product
- Language: English
- Supp. item name: (empty)
- Supp. item code: (empty)
- Global purchase info: QS20.241 : Power Supply AC 100-240V/DC24V 20A

To the right of the 'Description' tab is the 'Classification' section, which includes:

- Group: Power supply
- Type: Hardware
- Magnitude: Pieces
- Owner Group: (empty)
- Handler: Antti Kunnas

Below the 'Description' tab is the 'Info' section, which contains:

Info: PULS, Power Supply AC 100-240V/DC24V 20A, QS20.241 (Alternative component: VAL0247238)

To the right of the 'Info' section is the 'Status Information' section, which includes:

- Status: Active
- Current Version
- Active Version

Kuva 2. Esimerkki nimikkeestä

Nimikkeeseen sidotaan laitteeseen liittyvät materiaalit, kuten:

- 3D-kuvat, valmistuskuvat, DNAnD -kuvat
- Laitteen käyttöohjeet ja tekniset tiedot
- Laitetta koskevat muutostiedotteet

Tuotteenhallintaohjelmalla luotu nimiketunnus on käytössä myös MA:n muissa järjestelmissä. Yksiselitteinen nimiketunnus helpottaa globaalia toimintaa. Esimerkiksi laitteistosuunnittelijan laatiman kotelo-layout:in osaluettelon voi suoraan toimittaa logistikalle, jossa tilataan yksittäiset komponentit jälleenmyyjiltä, tai kokonaisuus alihankkijalta. Kummankin käyttämissä ohjelmistoissa on laitteet sidottu samoille nimiketunnuksille, joiden avulla voidaan tilata komponentit paikallisilta toimittajilta.

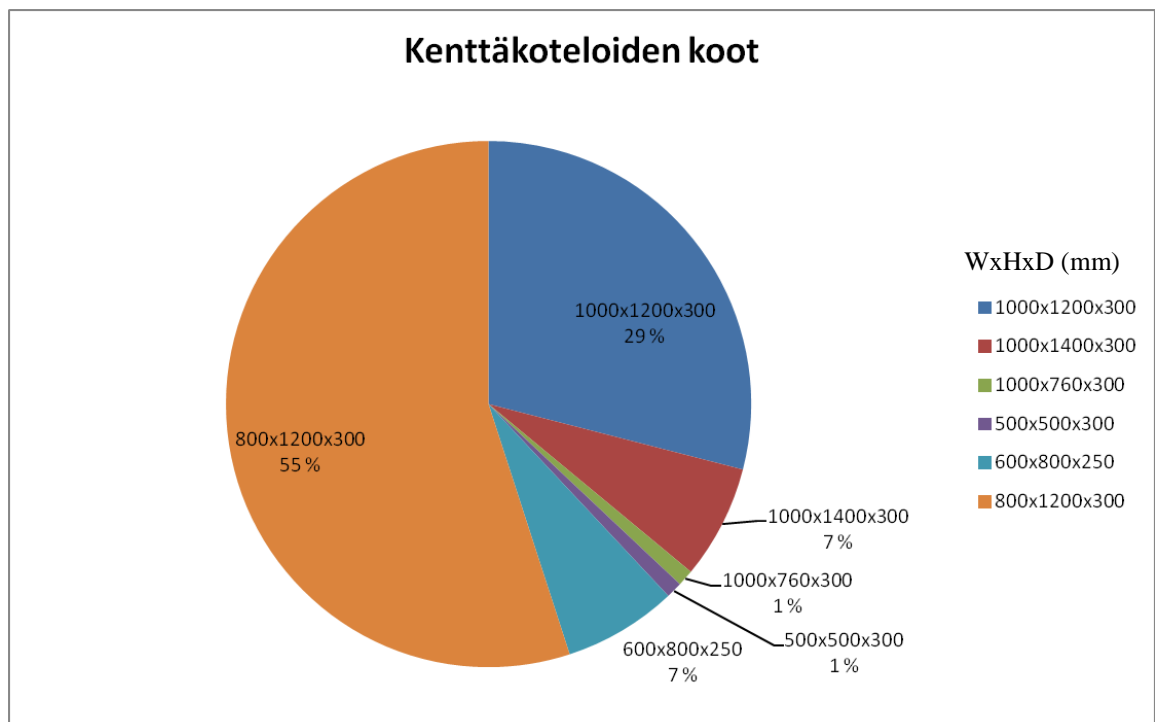
Nimike voidaan myös tehdä rakenteiseksi määrittämälle sille alikomponentteja, mistä pääkomponentti koostuu. Rakenteinen nimike voi olla esim. kenttäkotelon runko, johon on esimääritelty seinäkiinnitysraudat ja nostosilmukat.

3 PROJEKTtien HISTORIATietojen Selvitys

3.1 Koteloiden koot ja IP-luokat

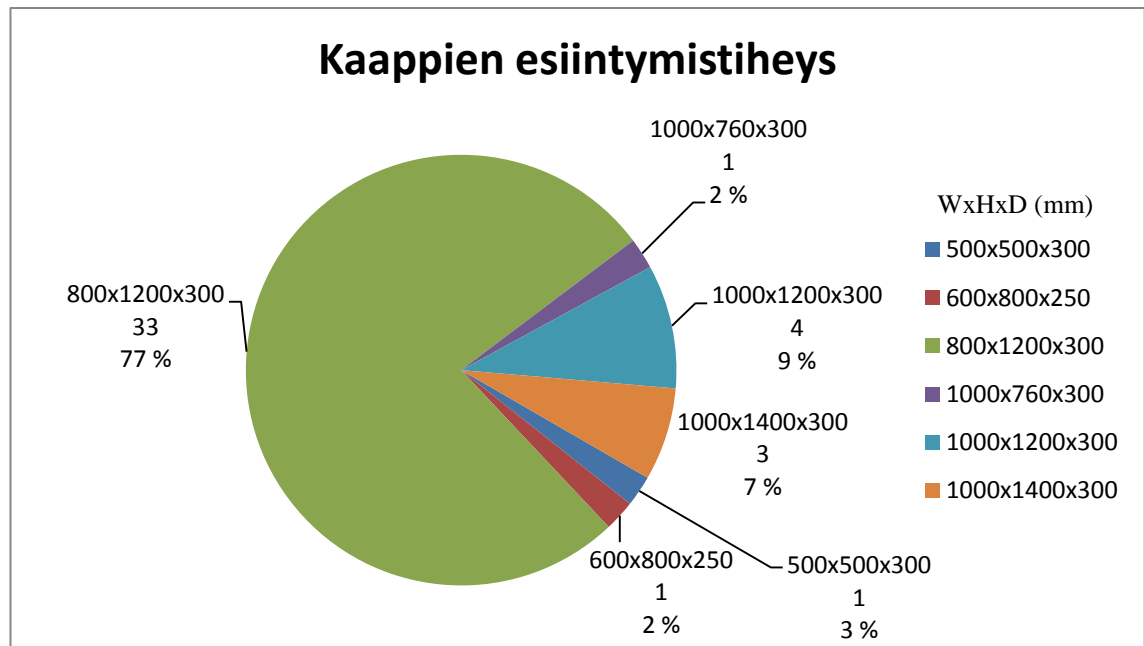
Lean ERP:stä haettiin 5 vuoden historiatiedot toimitetuista projekteista, joissa esiintyi Metson sisäinen tunnus kenttäkotelolle ”CAB0005”. Projekteja em. kriteereillä löytyi 189 kpl. Projektit käytiin läpi IBM Lotus Notes –ohjelman PAS Logistics Orders – tietokannasta. Tietokannasta tallennettiin kenttäkoteloiden DNAnD -kuvat sekä osaluettelot. Jos tietokannassa ei ollut kuvaa, tarkistettiin MA:n Tampereen toimiston projektien suunnitteluserveriltä, löytyykö projektille kuvia. Jätettiin huomioimatta projektit joihin ei löydetty DNAnD -kuvia. Jätettiin myös huomioimatta projektit joiden kenttäkotelot eivät sisältäneet I/O-ryhmiä. Mm. kenttäpäätteet olivat merkitty kenttäkotelotunnuksella. Käyttökelpoisia projekteja suodatuksen jälkeen oli 43 kpl. Näissä projekteissa oli yhteensä 100 kenttäkoteloa.

Kenttäkoteloiden mallit ja sisältö tarkistettiin katsomalla DNAnD -kuvista ja tarvittaessa osaluetteloista. Kirjattiin talteen kenttäkoteloiden koot ja mallit, suojausluokat, sekä niiden sisältämät laitteet Excel-listaksi. Excel-listasta voitiin visualisoida lähtökohdat standardoidulle kenttäkotelolle. Lähtökohtana useimmin käytetyt koot kuviossa 1:



Kuvio 1. Kenttäkoteloiden suhteelliset määrät kerätyistä projekteista

Kuviota 1 tarkastelemalla huomataan, että 800x1200x300 (mm) ja 1000x1200x300 (mm) ovat selkeästi enemmistö projekteissa käytetyistä kenttäkoteloista. Yhteismäärässä on kuitenkin luettuna mukana samoissa projekteissa käytetyt koteloiden monikerrat. Yksittäiset projektit joissa on suuri määrä samankaltaisia koteloita voivat siis vääristää otannassa koteloiden projektikohtaista osuutta. Jos suodatetaan koteloiden monikerrat pois listasta ja otetaan vain 1 kokoluokka projektia kohtaan, saadaan suhteelliseksi määräksi kuvion 2 tulokset:



Kuvio 2. Kaappien esiintymistiheys projekteittain

Kotelokoko 800x1200x300 edustaa selkeää enemmistöä ilman samoissa projekteissa käytettävien kaappien monikertoja. Kotelokoko 1000x1200x300 on edelleen toiseksi käytetyin, mutta 1000x1400x300 on hyvin lähellä lukumäärällisesti.

Tarkasteltiin kolmen yleisimmän kaappikoon IP-luokituksia. IP-luokitus on kaksinumeroinen yhdistelmä mahdollisella lisäkirjaimella, jolla ilmoitetaan koteloinnin kyky estää vieraan esineen ja veden tunkeutuminen jännitteisiin osiin. Ensimmäinen numero ilmaisee koteloinnin kyvyn estää kiinteät esineet, toinen numero vedenestokyvyn. Lisäkirjain tarkoittaa koteloinnin kykyä estää ihmisen pääsy jännitteisiin osiin, joko paljaalla kädellä tai työkalulla. Luokitus perustuu SFS-EN 60529 + A1 -standardiin. Opinnäytetyön kannalta relevanttien numeroiden merkitykset taulukossa 1 ja taulukossa 2:

Taulukko 1. IP-luokituksen ensimmäisen numeron merkitykset (SFS-EN 60529 + A1 2000, 30)

Ensimmäinen tunnusnumero	Suojausominaisuus		Testausehdot, ks.
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä	
0	Suojaamaton	–	
1	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 50 mm vierailta esineiltä	Pallomainen halkaisijaltaan 50 mm esinekoetin ei saa tunkeutua kokonaan sisään ¹⁾	13.2
2	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 12,5 mm vierailta esineiltä	Pallomainen halkaisijaltaan 12,5 mm esinekoetin ei saa tunkeutua kokonaan sisään ¹⁾	13.2
3	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 2,5 mm vierailta esineiltä	Halkaisijaltaan 2,5 mm esinekoetin ei saa tunkeutua lainkaan sisään ¹⁾	13.2
4	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 1,0 mm vierailta esineiltä	Halkaisijaltaan 1,0 mm esinekoetin ei saa tunkeutua lainkaan sisään ¹⁾	13.2
5	Pölysuojattu	Pölyn sisääntunkeutumista ei ole kokonaan estetty, mutta sitä ei saa tunkeutua haitaksi laitteen tyydyttävälle toiminnalle tai haitaksi turvallisuudelle	13.4 13.5
6	Pölytiivis	Pölyä ei saa tunkeutua sisään	13.4 ja 13.6

¹⁾ Esinekoettimen koko halkaisija ei saa päästä koteloinnin aukon läpi.

Taulukko 2. IP-luokituksen toisen numeron merkitykset (SFS-EN 60529 + A1 2000, 32)

Toinen tunnusnumero	Kotelointiluokka		Testausehdot, ks.
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä	
0	Suojaamaton	–	–
1	Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä	Pystysuoraan pisaroina tippuva vesi ei aiheuta haittaa	14.2.1
2	Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä, kun kotelointi on kallistettuna 15° asti	Pystysuoraan pisaroina tippuva vesi ei aiheuta haittaa, kun kotelointia kallistetaan enintään 15° mielivaltaiseen suuntaan pystyasentoon nähden	14.2.2
3	Suojattu satavalta vedeltä	Enintään 60° kulmassa satava vesi ei aiheuta haittaa	14.2.3
4	Suojattu roiskuvalta vedeltä	Kaikista suunnista roiskuva vesi ei aiheuta haittaa	14.2.4
5	Suojattu vesisuihkulta	Kaikista suunnista suuttimella ohjattu vesisuihku ei aiheuta haittaa	14.2.5
6	Suojattu voimakkaalta vesisuihkulta	Kaikista suunnista suuttimella ohjattu voimakas vesisuihku ei aiheuta haittaa	14.2.6
7	Suojattu lyhytaikaisen veteen upottamisen vaikutuksilta	Veteen lyhytaikaisesti upotettuun kotelointiin ei tunkeudu haitallisessa määrin vettä standardisoidussa vedenpaineessa ja upotusajassa	14.2.7
8	Suojattu jatkuvan veteen upottamisen vaikutuksilta	Valmistajan ja käyttäjän sopimissa olosuhteissa, mutta ankarammissa kuin numerolla 7, veteen upotettuun kotelointiin ei tunkeudu haitallisessa määrin vettä	14.2.8

DNA[®] -kuvissa ja osaluetteloissa oli käytössä useita nimiketunnuksia samoille koteloidille. Osa koteloidista oli määritelty rakenteellisilla nimiketunnuksilla. Koska tässä vaiheessa selvitettiin pelkkien koteloiden IP-luokituksia, muunnettiin rakenteiset tuotteet vastaamaan kotelon IP-luokituksia. Tulokset taulukossa 3:

Taulukko 3. Kolmen yleisimmän kaappikoon IP-luokitukset ja niiden määrät

WxHxD	
IP	Lukumäärä
1000x1200x300	29
55	11
66	18
1000x1400x300	7
55	7
800x1200x300	51
65	27
66	24
Yhteensä	87

Taulukosta huomataan, että kaappikokoa 1000x1400x300 on käytetty vain luokituksella IP 55. Kaksi pienempää kotelokokoa kattavat IP-suojausluokat laajemmin. Jos standardisoidun kaapin tarvittavat komponentit eivät vaadi 1400 mm korkean kaapin antamaa lisätilaa, voidaan se jättää projektista pois.

3.2 Koteloiden komponentit

Koteloissa käytettyjen komponenttien yleisyys selvitettiin. Komponenttien suhteellisista osuuksista suodatettiin samankaltaisten kaappien moninkerrat pois, samoin kuin kohdassa 3.1. Komponenttien tarkastelussa erotellaan myös eri kokoiset kotelot yksittäisiksi kokonaisuuksiksi. Huomioitavaa on, että isompien tarkasteltavien koteloiden (1000x1200x300) projektikohtainen otanta on hyvin pieni (4 erillistä projektia).

3.2.1 Teholähteet

Projekteissa käytettyjen teholähteiden kirjo on laaja. Tarkastelemalla suoraan kuviin merkittyjä teholähteitä, saatiin erityyppisten teholähteiden lukumääräksi 19. Lukumäärässä on kuitenkin päällekkäisyyksiä. Samasta teholähteestä voi olla useita rakenteisia nimikekoodeja riippuen siitä, onko suunnittelija käyttänyt valmista teholähderyhmää joka sisältää mm. riviliittimet ja sulakkeet, vai yksinkertaista teholähdekomponenttia. Samasta teholähteestä voi myös olla lakattu ja lakkaamaton nimike. Lakkausta käytetään elektroniikassa suojaamaan komponentteja ilmankosteudelta ja pienhiukkasilta.

Joissakin projekteissa teholähteille ei myöskään ollut merkitty komponenttien tarkkoja tietoja, vaan pelkästään sen antoteho, tai ei mitään tietoja.

Teholähdetyypin selvityksessä oleellista on:

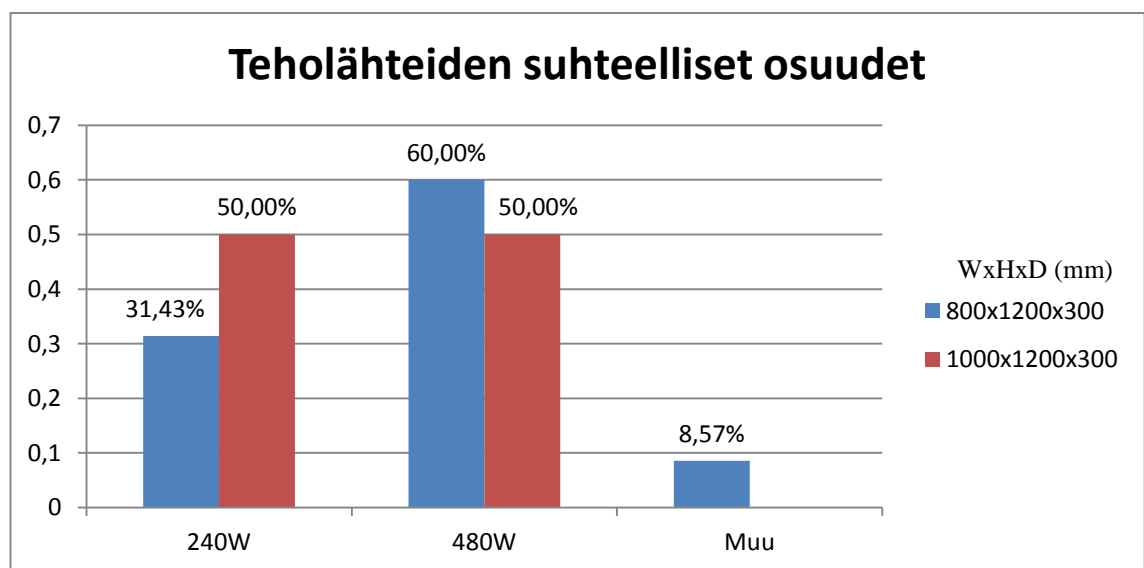
- 1) Teholähteen antoteho
- 2) Teholähteen syöttöjännite (universaali PSU vai kiinteä syöttöjännite)
- 3) Teholähteen redundanttisuus

Projekteista kerätyistä tiedoista selvitettiin oleelliset asiat, ja niiden perusteella muodostettiin suhteelliset osuudet käytetyistä komponenteista.

Teholähteiden antoteholuokat voitiin karkeasti jakaa kolmeen kategoriaan:

- 1) 240W
- 2) 480W
- 3) Muu

”Muu” tyyppinen teholaähde tarkoittaa jaottelussa koteloa, jossa ei ollut sisäistä teholaähdetä. Tasavirtakomponenttien sähkönsyöttö tuotiin näissä tapauksissa kotelon ulkopuolelta. Teholähteiden suhteelliset osuudet kuviossa 3:



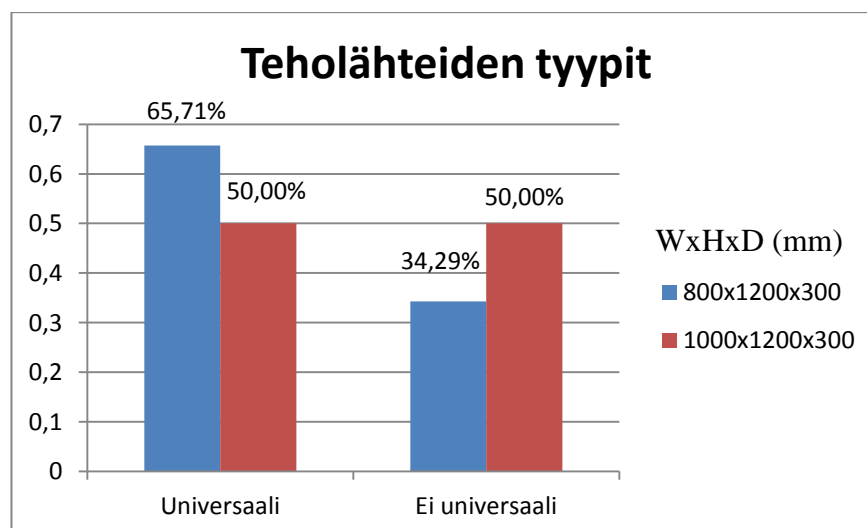
Kuvio 3. Projekteissa käytettyjen teholähteiden suhteelliset osuudet

Teholähteiden käyttämät tulojännitteet selvitettiin ja merkittiin sen perusteella teholähde joko universaaliksi, tai ei universaaliksi. Universaali teholähde toimii laajemmalla tulojännitealueella ja toimii sekä AC-, että DC-jännitteellä. Esimerkki universaalien teholähteen sallimista sisääntulojänniteistä kuvassa 3:

2. SHORT-FORM DATA		
Output voltage	DC 24V	
Adjustment range	24-28V	
Output current	20A	continuous, 24V
	30A	for typ. 4s, 24V
Output power	480W	continuous, 24V
	720W	for typ. 4s, 24V
Output ripple	< 100mVpp	20Hz to 20MHz
Input voltage	AC 100-240V	±15%
Mains frequency	50-60Hz	±6%
AC Input current	4.56 / 2.48A	at 120 / 230Vac
Power factor	0.95 / 0.90	at 120 / 230Vac
AC Inrush current	typ. 9 / 7A peak	at 120 / 230Vac
DC Input voltage	DC 110-300V	-20%/+25%
DC Input current	4.7 / 1.7A	at 110 / 300Vdc
Efficiency	92.4 / 93.9%	at 120 / 230Vac
Losses	39.6 / 31.4W	at 120 / 230Vac
Temperature range	-25°C to +70°C	operational
Derating	12W/°C	+60 to +70°C
Hold-up time	typ. 32 / 51ms	at 120 / 230Vac
Dimensions	82x124x127mm	WxHxD

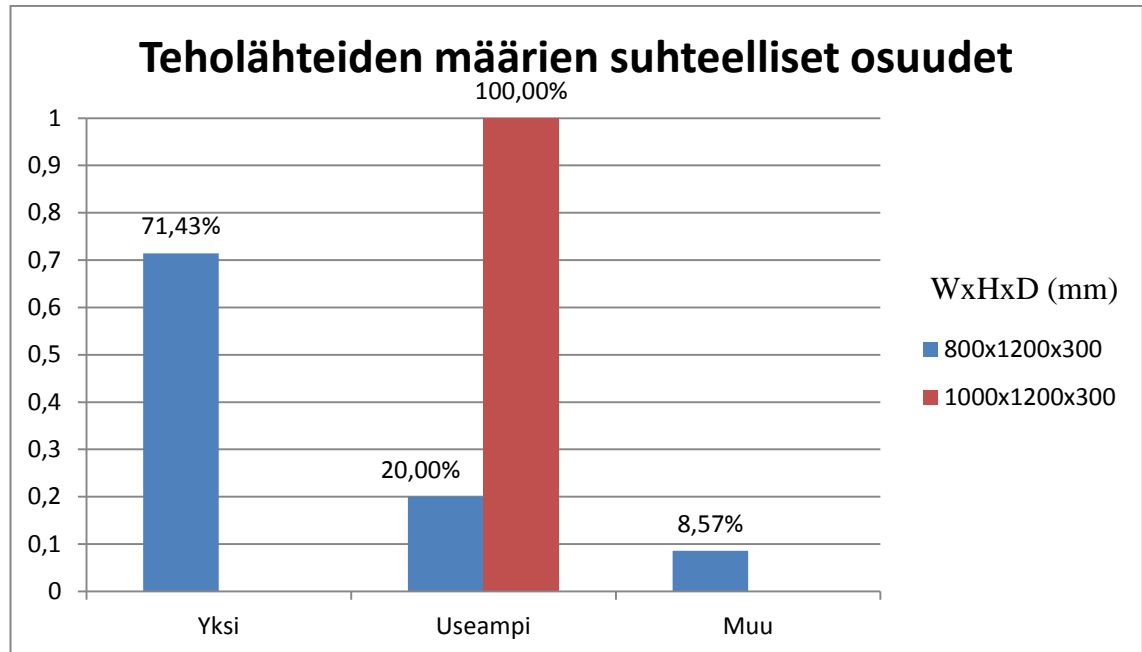
Kuva 3. Ote PULS QS20.241 käyttöohjeesta (PULS GmbH. PULS Dimension QS20.241 data sheet 2013, 1)

Suhteelliset määrät teholähteiden tyypeistä kuviossa 4:



Kuvio 4. Teholähteiden sisääntulojännitteiden suhteelliset osuudet

Redundanttisuus selvitettiin katsomalla projekteista, onko teholähteitä yksi vai useampi. Suhteelliset osuudet kuviossa 5:



Kuvio 5. Teholähteiden redundanttisuuden suhteelliset osuudet

Kuvioita tarkastelemalla saadaan 800x1200x300 kotelolle yleisimmäksi teholähdetyypiksi yksittäinen 480W universaali. Isommalle kotelolle 1000x1200x300 yleisin teholähteratkaisu on redundanttinen 240W tai 480W universaali.

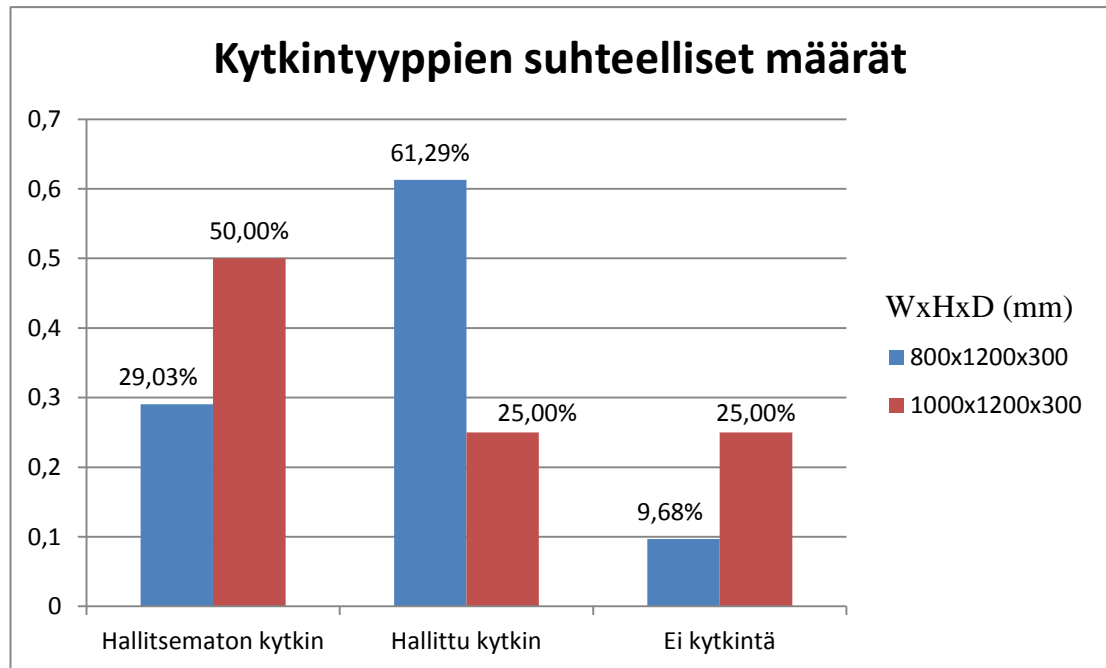
3.2.2 Väyläliitynnät

Väyläliityntöjen tyypit vaihtelivat huomattavasti, kuten kohdassa 3.2.1 teholähteiden osalla. Erilaisia vaihtoehtoja väyläliitynnöissä käytetyistä kytkimistä, tai kytkinmediamuunnin yhdistelmistä oli 22. Projekteissa käytetyistä väyläliitynnöistä kerättiin olennaiset tiedot talteen, jotka eroteltiin karkeasti kolmeen kategoriaan:

- 1) Hallittu kytkin
- 2) Hallitsematon kytkin
- 3) Ei kytkintä

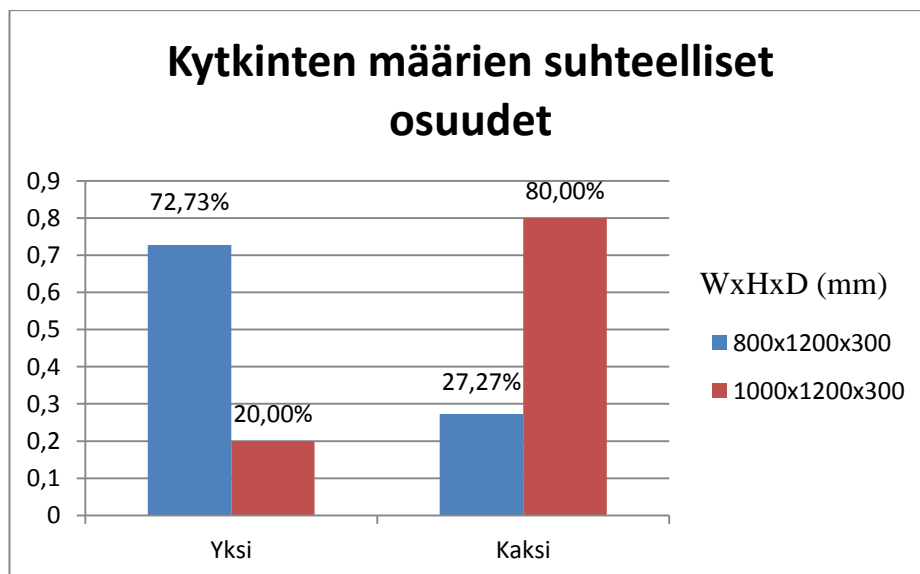
Hallittu kytkin on konfiguroitavissa. Kytkimen konfiguroitavuuden tarve riippuu järjestelmän topologiasta. Hallitsematon kytkin on hallittua kytkintä halvempi vaihtoehto.

Väyläyhteys toteutettiin joissain tapauksissa pelkällä mediamuuntimella, tai RJ-45 -jatkopalalla muuhun järjestelmässä sijaitsevaan solmukohtaan. Koteloissa käytettyjen kytkinten jakaantuminen em. kategorioihin kuviossa 6:



Kuvio 6. Väyläliityntöjen tyyppien suhteelliset osuudet

Väyliityntöjen redundanttisuus selvitettiin. Projektien tiedoista tarkasteltiin onko käytetty yhtä vai kahta kytkintä. Suhteelliset osuudet kuviossa 7:

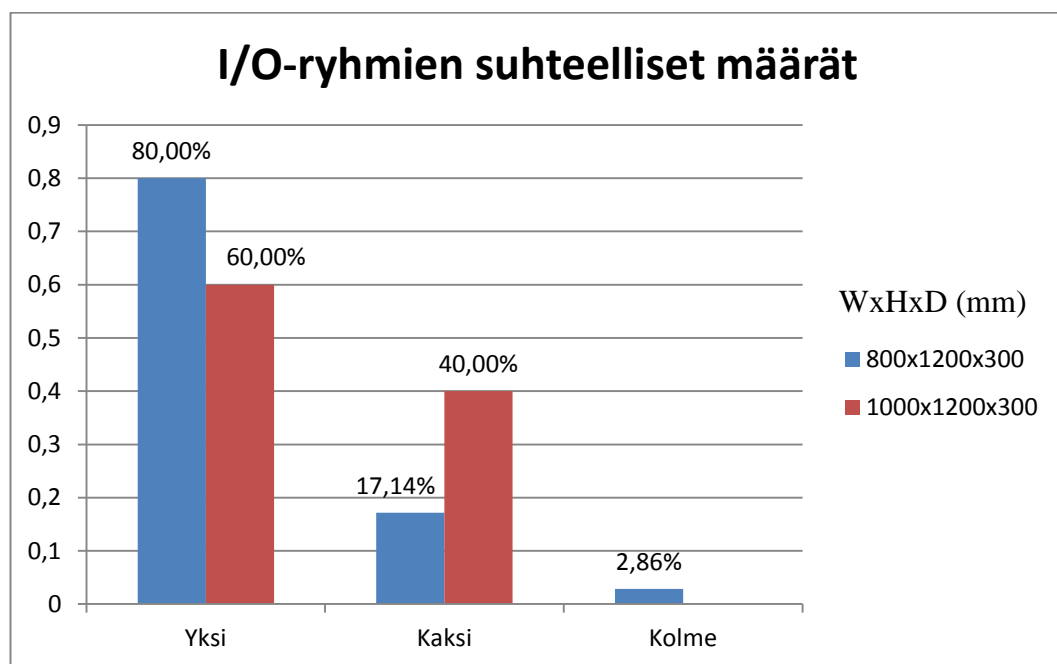


Kuvio 7. Kytkinten määrien suhteelliset osuudet

Kuviota 6 ja kuviota 7 tarkastelemalla saadaan selvitettyä yleisimmät ratkaisut kenttäkoteloiden väyläliitynnöille. Pienemmälle kotelolle (800x1200x300) yksi hallittu kytkin. Isommalle kotelolle (1000x1200x300) kaksi hallitsematonta kytkintä.

3.2.3 I/O-ryhmien lukumäärä

Koteloissa käytettyjen I/O-ryhmien määrät selvitettiin. Tarvittavien I/O-ryhmien määrä on suoraan sidoksissa järjestelmään joihin ne liitetään, ja on siten hyvin projektikohtainen. I/O-ryhmien suhteelliset määrät kuviossa 8:



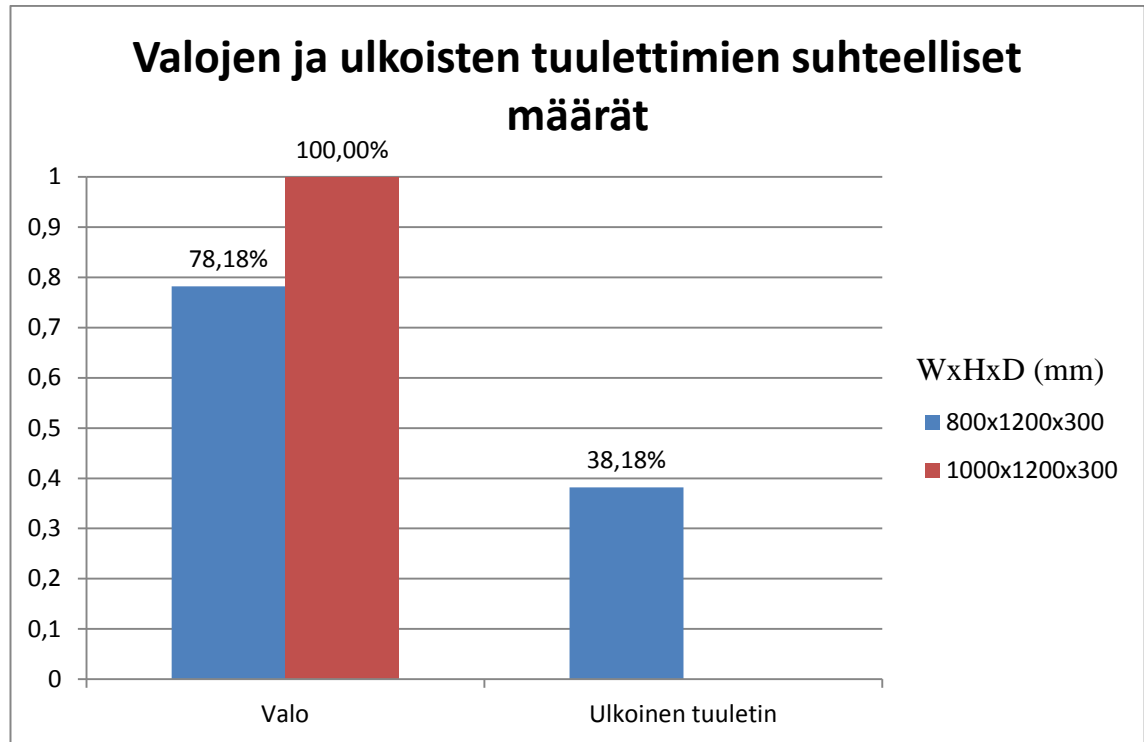
Kuvio 8. I/O-ryhmien suhteelliset määrät

Kuvion 8 perusteella voidaan yleisimmäksi I/O-ryhmien määräksi todeta yksi.

3.2.4 Tuulettimet ja valot

Koteloissa käytettyjen valojen ja ulkoisten tuulettimien suhteelliset määrät selvitettiin. Tuulettimen tarve on riippuvainen ympäristöstä mihin kenttäkotelo sijoitetaan. Ympäristöolosuhteet voivat myös rajoittaa ulkoisen tuulettimen käyttömahdollisuutta. Jos kotelo sijoitetaan ympäristöön missä vaaditaan korkeaa suojausluokkaa kotelolta, ei

tuuletinta voidaan asentaa koteloon. Valojen ja ulkoisten tuulettimien suhteelliset määrät kuviossa 9:



Kuvio 9. Valojen ja ulkoisten tuulettimien suhteelliset määrät

Kuviota 9 tarkastelemalla voidaan todeta, että valo on yleinen lisävaruste kenttäkote-loissa.

4 KENTTÄKOTELOIDEN RAKENTEET

Historiatietojen perusteella määriteltiin kenttäkoteloiden rakenteet. Yleisimpien asiakasprojekteissa käytettyjen ratkaisujen perusteella tehtiin periaatekuvat kotelosta, joiden avulla haastateltiin laitteistosuunnittelijoita.

4.1 Periaatekuvien määrittely historiatietojen perusteella

Historiatietojen selvityksen perusteella päätettiin yleiset mallit kenttäkoteloidelle. Pääasiallisina määrittelykriteereinä toimivat kotelon koko ja IP-luokka.

DNAnD sisältää yli tuhat esimääriteltyä tuotteistettua komponenttia. Samankaltaiset komponentit jaotellaan ohjelman sisällä kaavaimiin, jotka toimivat komponenttikirjas- toina. Esimerkiksi kotelot ja niihin suoraan liittyvät kiinnityskomponentit ovat yhdessä kaavaimessa. DNAnD -kaavaimista löytyi esimääriteltyinä halutut kotelokoot, mutta 1000x1200x300 kotelon ilmoitettu IP-luokka oli 55. IP-luokkien määrän laskennan (taulukko 3) perusteella haluttiin määrittellä kotelon IP-luokaksi 66. Aton PDM:stä löy- tyi MA:n käytössä oleva Schneider Electricin kotelo halutulla koolla ja suojausluokalla.

Koteloiden sisältämien komponenttien määrät määräytyivät pääosin suoraan historiatie- doista. Historiatietojen komponenteista poikettiin 1000x1200x300 koteloiden osalla. Ottaen huomioon kyseisen kotelokoon pienen otannan, päätettiin yhdenmukaistaa kote- loiden sisältämiä komponentteja käyttämällä myös isommassa kotelossa universaalia teholähdettä ja hallittua kytkintä. Kummastakin kotelokoosta tehtiin kaksi erillistä mal- lia – toinen tuulettimella ja toinen ilman. Koteloiden määrittelyt taulukossa 4:

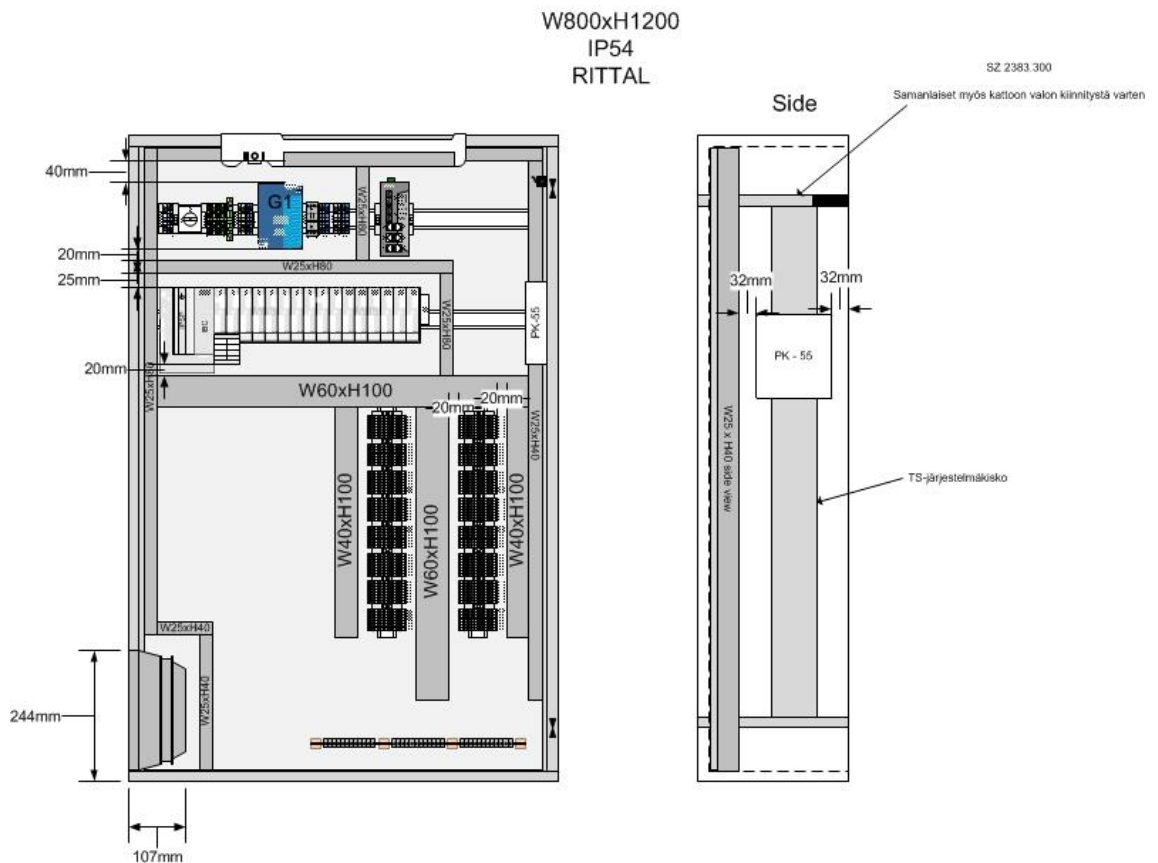
Taulukko 4. Kenttäkoteloiden periaatekuvien määrittely

Koko (WxHxD) / mm	Valmistaja	IP	I/O-ryhmä / kpl	PSU / kpl	Kytkin / kpl
800x1200x300	Rittal	54	1	1	1
800x1200x300	Rittal	66	1	1	1
1000x1200x300	Rittal	54	2	2	2
1000x1200x300	Schneider	66	2	2	2

Koteloista piirrettiin periaatekuvat. Yhteisinä lisäkomponentteina jokaiseen kaappiin määritettiin:

- Pääkytkin, tai pääkytkimet redundantiselle virransyötölle
- Valo ovikytkimellä
- Päätekotelo valokuidulle
- Riviliitinryhmät virranjaolle
- Asennuskiskot
- TE-kiskot
- Kaapelikourut

Esimerkit periaatekuvista kuvassa 4 ja kuvassa 5:



Kuva 4. Periaatekuva W800xH1200xD300 kenttäkotelosta tuulettimella

4.2 Kenttäkoteloiden tuotemäärittelyt

Haastatteluissa saatujen parannusehdotuksien perusteella laadittiin tuotemäärittelyt kenttäkoteloille. Yleiset määrittelyehdot:

- Käytetään Rittal-koteloita ja koteloiden lisävarusteita kun mahdollista
- Suojausluokka IP 54 - 66
- Koteloiden väri RAL 7035
- Koteloiden jäähditys esimäärittely
- Seinäkiinnitys
- Kotelot sisältävät asennuslevyn ja oven

Atoniin luotiin nimikekoodit kotelokokonaisuuksille. Selvitettiin koteloiden mahdolliset terästyypit kotelovalmistajien ilmoittamista tiedoista (Rittal Oy. 2015; Schneider Electric n.d.). Koteloiden terästyypit, nimikkeet ja suojausluokkatiedot taulukossa 5:

Taulukko 5. Koteloiden ominaisuudet ja terästyypit

Kotelon ominaisuudet				Terästyypit (SAE)		
Nimikekoodi	Koko (WxHxD)	IP	Valmistaja	RAL 7035	304L	316L
S447674	800x1200x300	54+	Rittal	x	x	
S447675	800x1200x300	65+	Rittal	x	x	
S447676	1000x1200x300	54+	Rittal	x	x	x
S447677	1000x1200x300	66	Schneider	x		

Kotelovalmistajat ilmoittavat terästyypit SAE-koodilla. Terästyypien määritelmät ja vastaavuudet AISI-koodeihin (SFS-EN 10088-1 2014):

- Ral 7035: Maalattu teräs. Oletustyyppi koteloille
- 304L (AISI 1.4306 ja 1.4307): Matalahiilinen ruostumaton teräs. Hiilipitoisuus pienempi kuin 304, parantaa hitsattavuutta
- 316L (AISI 1.4404, 1.4432, ja 1.4435): Matalahiilinen haponkestävä ruostumaton teräs.

4.2.1 Lisävarusteet

Lisävarustelista tehtiin edellisten määrittelyjen perusteella. Tarkemmat tiedot valinnoista käydään läpi kohdassa 5. Lisävarustelista:

- Valo
 - Ovikytkimellä
- Suodatintuuletin ilmanpoistolla
- Lämpötilanmittausryhmä
- Seinäkiinnitysraudat
- Kaapelin läpivienti
 - Muovinen kaapelilaippalevy kalvoläpivienneillä
 - Pohjalevy tiivistekalvoilla
- Universaali teholähde 20A
 - PULS PSU
 - Redundanttisuus-moduulia käytetään kun tarvetta
- Ylimääräistä asennustilaa kotelon kyljessä
- I/O-ryhmät:
 - 16 tai 32 I/O-yksikköä riippuen kotelon koosta
- Väyläyhteys:
 - Turbo Ring –topologiaan soveltuva kytkin (408A)
 - Päätekotelo valokuidulle
- Asennuskiskot
- Kaapelikourut

5 KENTTÄKOTELOIDEN TEKNISET TUOTERAKENTEET

Teknisiä tuoterakenteita tehdessä selvitettiin tarkat tiedot koteloiden käytetyille laitteille ja lisävarusteille. Laitteiden valinnassa varmistettiin yhteensopivuus suunniteltavan kokonaisuuden kanssa ja verrattiin julkisia hintatietoja eri laitevalmistajien välillä kalliimmista laitteista. Aktiivisten komponenttien jäähdytyksen vaatimat ilmankiertovälit selvitettiin, ja sijoitettiin komponentit näitä vaatimuksia noudattaen.

Komponentteina ja lisävarusteina pyrittiin käyttämään DNAnD:n kaavaimista löytyviä nimikkeitä. Tarvittavan komponentin puuttuessa se tuoteistettiin MA:n järjestelmiin.

Komponentit merkitään viitetunnuksilla, jotka perustuvat kumottuun standardiin SFS-EN 61346-1. Kumotun standardin korvaava uudempi standardi SFS-EN 81346-2 ei ota yksiselitteisesti kantaa osaan komponenttien merkinnästä (mm. teholähde). Kenttäkotelon standardisoidut pohjat pidetään yhdenmukaisena MA:n suunnittelukäytännön suhteen. Opinnäytetyön kannalta relevantit standardiotteet taulukossa 6 ja taulukossa 7:

Taulukko 6. Standardin määrittelemät viitetunnukset laitteistolle (SFS-EN 61346-1 1996, 86)

Taulukko E.1 Yksikön lajin kirjaintunnukset

Kirjain-tunnus	Yksikön laji	Esimerkkejä
A	Laitteistot, osalaitteistot, laitteet, osalaitteet	Erilliskomponenteista koottu vahvistin, magneettinen vahvistin, laseri, maseri, piirilevy
B	Muuttimet muista suureista sähkösuureiksi ja päinvastoin	Lämpösähköntoelin, lämpöpari, fotosähköpari, dynamometri, kidemuunnin, mikrofoni, toistopää, kaiutin, kuuloke, synkro, resolveri
C	Kondensaattori	
D	Binäärielimet, viivästyselimet, muistit	Digitaaliset mikropiirit ja komponentit, viivästysjohto, bistabiilielin, monostabiilielin, ydinmuisti, rekisteri, magneettinauha- ja levymuisti
E	Sekalaiset	Valaisin, lämmitin, laite tai komponentti, jota ei ole määritelty muualla tässä taulukossa
F	Suojalaitteet	Varoke, ylijännitesuoja, purkaussuoja
G	Generaattorit, syöttölaitteet	Generaattori, pyöriävä taajuuden muuttaja, paristo, oskillaattori, kideoskillaattori
H	Merkinantolaitteet	Optinen merkinantolaitte, akustinen merkinantolaitte
J	–	–
K	Releet, kontaktorit	
L	Induktiokäämit, kuristimet	Induktiokela, kantoaaltokuristin, kuristin (sarja ja rinnan)
M	Moottorit	
N	Analogiaelimet	Operaatiovahvistin, hybridi analogia/digitaalikomponentti
P	Mittauslaitteet, testauslaitteet	Osoittavat, rekisteröivät ja laskevat mittalaitteet, signaaligeneraattori, kello
Q	Pääpiirin kytkinlaitteet	Katkaisija, erotin
R	Vastukset	Säädettävä vastus, potentiometri, liukuvastus, sivuvastus, termistori
S	Ohjauspiirin kytkinlaitteet, valitsijat	Ohjauskytkin, painike, rajakytkin, valitsijakytkin, valintalevyn kosketin, yhdistämisporras
HUOMAUTUKSIA		
1 Standardin IEC 617-1: Graphical symbols for diagrams – Part 1 General information, General index. Cross-reference Table (1985) sisällysluettelossa esitetään standardisoitujen piirrosmerkkien esittämille yksiköille yleisessä käytössä olevat kirjaintunnukset.		
2 Milloin on mahdollista käyttää useampaa kuin yhtä tunnusta, koska yksikköä voidaan kuvata useammalla nimellä, on käytettävä sitä, joka on yksilöivämpi.		

Taulukko 7. Standardin määrittelemät viitetunnukset laitteistolle, jatkoa (SFS-EN 61346-1 1996, 88)

Taulukko E1 (jatkoa)

Kirjain-tunnus	Yksikön laji	Esimerkkejä
T	Muuntajat	Jännitemuuntaja, virtamuuntaja
U	Modulaattorit, muuttimet	Diskriminaattori, demodulaattori, taajuuden muutin, kooderi, muuttaja, vaihtosuuntaaja, lennätintranslaattori
V	Putket, puolijohteet	Elektroniputki, kaasupurkausputki, diodi, transistori, tyristori
W	Siirtotiet, aaltojohdot, antennit	Johdin, kaapeli, kisko, aaltoputki, aaltojohdon suuntakytkentä, dipoli, paraboloidi antenni
X	Liittimet, pistokytkimet, pistikkeet, pistukat (uros- ja naaraskoskettimet)	Pistokytkimet (pistolulppa ja pistorasia), liuskajousi, jakki, liitinkisko, juotettava liitinrima, lenkki, kaapelin päätte liittimiseen
Y	Sähkömekaaniset laitteet	Jarru, kytkin, pneumaattinen venttiili
Z	Passiiviset pääteverkot, hybridimuuntajat, suodattimet, tasaimet, rajoittimet	Johdon tasain, kompanderi, kidesuodatin, verkko

5.1 Teknisen tuoterakenteen määrittelyn peruseräaatteet

Esimerkkinä teknisen tuoterakenteen määrittelyn peruseräaatteisiin käytetään nimikettä S447674 (800x1200x300). Koteloksi valittiin Rittal AE 1280.500 (Rittal GmbH & Co. KG. 2015). Valmistajan määrittelemä IP-luokitus kotelolle on 66. Kuva kotelon ulko- ja asennuslevynäkymistä liitteessä 1.

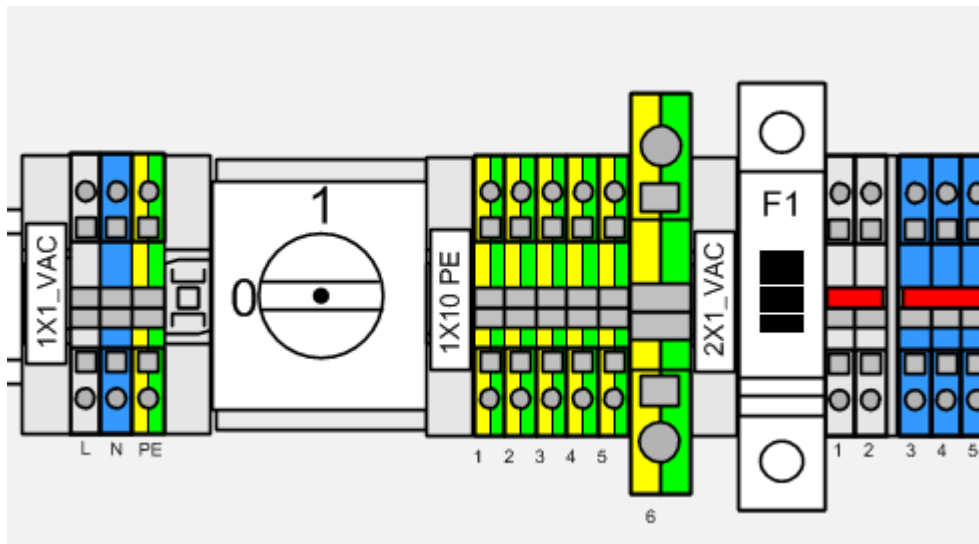
Riviliitinryhmät ja laitteet erotetaan toisistaan päätypidikkeillä (Phoenix Contact Oy 2015). Päätypidikkeisiin merkitään riviliitinryhmän tai laitteen viitetunnus. Automaatiojärjestelmien kaappeihin ja koteloihin sijoitettavat komponentit kiinnitetään yleensä suoraan asennuslevylle, tai DIN-kiskolle.

5.1.1 AC riviliitinryhmät ja maadoitus

Kotelon AC-syötölle sijoitettiin riviliitinryhmä ja pääkatkaisija (1x1_VAC, kuva 6). Riviliitinryhmien nimeämiskäytäntö on MA:n sisäinen. Ryhmän ensimmäinen numero ilmaisee riviliitinryhmän käyttötarkoituksen (AC-syöttö, DC-syöttö, hälytysryhmä, ym.), toisella numerolla erotetaan saman käyttötarkoituksen riviliitinryhmät toisistaan. Riviliitinryhmä koostuu kolmesta värikoodatusta riviliitimestä L, N ja PE, joihin kytketään järjestelmän sähkönsyöttökeskuksesta tuleva AC-syöttö.

Pääkatkaisijaksi määritettiin Kraus & Naimer KG –kytkin (Kraus & Naimer Oy. 2015) Riviliittimet L ja N kytketään pääkatkaisijaan katkaisijan ohjeen mukaisesti, suojamaadoitus PE kytketään kotelon suojamaadoitusryhmään 1X10 PE. Katkaisija kytketään AC:n jakoon tarkoitettuun riviliitinryhmään 2X1_VAC (kuva 6).

Suojamaadoitusryhmään 1X10 PE (kuva 6) kytketään kaikki suojamaadoitusta vaativat kotelon osat. Ryhmän viimeinen riviliitin (kuva 6, 1X10 PE : 6) kytketään automaatiotilan suojamaadoituskiskoon.



Kuva 6. Ote kotelon sisällöstä. AC- ja PE-riviliitinryhmät

5.1.2 Teholähde, DC-, ja hälytys-riviliitinryhmät

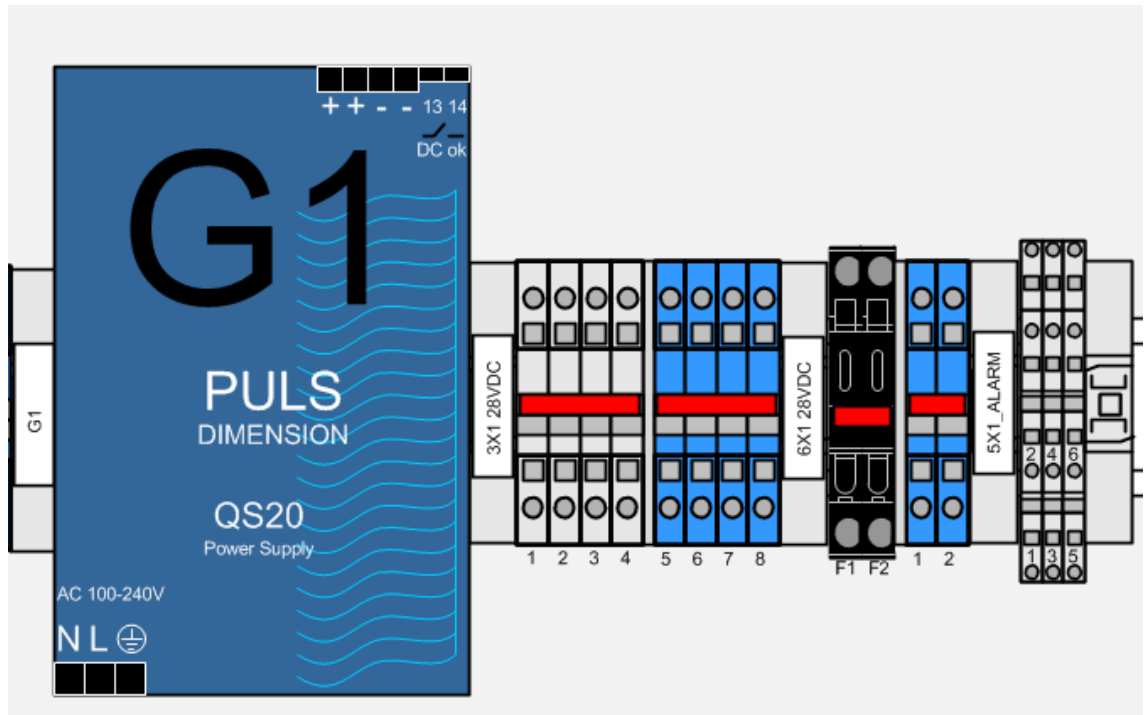
Teholähteiden valinnassa verrattiin kolmea laitevalmistajaa: PULS, Omron ja Phoenix Contact. Omronin MA:lle tarjoamat teholähteet ovat uusia. Niille suoritetaan vielä MA:n sisäisiä testejä, joten ne jätettiin valinnoista pois. Verrattiin PULS- ja Phoenix Contactin tarjoamia 20 A teholähteitä keskenään. Vertailukriteereinä olivat jälleenmyyjien ilmoittamat julkiset hinnat, ja laitevalmistajien ilmoittamat keskimääräiset ajat viikatilojen välillä (jatkossa MTBF). PULS QS20.241 hinta haettiin Galcon nettikaupasta (Galco Industrial Electronics Inc. 2015.). QS20.241 MTBF laitteen tuotetiedoista (PULS GmbH. 2013). Phoenix Contact QUINT-PS hinta haettiin Mouserin nettikaupasta (Mouser Electronics Inc. 2015). QUINT-PS MTBF laitteen tuotetiedoista (Phoenix Contact GmbH. 2010) . Vertailutulokset taulukossa 8:

Taulukko 8. Teholähteiden vertailu

Komponentti	Valmistaja	MTBF / h	Hinta / €
QS20.241	PULS	840000	417.58
QUINT-PS/ 1AC/24DC/20	Phoenix Contact	> 500000	340.84

Kriteerit ovat vain suuntaa-antavia, sillä hinnat voivat vaihdella jälleenmyyjien välillä, ja MTBF ei kerro laitteen todellista elinaikaa. Standardoiduissa koteloiduissa päätettiin käyttää toimintavarmuudeltaan parempaa laitetta, joten teholähteeksi valittiin PULS QS20.241.

AC-syöttö kytketään 2X1_VAC –riviliitinryhmästä teholähteeseen, joka kytketään 3X1 28 VDC, ja 6X1 28 VDC –riviliitinryhmiin (kuva 7).

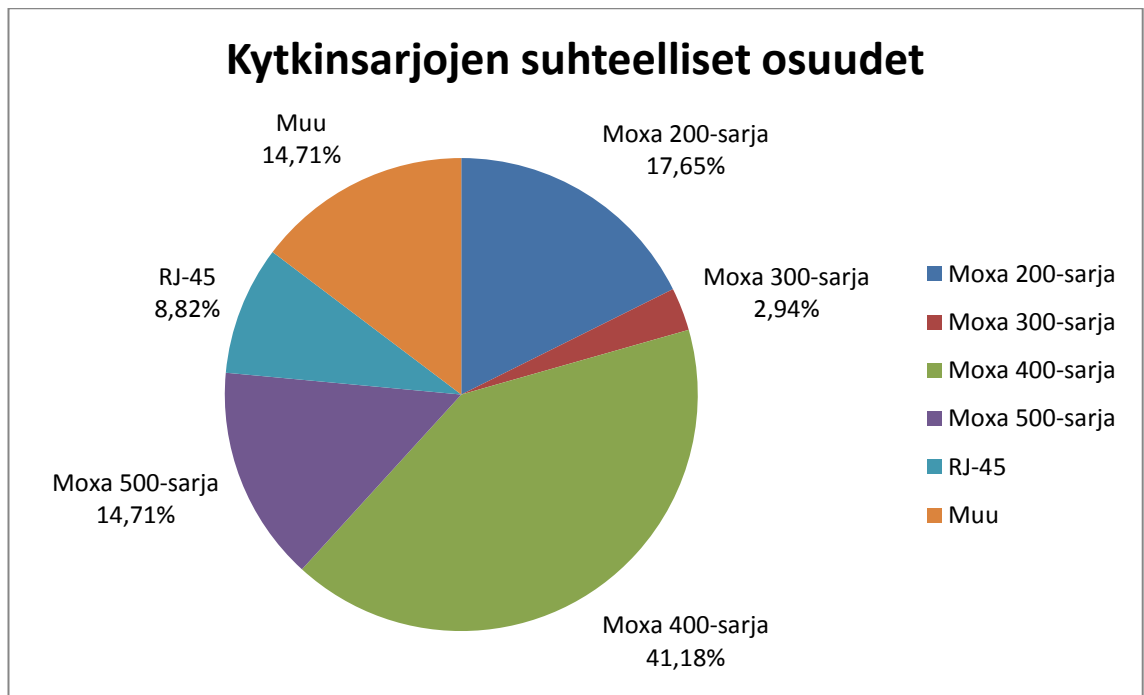


Kuva 7. Ote kotelon sisällöstä. Teholähde ja DC-riviliitinryhmät

Riviliitinryhmä 3X1 on tarkoitettu tasavirtakomponenteille joihin voi suoraan syöttää jännitteen. Riviliitinryhmä 6X1 syöttää jännitteen sulakkeiden läpi. Ryhmään 5X1_ALARM kytketään kotelon sisältämien laitteiden hälytys-signaalit. Hälytysryhmään kytketyt signaalit johdotetaan signaaleita vastaanottavaan input-korttiin projekti-kohtaisesti.

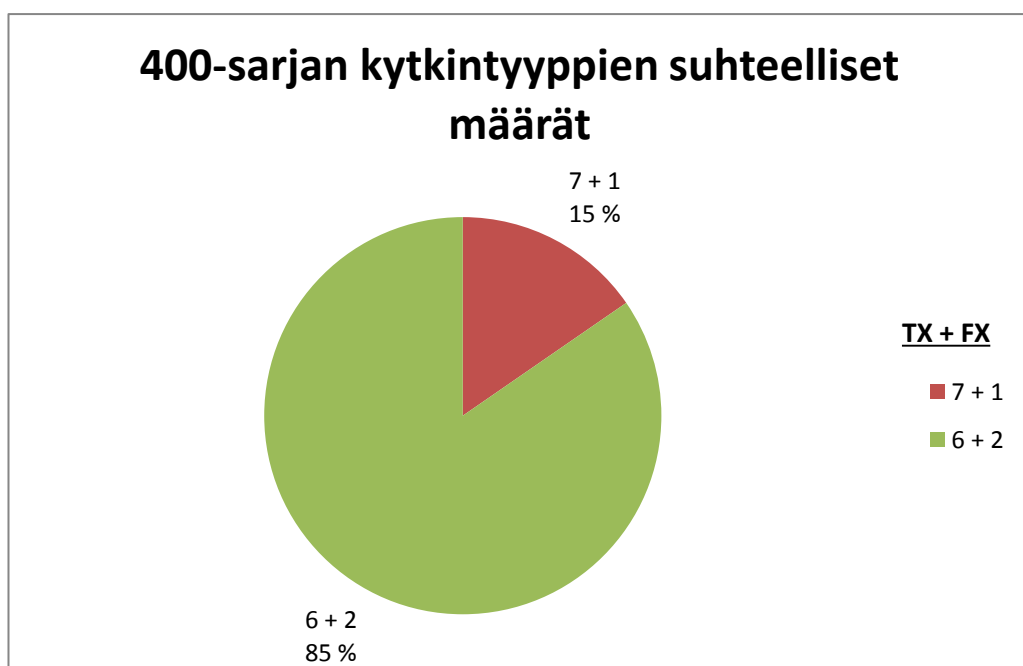
5.1.3 Kytkin ja valokuidun päätetekelo

Verkon topologia ja kenttäkotelon sijainti sen hierarkiassa on projektikohtainen. Laajennettiin historiatietojen selvitystä kytkinten osalta selvittämällä käytettyjen kytkinten tarkemmat mallit. Historiatiedoista näkyi selvästi, että käytetyin valmistaja oli Moxa. Selvitettiin mihin X00-sarjaan kytkimet kuuluivat. Tulokset kuviossa 10:



Kuvio 10. Kytkimistyyppien suhteelliset osuudet projekteittain

Kuviota 10 tarkastelemalla huomataan, että Moxan 400-sarjan kytkimet ovat selkeä enemmistö projekteissa käytetyistä kytkimistä. Moxan 400-sarjan kytkimet ovat hallittuja teollisuuskytkimiä. 400-sarjan sisällä kytkinten tyytit vaihtelevat 5- ja 8-porttisten mallien välillä. Porteista maksimissaan 3 on valokuituliityntöjä, kytkimen mallista riippuen. Tarkennettiin projektikohtaista selvitystä kattamaan valokuituliityntöjen määrä (kuvio 11).



Kuvio 11. Projekteissa käytettyjen kytkintyyppien suhteelliset määrät

Kahdella valokuituliitynnällä varustettu kytkinmalli on selkeästi yleisin. 5-porttinen kytkin (3 TX + 2 FX) riittäisi kahdelle I/O-ryhmälle. Metso on kuitenkin brändännyt käyttöönsä vain 8-porttiset 408-malliset kytkimet Moxan 400-sarjasta. 405- ja 408-mallisilla kytkimillä on selkeä hintaero Moxan nettikaupassa (Moxa Inc. 2012). Kuluttajahinnat eivät kuitenkaan korreloidu suoraan yrityksen kappalekohtaisiksi hinnoiksi. Suuret tilausmäärät tuovat kappalekohtaista hintaa alaspäin. Moxan 8-porttinen kytkin soveltuu myös ACN I/O-kaappeihin, joka nostaa tilausmäärää. Järjestelmän ylläpito helpottuu myös, kun saman mallista kytkintä voidaan käyttää mahdollisimman monessa eri kaapissa ja kotelossa. Varaosien varastointi yhdenmukaistuu, ja laitteiden konfigurointi ja alustus seuraa samaa kaavaa kohteesta riippumatta.

Runkoväyläyhteys koteloon tuodaan valokuiduilla. Valokuidut viedään päätetekeloon jossa ne liitetään valmiisiin liittimiin, tai hitsataan kiinni valokuidun jatkeeseen. Päätekoteloksi valittiin Draka Comteq PK-55 (Prysmian Group 2013). PK-55:ssä on kapasiteetti 12 kuidulle, ja kuudelle SC-liittimelle. Turbo Ringin toteuttaminen vaatii neljä SC-liitintä.

5.1.4 I/O-ryhmä

I/O-ryhmänä käytettiin esimääriteltyä rakenteista nimikettä D201897. Nimike rakentuu IPSP / IBC –asennuslevystä, IPSP:stä, IBC:stä, kahdesta MB8-alustasta ja alustojen IT-päätevastusyksiköstä.

IPSP on ACN I/O:ssa käytettävä DC-teholähdeyksikkö. IPSP muodostaa IBC-väyläohjaimen ja I/O-yksiköiden tarvitsemat käyttöjännitteet. (IPSP D201832 2014, 1). Teholähdeyksikön vaihtoehtona oli pienempitehoinen IPS. Koska I/O-ryhmän tehontarve määräytyy projektikohtaisesti käytettävien I/O-korttien mukaan, määriteltiin vakio-
ratkaisuksi isompitehoinen yksikkö.

IBC on prosessiväyläohjain, joka yhdistää prosessinohjauspalvelimen (PCS) ja I/O-yksiköt. IBC kytkeytyy prosessinohjauspalvelimen kenttäväyläohjaimen 10/100 Mbit/s Ethernet-liitynnän avulla. IBC liittyy I/O-yksiköihin asynkronisen 1,5 Mbit/s sarjaväylän kautta (IBC D201138 2014, 1). Prosessiväyläohjaimen voi korvata ACN SR1-yksiköllä.

MB8 on asennusalusta, johon voidaan liittää ACN I/O –tuoteperheen M80-sarjan I/O-yksiköitä kahdeksan kappaletta (MB8, FCR ja FCS field connector units 2014, 1).

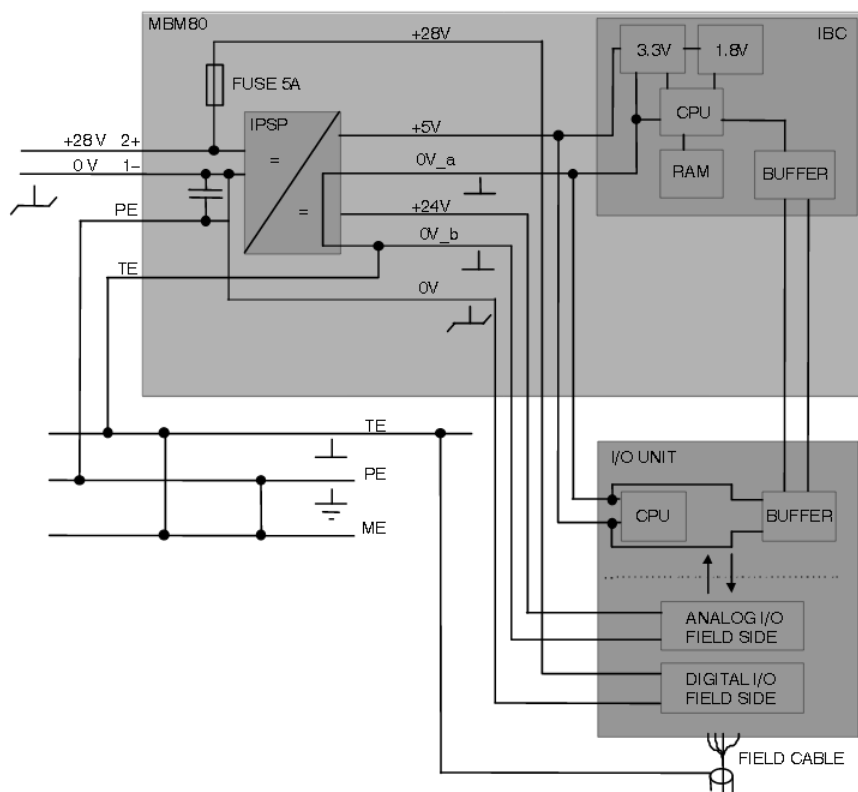
IT on päätevastusyksikkö, jota käytetään ACN I/O –väylän päättämiseen (IT D201381 2014, 1).

I/O-ryhmään voi liittää maksimissaan 16 I/O-yksikköä. IPSP:n virransyöttö otetaan 3X1 28VDC –riviliitinryhmästä. IBC kytketään kenttäkoteloissa olevaan kytkimeen. Prosesiväyläohjaimesta voidaan tehdä redundanttinen lisäämällä toinen IBC-yksikkö, ja kytkemällä IBC-yksiköt toisiinsa sisäisellä kahdennusväylällä.

I/O-ryhmä maadoitetaan kotelon PE- ja TE-ryhmiin (kuva 8).

5.5 MAADOITUSPERIAATTEET

ACN I/O –ryhmän maadoitusperiaatteet on esitetty seuraavissa kuvissa:



Kuva 8. ACN I/O –ryhmän maadoitusperiaatteet (Metso DNA Hardware ACN I/O:n tekninen käsikirja, Asennus ja käyttöönotto 2014, 44)

Esimääritelty I/O-ryhmä on tarkoitettu M80-sarjan I/O-korteille. Suunnittelussa huomiointiin M120-sarjan I/O-ryhmän vaatima tila. M120-sarjaa käytetään, kun I/O-korttien kanavilta vaaditaan galvaanista erotusta, tai kun kenttäsignaalit käyttävät AC:ta.

5.1.5 Tuuletin, valo ja kaapin sisäinen lämpötilanmittaus

Tuuletin valittiin Rittal-koteloihin yhteensopivista vaihtoehtoista. Tuulettimet jakaantuivat käyttöjännitteen ja koon mukaan. Käyttöjännitteet suurimmalla osalla tuulettimista ovat 24 VDC, 115 VAC, ja 230 VAC. AC-tuulettimet ovat edullisempi vaihtoehto DC-tuulettimiin verrattuna (Rittal Oy 2015). Sovitettiin suurin mahdollinen tuuletin kenttäkotelopohjaan. Määritettiin vakiotuulettimeksi 230 VAC 255 mm x 255 mm. Poistoilmasuodatin kuuluu tuuletinpakettiin.

Tuulettimen listattu kotelointiluokka on IP 54. Tuulettimeen saa tilattua lisävarusteita korottamaan IP luokitusta:

- Hienosuodatinmatolla IP 55
- Roiskevesisuojaalla IP 56

Valoksi määritettiin Rittal 24 V LED järjestelmävalaisin. Valo kytketään ovikytkimeen SZ 4315.820.

Kotelon sisäinen lämpötilamittaus toteutettiin rakenteisella nimikkeellä S445646. Nimi-ke sisältää kokonaisen lämpötilamittaussarjan, joka koostuu Inor 2-johdin lämpötilälähetimestä APAQ-HRF, PT-100 anturista ja DIN-kisko kiinnitysklipsistä (Inor Process AB n.d.). Lämpötilamittaussarjan saa kiinnitettyä suoraan asennuslevyyn, jos kaappiin määritetyt DIN-kiskot vaaditaan muiden komponenttien käyttöön. Yleinen ratkaisu on liittää lämpötilälähetin kotelon I/O-ryhmässä sijaitsevaan analogia mittauskorttiin (esim. AI8C).

5.1.6 Kaapin mekaniikka ja kenttälaiteliitännät

Laitteiston kiinnittämiseen käytettävien DIN-kiskojen sijainnit määritettiin. Aktiivisten komponenttien vaatimat ilmankiertotilat selvitettiin. Teholähteen asennusohjeen mukaisesti teholähde vaatii tilaa seuraavasti (kuva 9):

- 40 mm yläpuolella, 20 mm alapuolella
- 5 mm sivuilla, tai 15 mm jos viereinen laite tuottaa lämpöä

2. INSTALLATION REQUIREMENTS

This device may only be installed and put into operation by qualified personnel.

This device does not contain serviceable parts. The tripping of an internal fuse is caused by an internal defect.

If damage or malfunction should occur during installation or operation, immediately turn power off and send unit to the factory for inspection.

Mount the unit on a DIN-rail so that the output terminals are located on the top and the input terminals are located on the bottom of the unit. For other mounting orientations see de-rating requirements in this document. See chapter 22.13.

This device is designed for convection cooling and does not require an external fan. Do not obstruct airflow and do not cover ventilation grid (e.g. cable conduits) by more than 30%!

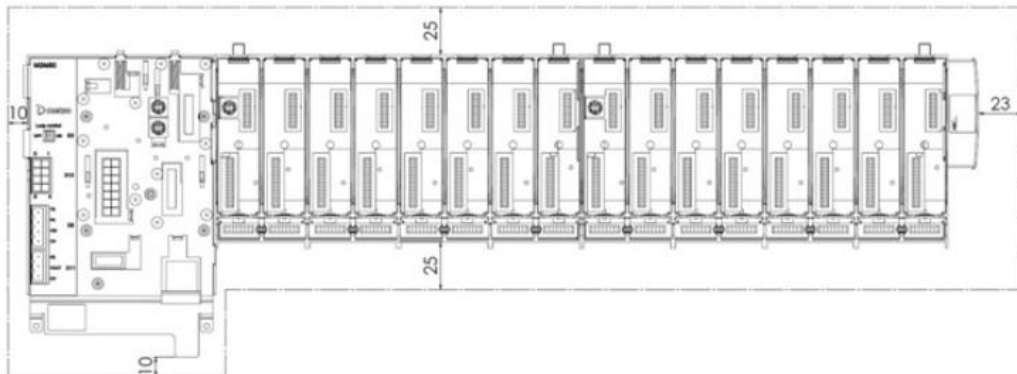
Keep the following installation clearances: 40mm on top, 20mm on the bottom, 5mm on the left and right sides are recommended when the device is loaded permanently with more than 50% of the rated power. Increase this clearance to 15mm in case the adjacent device is a heat source (e.g. another power supply).

A disconnecting means shall be provided for the output of the power supplies when used in applications according to CSA C22.2 No 107.1-01.

Kuva 9. Ote QS20.241 manuaalista. Teholähteen QS20.241 vaatimat ilmankiertotilat. (PULS GmbH. PULS Dimension QS20.241 data sheet 2013, 3)

Kytkimelle ei ollut määriteltynä vaadittua ilmankiertotilaa. I/O-ryhmän vaatimat ilmankiertotilat kuvassa 10:

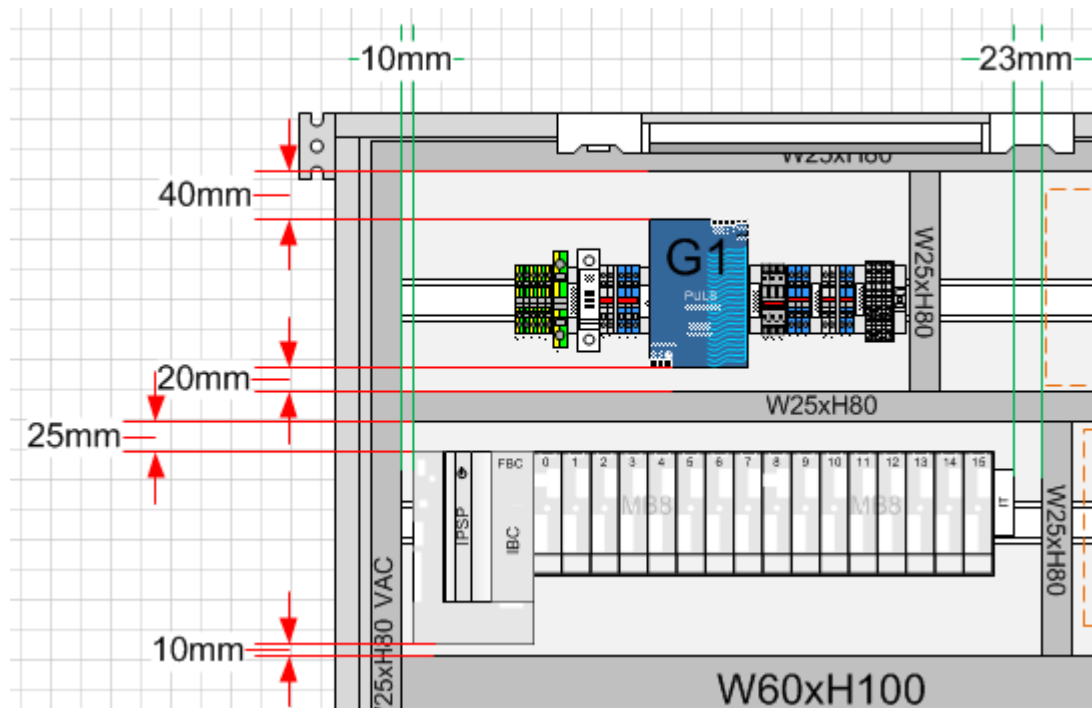
4.1 M80-SARJA



Kuva 65 ACN I/O -ryhmän vaatima ilmankiertotila, MBM80 + I/O-asennusalustat

Kuva 10. M80-sarjan I/O-ryhmän vaatima ilmankiertotila (ACN I/O:n tekninen käsikirja, Mitoituskuvat 2014, 35)

Ilmankiertotilat huomioiden mitattiin välit DIN-kiskoilla sijaitsevien laitteiden ja niiden välittömässä läheisyydessä oleviin kaapelikouruihin. Mittapiirroskuvat kuvassa 11:



Kuva 11. Komponenttien sijaintia määrittelevä mittapiirroskuva kotelosta S447674

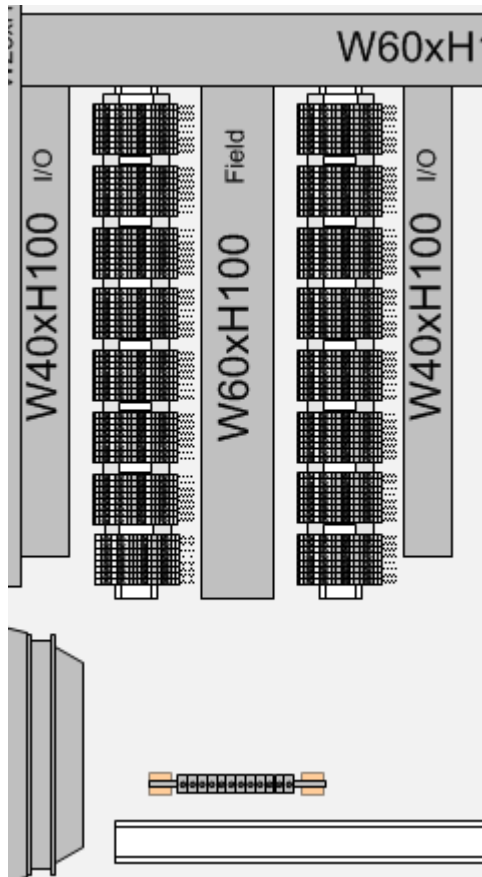
Sijoitettiin tuuletin ja ilmanpoistoaukko. Kylmä ilma imetään pohjasta, lämmin ilma poistuu ylhäällä sijaitsevasta ilmanpoistoaukosta. Tuuletin pyrittiin sijoittamaan niin alas kuin mahdollista. 3D-mallituksen yhteydessä selviää tuulettimen lopullinen paikka.

Sijoitettiin riviliittimet, TE-kisko ja vedonpoistoon tarkoitettu C-kisko kenttäkaapeille. Suunnitteluperiaatteena on käytetty 8-kanavaiselle digitaaliselle I/O-kortille meneviä johtimia. Yhdessä riviliitinryhmässä on kahdeksan 2-tasoista riviliitintä. Riviliitinryhmiä on 16. Järjestelmässä käytetyt I/O-kortit ovat kuitenkin täysin projektikohtaisia.

Riviliitinryhmien koko voidaan myös mitoittaa kenttäkaapelin mukaisesti, esim. päättämään 12-parinen MMJ-kaapeli. Riviliittimien käyttö ei ole pakollista, vaan kenttäkaapelit voidaan johdottaa suoraan I/O-korteille kiinnitettäviin FCx-liittimiin.

MB8 (D201376)-yksikkö sisältää nauhakaapeliliittynät I/O-yksiköiden kenttäsignaaleille. Kenttäliittynät voidaan tehdä joko nauhakaapelilla liitettävällä CXS-, CXW- tai CXR-ristikykentälevyillä tai MB8-asennusalustaan asennettavilla FCR- ja FCS-liittinyksiköillä. FCR (S446106)-yksikön kenttäsignaalien liittimet ovat ruuviliittimiä ja FCS (S446105)-yksikön jousivoimaliittimiä. (MB8, FCR ja FCS field connector units 2014, 1)

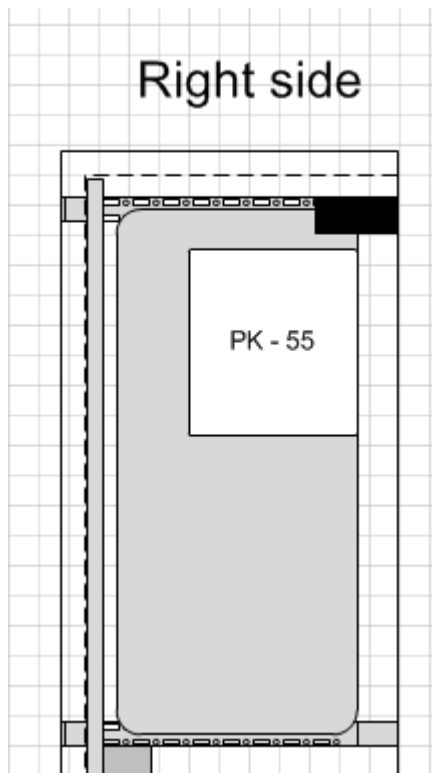
Riviliittimet voidaan myös korvata ristikytöntälevyillä. Näistä syistä kenttäkaapeille tarkoitetut riviliittimet toimivat pelkästään tilavarauksena. Kenttäkaapeleiden vedonpoistokisko ja TE-kisko sijoitetaan mahdollisimman alas (kuva 12).



Kuva 12. Kenttäkaapeleiden vedonpoisto- ja TE-kisko, sekä riviliittimet kotelossa S447674

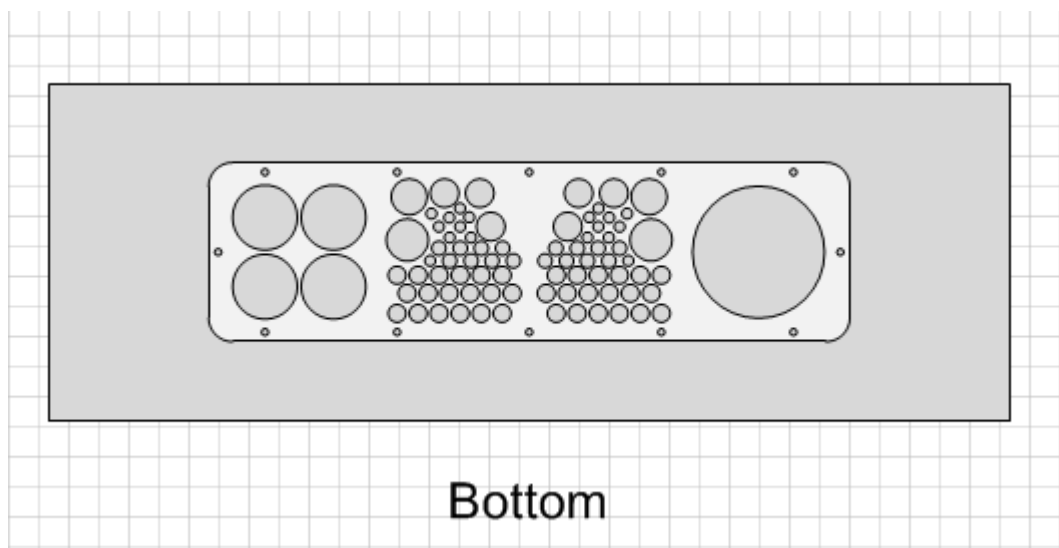
Sijoitettiin kaapelikourut. Kotelon AC- ja DC-puoli erotetaan toisistaan. Erottelu lisää asennusturvallisuutta, ja ehkäisee AC:n aiheuttamia häiriöitä kenttälaitteiden ja I/O-korttien välisiin johtimiin. Kotelon AC-syöttö tuodaan vasemmalta puolelta, joten kaikki AC-riviliitinryhmät ja -komponentit sijoitettiin niin vasemmalle kuin mahdollista.

Selvitettiin Rittal-koteloon yhteensopivat kiinnityskomponentit kotelon kylkeen sijoitettaville komponenteille. Valittiin SZ 2383.300 –kiinnityskiskot. Kiinnityskiskojen väliin kiinnitetään TP 6730.310 -asennuslevy. PK-55 päätekotelo kiinnitetään asennuslevylle (kuva 13).



Kuva 13. Kotelon seinään asennettavat komponentit.

Valittiin kaapelin läpivienniksi muovinen kaapelilaippalevy SZ 2563.500 (kuva 14). Laippalevyn ilmoitettu IP luokitus on IP 65, joka riittää tuulettimella varustetun kotelon suojausluokkiin.



Kuva 14. Kaapeliläpivienti SZ 2563.500.

Koteloon lisättiin SZ 2508.100 –seinäkiinnitysraudat. Valmis kokoonpano kotelosta liitteessä 2.

5.2 Muiden koteloiden tekninen tuoterakenne

Kolme muuta suunniteltavaa kotelopohjaa pohjautuvat kohdassa 5.1 määriteltyihin komponentteihin. Seuraavissa kohdissa käydään läpi niiden eroavaisuudet koteloon S447674.

5.2.1 S447675, 800x1200x300 IP 65+

Kotelosta poistettiin tuuletin ja tuulettimelle varattu sulake riviliittimiseen. Kotelon vakio suojausluokka on IP 65. Vaihtamalla kaapelin läpivientilaippa Rittalin metalliseen malliin SZ 2563.100 saadaan nostettua suojausluokka IP 66:een. Tässä tapauksessa läpivientilaippaan on lisättävä läpivientiholkit käytettyjen kaapeleiden perusteella.

5.2.2 S447676, 1000x1200x300 IP 54+

Käytetty kotelo on Rittalin 2-ovinen malli. Kotelo jäähdytetään tuulettimella. Kotelon lisätilan ansiosta koteloon saa mahdutettua:

- Redundanttisen sähkönsyötön
- Redundantitiset teholähteet ja niille redundanttisuus-moduuli
- Redundantitiset kytkimet
- 2 I/O-ryhmää

Kotelon suojausluokka maksimissaan IP 55, joka tulee huomioida tuulettimen lisävarusteita valitessa.

Redundanttisuusmoduuli kytketään kumpaankin DC-teholähteeseen. Moduulissa on yksi DC-lähtö, joka voidaan asettaa 20 A tai 40 A tilaan. Moduuli suodattaa virtapiikit teholähteiden vikatilanteissa. Moduuli voidaan asentaa kahden 20 A:n teholähteen väliin käyttöohjeen mukaisesti (kuva 15).

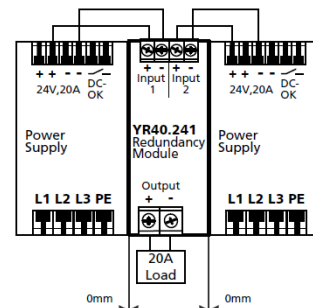
17.3. SIDEWARDS INSTALLATION CLEARANCES

The minimum clearance recommendations are defined in chapter 2.

Normally, the following installation clearance are recommended: 40mm on top, 20mm on the bottom, 5mm on the left and right sides when the device is loaded permanently with more than 50% of the rated power. Increase this clearance to 15mm in case the adjacent device is a heat source (e.g. another power supply).

The clearance between the power supplies and the redundancy module can be reduced to zero under the following conditions:

- 1+1 redundancy application with maximum 20A output current.
- The power supplies are from the PULS DIMENSION series.
- The redundancy module is placed between the two power supplies.
- The output voltage is set to the same level on both power supplies.



Kuva 15. Ote redundanttisuusmoduulin käyttöohjeesta. Redundanttisuusmoduulin asennus (PULS GmbH. PULS Dimension YR40.241 data sheet 2008, 15)

5.2.3 S447677, 1000x1200x300 IP 66

Käytettiin Schneiderin koteloja ja koteloon liittyviä lisävarusteita. Seinäkiinnitystilaa kyseisessä kotelopohjassa ei ole esimääriteltynä. PK-55 siirrettiin DIN-kiskolle. Erona kohdan 5.2.2 koteloon S447676 on kotelon lisäksi:

- Seinäkiinnityskomponentit
- Läpivientilaipat
- Pohjalevyt

Kuva kotelon ulko- ja asennuslevynäkymistä liitteessä 7. Kuva kotelon komponenteista liitteessä 8. Kotelon kytkentäkuvat liitteessä 9 – liitteessä 12.

5.3 Konfiguroitavat valinnat toisensa poissulkeville tuotteille

MA:n myyntityökaluun voidaan määrittää valintoja rakenteisten nimikkeiden komponenteille. Standardisoiduille kotelopohjille voidaan määrittää seuraavat valinnat

- Kotelon terästyppi: RAL 7035, 304L, 316L
- Kytkimen malli: 408A, 405A
- Teholähde: 480W, 240W
- Kaapelin läpivienti: SZ 2563.500 (IP65), SZ 2563.100 (IP 66)
- Tuulettimen lisävarusteet: ei lisävarusteita, hienosuodatinmatto SK 3182.100 (IP 55), roiskevesisuoja SK 3240.080 (IP 56)
- Tuulettimen tyyppi: 230 VAC, 115 VAC

Työn edetessä konfiguroitavien valintojen määrittäminen myyntityökaluun luettiin aihealueen ulkopuolelle.

6 KENTTÄKOTELOIDEN POHJAT SUUNNITTELUTYÖKALUUN

Teknisen tuotemäärittelyn perusteella laadittiin valmiit mallipohjat suunnittelutyökaluun. Mallipohjat ovat kokonaisuuksia jotka sisältävät kaapin ulkoasun, sisällön, ja sähköiset kytkennät.

6.1 Kenttäkoteloiden pohjat DNAnD -suunnittelutyökaluun

Teknisessä tuotemäärittelyssä luoduista kotelo-layout kuvista poistettiin epäolennaiset tiedot, kuten kaapelointia ilmaisevat tekstit ja mittaviivat. Kotelo-layout piirustukset jaettiin omille sivuilleen, kotelon ulkoasua näyttävä kuva sivulle ”Cabinet Layout” ja kotelon sisältämät komponentit sivulle ”Cabinet Layout Inside”. Layout-kuvat liitteessä 1 ja liitteessä 2.

6.1.1 Kytkentäkaaviot

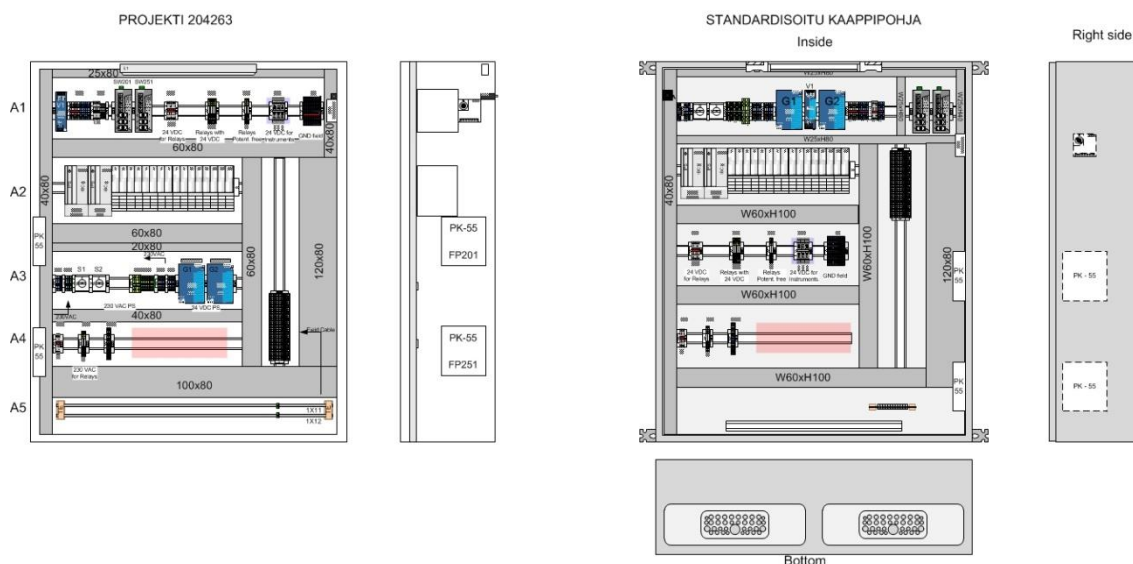
Kytkentäkaavioissa näytetään kaapin sisäiset sähkökytkennät. Komponentit merkitään sähköisin piirrosmerkein. Johdinten koot ja värit merkitään. Johtimet on mitoitettu standardin SFS-EN 61439-1 mukaan (SFS-EN61439-1 2013, 156). Kytkentäkaaviot on jaettu neljälle eri sivulle. Pääsivu ”Main Diagram”, tasavirtakomponentit ”3X1” Sulake-ryhmä ”6X1”, hälytysryhmä ”5X1”. Kotelon S447647 kytkentäkaaviot liitteessä 3 – liitteessä 6.

6.2 Kenttäkotelopohjien testaus case-projektilla

Standardisoitua pohjaa testattiin työn tilaajan valitsemaan vanhaan toteutuneeseen asiakasprojektiin 204263. Projektissa käytetty kotelo oli suojausluokaltaan IP 66, ja leveydeltään 1000 mm. Käytettäväksi pohjaksi valittiin nimike S447677. Standardoidusta pohjasta poistettiin ylimääräinen I/O-ryhmä ja esimääritellyt riviliitinryhmät kenttäkaapeille. AC- ja DC-riviliitinryhmiä laajennettiin tarpeen mukaan. Pohjaan lisättiin kent-

tälaitteiden sähkönsyöttö ja niille tarkoitetut releet, sekä termostaatti. I/O-ryhmän IPSP:stä ja IBC:stä tehtiin redundanttiset.

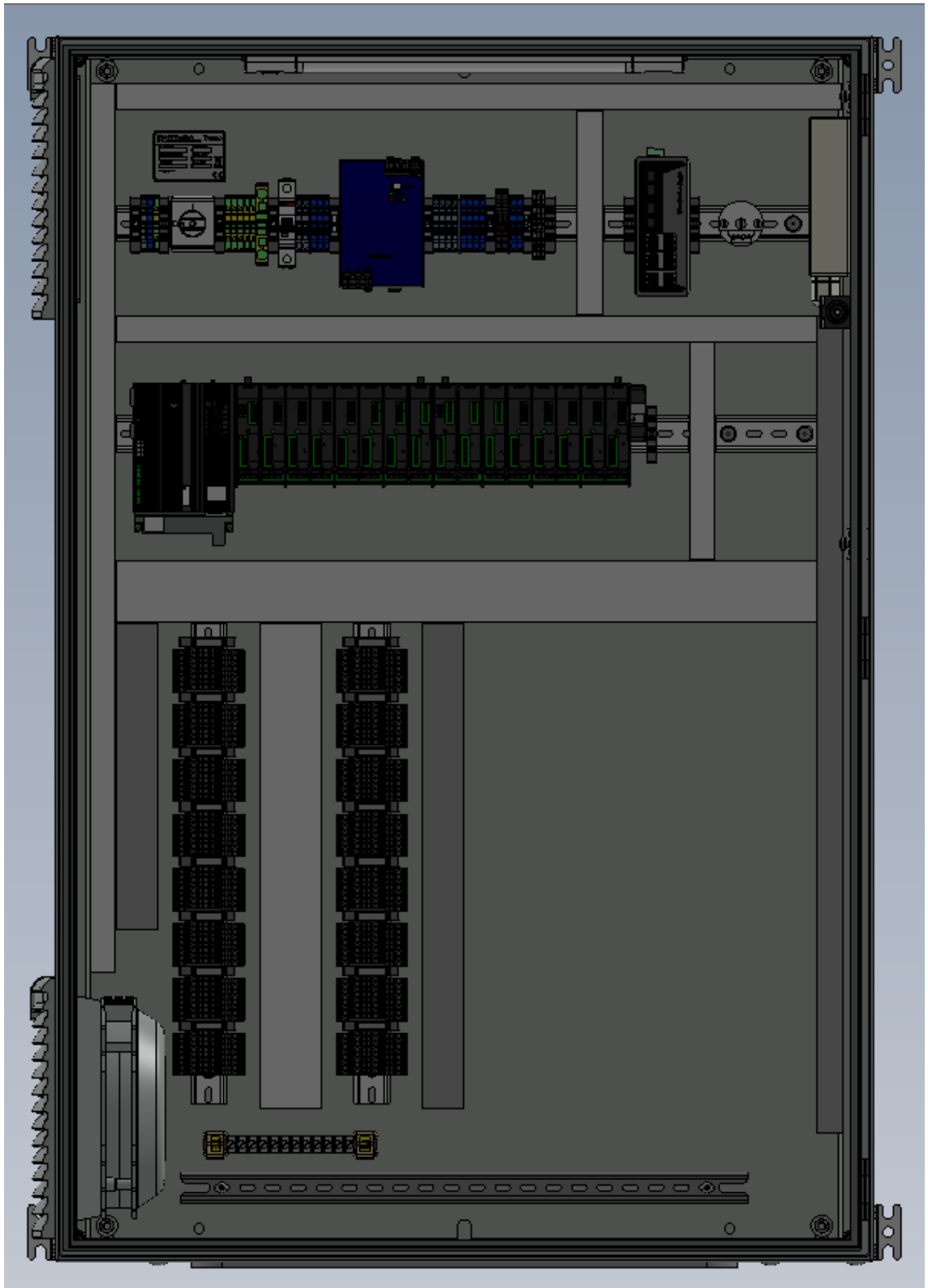
Asiakasprojektin koteloon oli määritetty sanallisesti kaapelin läpivientilaipat ja seinäkiinnitysraudat. Standardisoidussa pohjassa nämäkin komponentit olivat esimääriteltynä. Projektin ja standardisoidun pohjan vertailu kuvassa 16:



Kuva 16. Projektin 204263 ja standardisoidun kotelopohjan vertailu.

6.3 Kenttäkoteloiden 3D-mallinnus

Kenttäkotelosta laadittiin 3D-mallit DNAnD -kuvien ja osaluetteloiden perusteella (Puhakka, T. 2015). 3D-mallinnuksen yhteydessä varmistetaan mahtuvatko komponentit suunnitellusti koteloihin, ja onko niiden kiinnittäminen mahdollista. Komponenttien 3D-mallit pyritään pääsääntöisesti hakemaan valmistajien omista malleista tarkkuuden varmistamiseksi. 3D-malleista saa laadittua valmistuspiirroskuvat ja luotua täydelliset tuoterakenteet, jotka pitävät sisällään ruuvit, mutterit ym. kiinnityskomponentit. Solidworks-mallinusohjelmalla luodut 3D-mallien tuoterakenteet saa integroitua suoraan Aton PDM:ään. 3D-mallien tuoterakenteissa määritetään myös tarkat mitat metrimääräisille komponenteille (kaapelikourut, kiinnityskiskot). Esimerkki valmiista 3D-mallista kuvassa 17:



Kuva 17. Kenttäkotelon S447674 3D-malli (Puhakka, T. 2015)

6.4 Testaus- ja asiakasdokumentaatio

Testausdokumentaatio koostuu kymmensivuisesta sanallisesta osuudesta ja sen perusteella laaditusta tarkistuslistasta (liite 13 ja liite 14). Testaukseen kuuluu kaapin sisällön visuaalinen tarkastelu. Tarkasteltavia asioita ovat mm. vauriot, siisteys, komponentit ja niiden kiinnitykset, merkinnät, johtimien eristeet ja jännitteisten osien suojaus. Visuaalisen tarkastelun lisäksi testataan maadoituksien, eristystasojen, jännitteiden ja väylien toiminnot käyttäen eristysvastus- ja vastusmittaria. Testien tulokset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan, joka toimitetaan kotelon mukana asiakkaalle.

Asiakasdokumentaatioissa käydään läpi kokoonpanojen tarkat tiedot. Dokumentaatioissa selvitetään kokoonpanon perusmekaniikka, sen hyväksymät käyttöjännitteet, mahdollisuudet runkoväyläliityntöihin, kytkentäkuvat, sekä konfiguroitavuutta komponenttien osalta. Komponenttien turvamääräykset ja niiden vaatimat ympäristöolosuhteet selvitetään myös.

Asiakasdokumentaatio koostuu pitkälti samoista asioista, mitä opinnäytetyössä on selvitetty. Ajan puutteen takia dokumentaatio jäi kuitenkin kirjoittamatta.

7 POHDINTA

Standardisoiduilla kokoonpanoilla saadaan katettua 86 % toteutuneista asiakasprojekteista. Kokoonpanoista luotiin rakenteiset nimikkeet, joten niiden määrittäminen myyntityökalussa on helppoa. Mahdolliset muutokset vakiokokoonpanojen sisältöön voidaan määrittää myyntityökalun konfiguroitavilla valinnoilla, ja rakenteisten kokoonpanojen ansiosta ne on myös helppo päivittää DNAnD-kuviin. Kokoonpanot suunniteltiin siten, että asiakasprojektien vaatimukset mahtuvat mahdollisimman helposti koteloiden tyhjään tilaan. Asiakasdokumentaation laadinnan jälkeen kokoonpanot ovat täysin valmiit valmistukseen ja toimitettaviksi.

Toimitetuista koteloista voisi laskea teoreettisen tehonkulutuksen ja selvittää, onko kustannustehokkaampaa vaihtaa pienempi 240 W teholähde vakiokokoonpanoon. Kytkimen kustannuksissa voitaisiin myös säästää, jos verkon topologia tai käytetty protokolla sallisi hallitsemattoman kytkimen käytön kenttäkoteloissa. Esimerkiksi GarretCom tarjoaa mahdollisuutta käyttää hallitsematonta kytkintä rengastopologiassa (GarretCom Inc. 2008, 2).

Laajempänä kehityskohteena voisi selvittää dynaamisten muotojen hyödyntäminen laitteistosuunnittelussa. Microsoft Visiossa ja siten myös DNAnD – suunnitteluohjelmistossa on mahdollista hyödyntää yksinkertaista logiikkaa, joka on verrattavissa Excelin logiikkamahdollisuuksiin. Määrittämällä logiikkaa valittaville komponenteille, voitaisiin mahdollisesti integroida MA:n myyntityökalun konfiguroitavia valintoja myös DNAnD:n konfiguroitaviksi valinnoiksi.

LÄHTEET

Alanen, V. System engineer. 2015. Haastattelu 16.01.2015. Haastattelija Uutela, T. Tampere.

Galco Industrial Electronics Inc. 2015. Tilaustiedot. Luettu 5.03.2015. <http://www.galco.com/buy/Puls/QS20.241>

GarrettCom Inc. 2008. Standards-based Approaches to Redundancy and Fault Tolerance Using Industrial Ethernet LANs. Syksy 2008. Luettu 29.03.2015. <http://www.garrettcom.com/techsupport/papers/redundancy.pdf>

IBC. 2014. Metso ACN I/O:n tekninen käsikirja. Metso Automation Oy.

Inor Process AB. n.d. http://www.inor.com/ny_main_index.htm

IPSP. 2014. Metso ACN I/O:n tekninen käsikirja. Metso Automation Oy.

IT. 2014. Metso ACN I/O:n tekninen käsikirja. Metso Automation Oy.

Jokinen, K. Development engineer. 2015 Haastattelu 16.01.2015. Haastattelija Uutela, T. Tampere.

MB8, FCR ja FCS field connector units. 2014. Metso ACN I/O:n tekninen käsikirja. Metso Automation Oy.

Mitoituskuvat. 2014. Metso ACN I/O:n tekninen käsikirja. Metso Automation Oy.

Mouser Electronics Inc. 2015. Tilaustiedot. Luettu 5.03.2015. <http://fi.mouser.com/ProductDetail/Phoenix-Contact/2866776/?qs=7HCEocaCNUP15fGrQ0I6iQ%3D%3D>

Moxa Inc. 2012. EDS-405A/408A Series tilaustiedot. <http://store.moxa.com/a/product/eds-405a-408a-series?id=M20090312047>

Phoenix Contact GmbH. 2010. QUINT-PS/ 1AC/24DC/20 data sheet. Helmikuu 2010. Luettu 5.03.2015. <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?urlile=pxc-oc-itemdetail:pid=2866776>

Prysmian Group. 2013. Metallic Indoor PK Termination Boxes. Helmikuu 2013. Luettu 10.03.2015. http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/telecom-solutions/downloads/datasheets/02-PK-datasheet_-Rev-01_1-26032013.pdf

Puhakka, T. 2015. Mekaniikkasuunnittelija. Standardisoitujen kenttäkoteloiden 3D-mallinnus. Tampere.

PULS GmbH. 2013. PULS Dimension QS20.241 data sheet. Lokakuu 2013. Luettu 25.02.2015. <http://www.pulspower.com/pdf/qs20e241.pdf>

PULS GmbH. 2013. PULS Dimension YR40.241 data sheet. Helmikuu 2014. Luettu 29.03.2015. <http://www.pulspower.com/pdf/yr40e241.pdf>

Rittal GmbH & Co. KG. 2015. Top Therm suodatintuulettimet. <http://www.rittal.com/fi-fi/product/list/variations.action?categoryPath=/PG0001/PG0168KLIMA1/PGR1932KLIMA1/PG0201KLIMA1/PRO0299KLIMA1&productID=PRO0299>

Rittal Oy. 2015. AE-kytkentäkaapit. <http://www.rittal.com/fi-fi/product/list/variations.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1/PRO0023SCHRANK1&productID=PRO0023>

Saari, M. Hardware engineer. 2015. Haastattelu 16.01.2015. Haastattelija Uutela, T. Tampere.

Salminen, J. Logistics Co-ordinator. 2015. Haastattelu 16.01.2015. Haastattelija Uutela, T. Tampere.

Schneider Electric. n.d. Spacial S3D seinäkaappi. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=1339242&groupid=152689&navid=80218&navoption=1>

Suomen Standardisoimisliitto SFS. 1996. SFS-EN 61346-1 teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

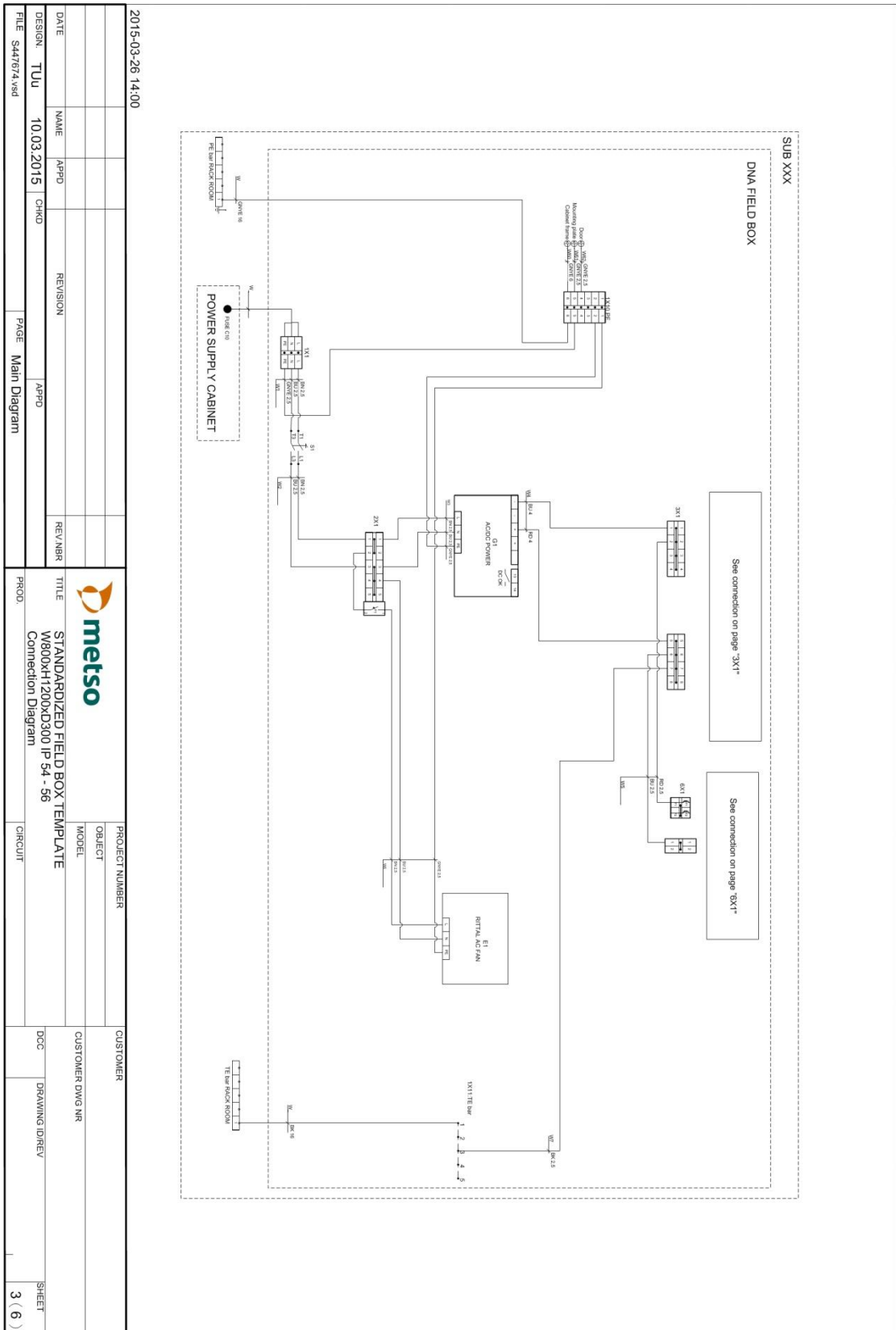
Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2000. SFS-EN 60529 + A1 sähkölaitteiden koteloitiluokat (IP-koodi). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 61439-1 pienjännitekeskukset. Osa 1: yleisvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2014. SFS-EN 10088-1 Stainless steels. Part 1: List of stainless steels. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

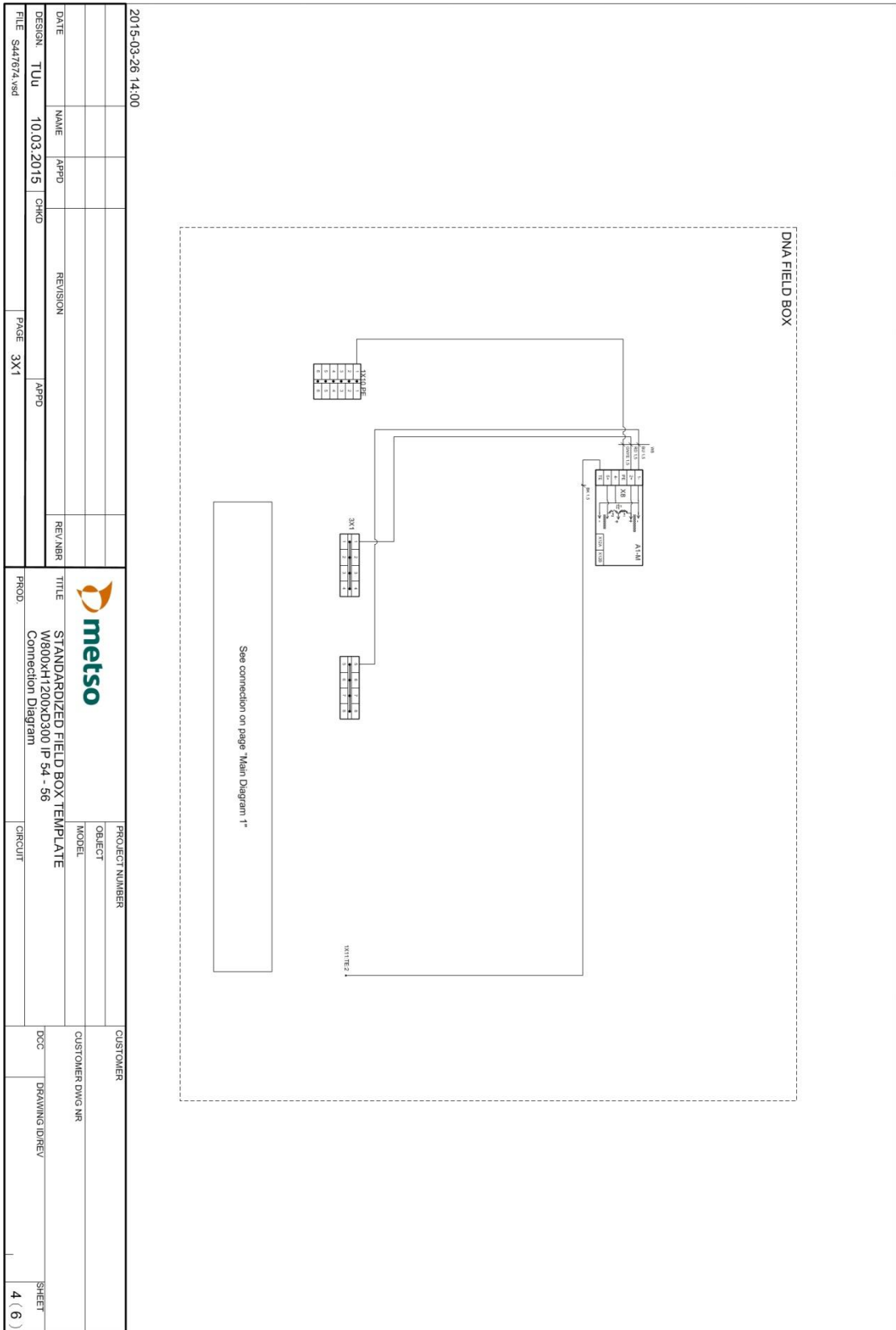
Yli-Marttila, H. 2014. Metso Summer Trainee Induction. Luento. Kesäharjoittelijoiden perehdytystilaisuus 4.6.2014. Metso Automation Oy. Tampere.

Liite 3. Kotelon S447674 järjestelmän sähkösyötön kytkentäkuva



The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

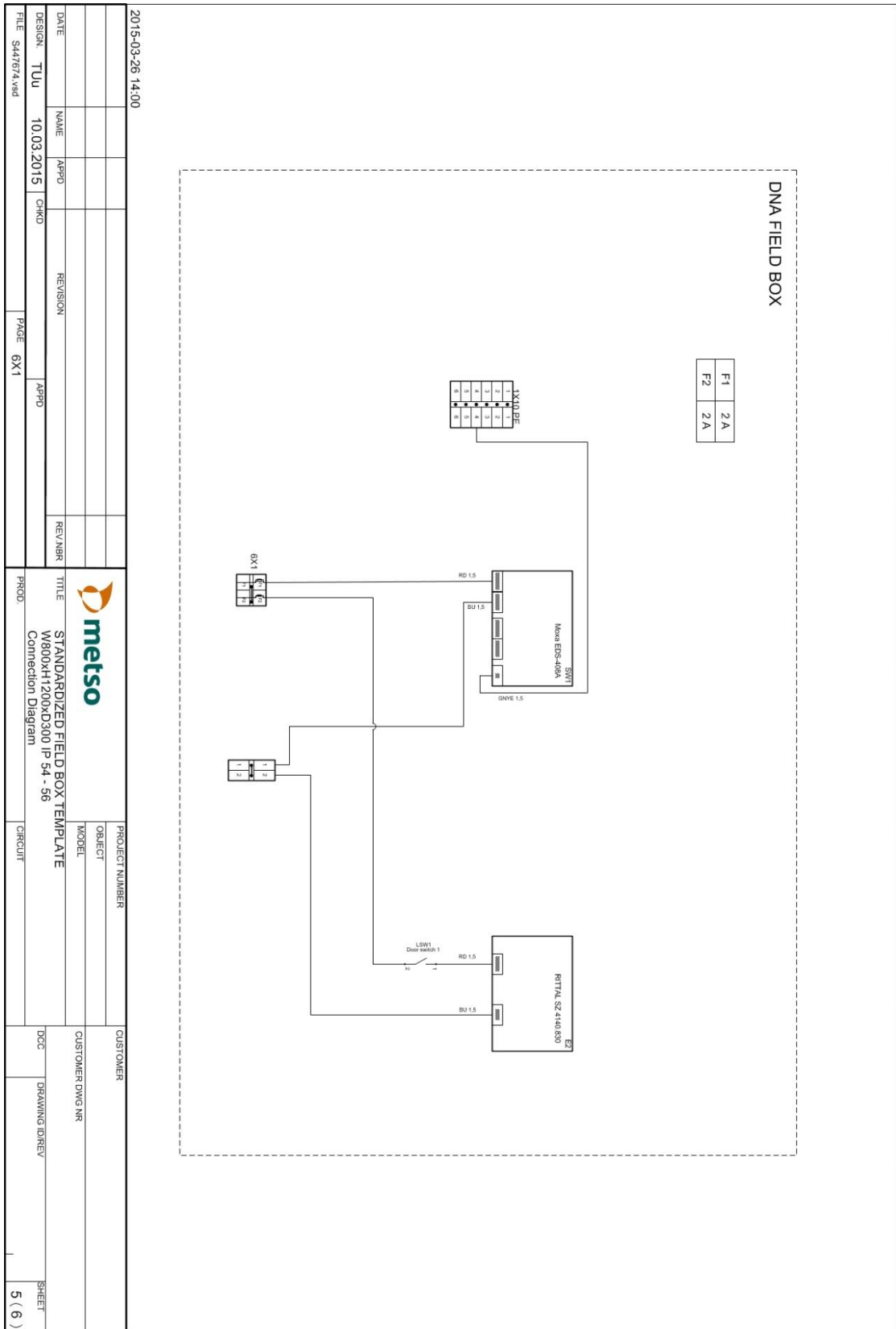
Liite 4. Kotelon S447674 tasavirtakomponenttien kytkentäkuva



DATE		NAME		APPD		REVISION		REV/NBR	
DESIGN: TUU		10.03.2015		CHKD		APPD			
FILE: S447674.vsd		PAGE: 3X1							
2015-03-26 14:00									
PROJECT NUMBER		OBJECT		MODEL		CUSTOMER		CUSTOMER DWG NR	
TITLE		STANDARDIZED FIELD BOX TEMPLATE		M800XH120XD300 IP 54 - 56		CONNECTION DIAGRAM		DCC	
PROJ.		CIRCUIT						DRAWING ID/REV	
								SHEET	
								4 (6)	

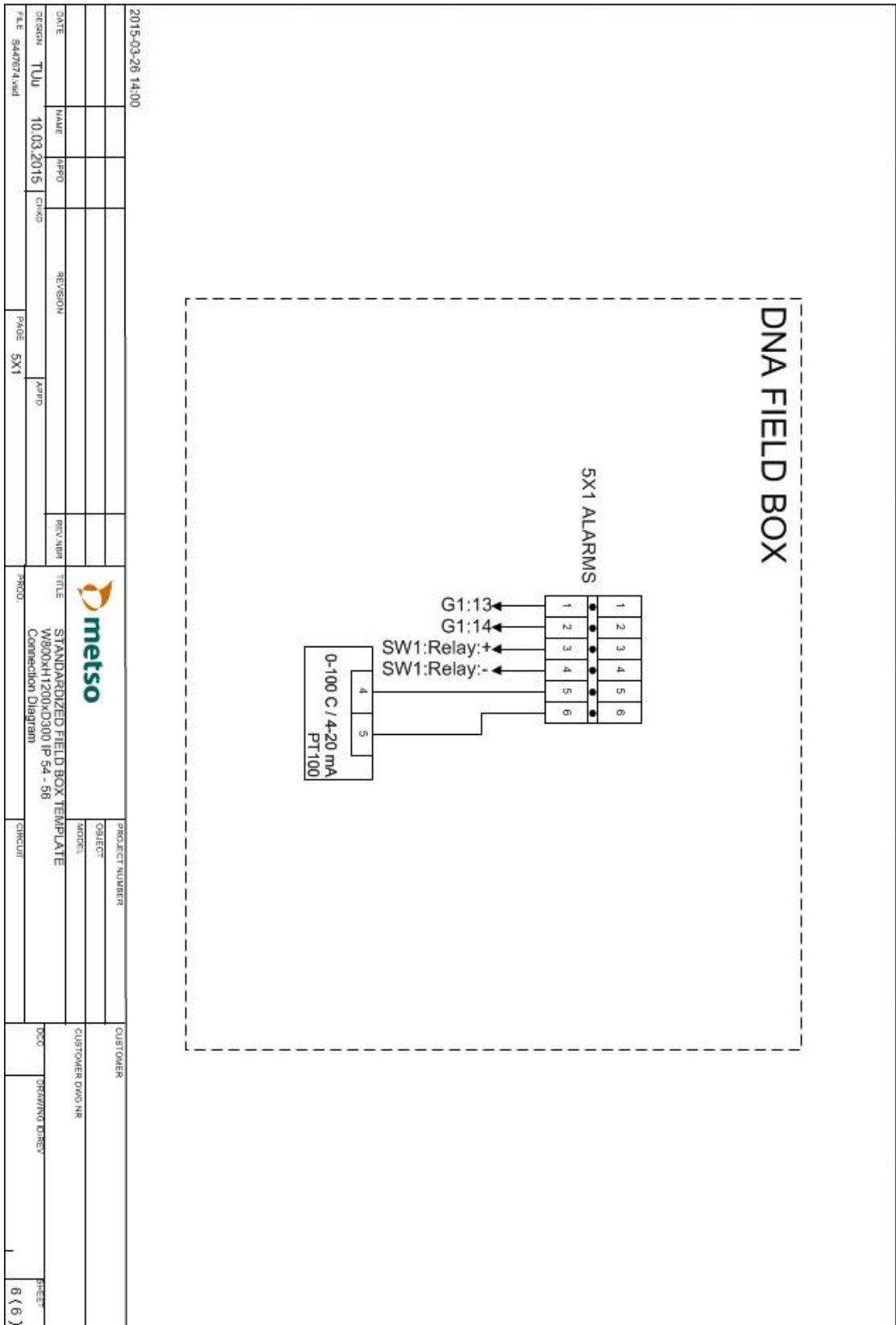
The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 5. Kotelon S447674 sulakeryhmien kytkentäkuva



The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 6. Kotelon S447674 hälytysryhmä



The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 7. Kotelon S447677 Cabinet Layout -sivu

2015-03-26 17:31

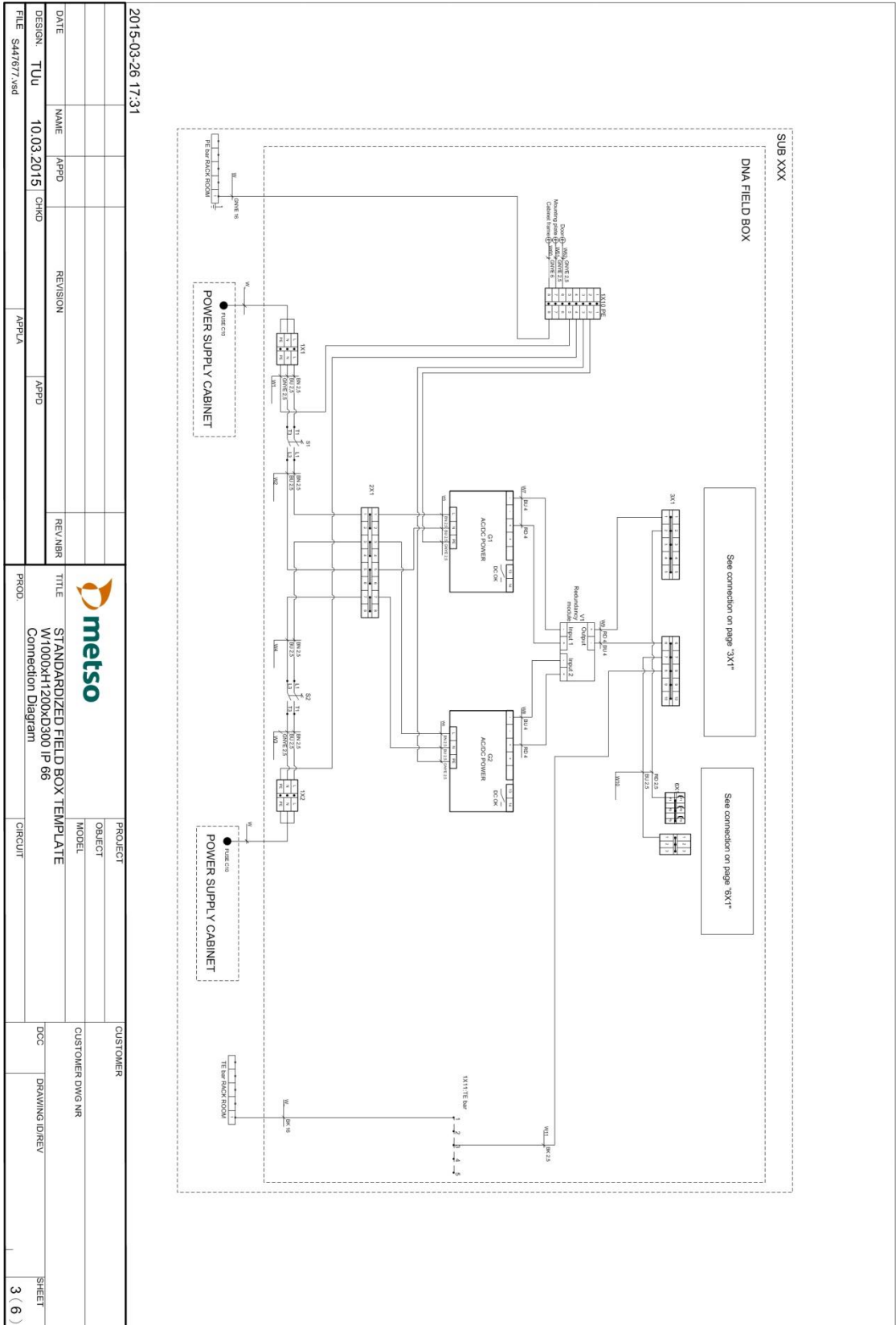
The image displays seven orthographic views of a cabinet: FRONT, REAR, LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM, and INSIDE. Each view is represented by a simple grey rectangle with a thin black border. The FRONT view shows a small circle in the upper left corner. The BOTTOM view shows two rectangular cutouts. The INSIDE view shows a double-line border.

DATE	NAME	APPD	REVISION	REVISION	REVISION	REVISION
DESIGN: TUu	10.03.2015	CHKD	APPD			
FILE: S447677.vsd		PAGE	Cabinet Layout			

	PROJECT NUMBER	CUSTOMER
	OBJECT	CUSTOMER DWG NR
	MODEL	DCC
TITLE STANDARDIZED FIELD BOX TEMPLATE W1000xH1200xD300 IP 66 Cabinet Assembly Layout		DRAWING ID/REV
PROJ.	CIRCUIT	SHEET
		1 (6)

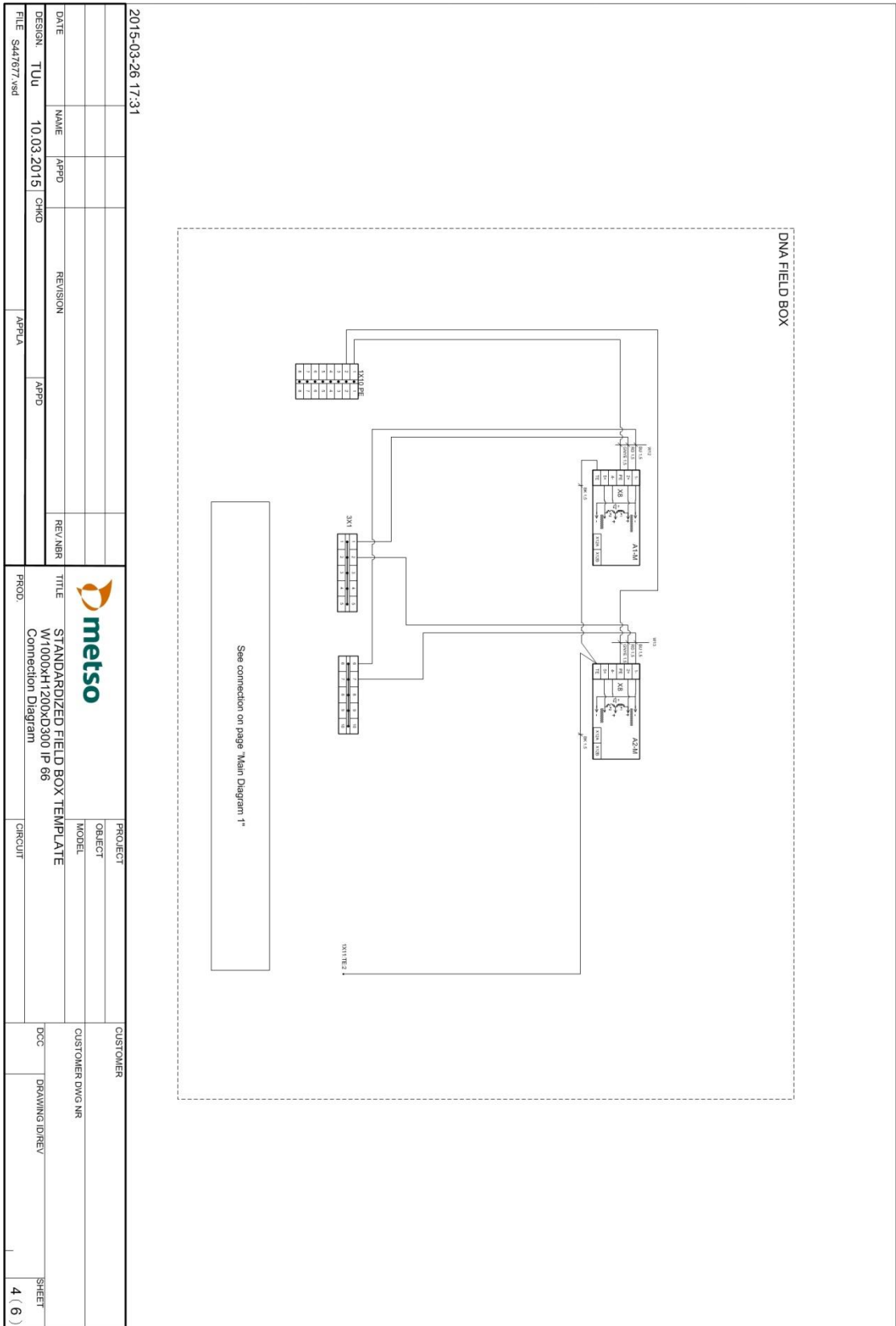
The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 9. Kotelon S447677 järjestelmän sähkönsyötön kytkentäkuva



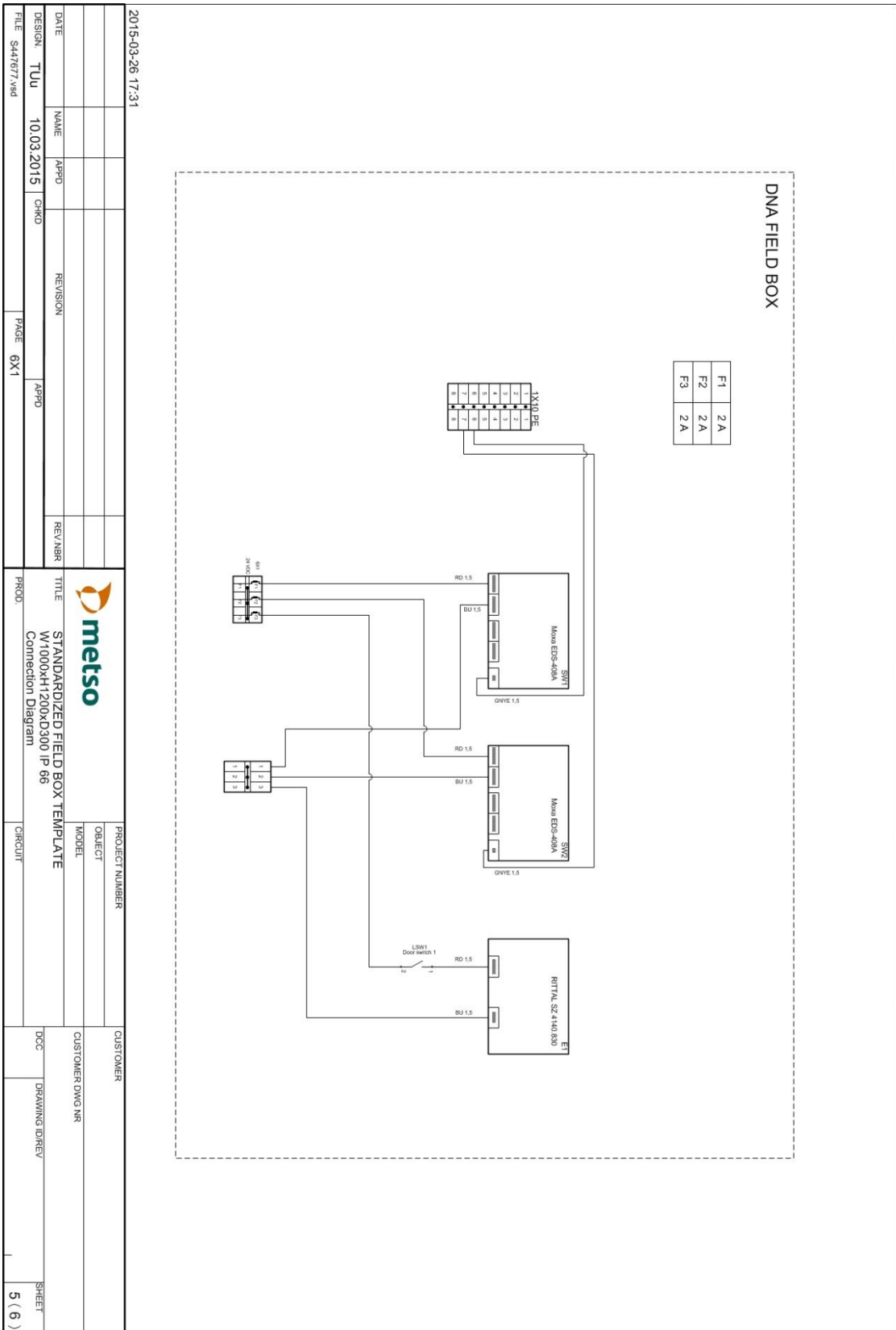
The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 10. Kotelon S447677 tasavirtakomponenttien kytkentäkuva

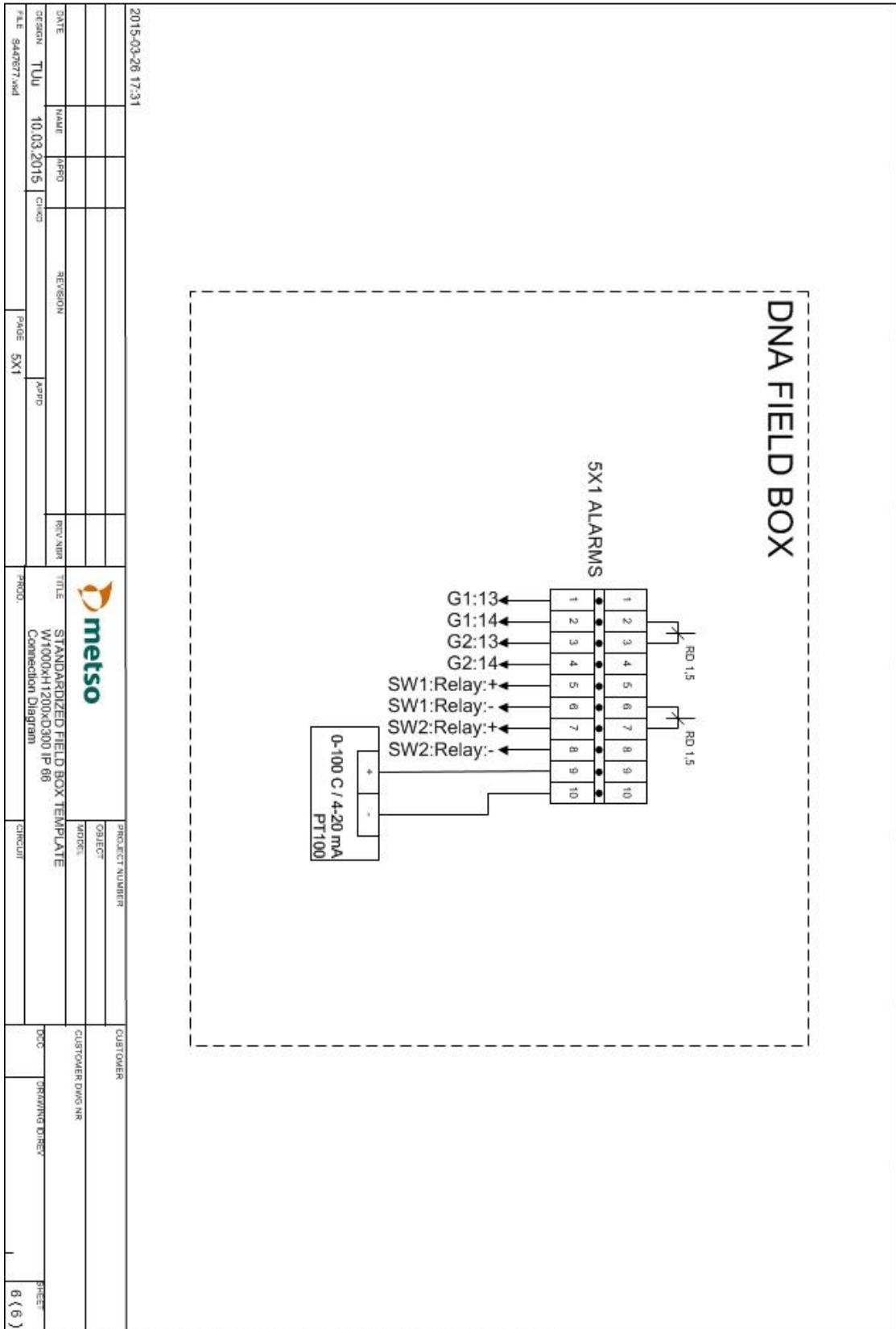


The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 11. Kotelon S447677 sulakeryhmien kytkentäkuva




Liite 12. Kotelon S447677 hälytysryhmä



The information contained herein is confidential and proprietary to Metso Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metso Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.

Liite 13. Yhden I/O-ryhmän koteloiden testauspöytäkirja (1/2)

		PRODUCTION INSPECTION REPORT Document code: DC111227_EN-01	
		<hr/>	
Metso DNA / ACN I/O field box		Field box identifier:	
Project name:		Order nbr:	
Project nbr:		Serial nbr:	
<hr/>			
↘ ref. test specifications DC111223_EN-01 or DC111223_FI-01 ↓			
3.1 Inspection of production documents		Accepted	Note
<input type="checkbox"/> lay-out image of the enclosure and a part list		□	
<input type="checkbox"/> wiring diagram of the enclosure		□	
<input type="checkbox"/> other order-specific documents and part lists related to the project		□	
3.2 Visual inspection of installation			
<input type="checkbox"/> no damages on the enclosures surfaces		□	
<input type="checkbox"/> has all waste material been removed (pieces of wire, metal chips, etc.)		□	
<input type="checkbox"/> do the components correspond to the part lists and diagrams		□	
<input type="checkbox"/> components are mounted and positioned according to the instructions		□	
<input type="checkbox"/> touch protection		□	
<input type="checkbox"/> connector and cable insulations are not damaged		□	
<input type="checkbox"/> effective earth continuity the exposed conductive parts of the assembly and the protective circuit		□	
3.3 Inspection of markings			
<input type="checkbox"/> enclosure ID: identification given to the field box in the project		□	
<input type="checkbox"/> rating plate		□	
<input type="checkbox"/> position markings		□	
<input type="checkbox"/> group and connector markings		□	
<input type="checkbox"/> wire markings		□	
<input type="checkbox"/> grounding point markings		□	
<input type="checkbox"/> warning labels and plates		□	
3.4 Inspection of rotary switches and shorting plugs			
<input type="checkbox"/> rotary switches for I/O groups S1 and S2; MBM80 platforms		□	
<input type="checkbox"/> rotary switch S1 for card slot address; MB2/MB8 platforms		□	
<input type="checkbox"/> +28 VDC field voltage supply and related fuse		□	
3.5 Wiring inspection			
<input type="checkbox"/> wire types, colors and cross-sections comply with the documents		□	
<input type="checkbox"/> connector are in place, and clamping devices are fastened		□	
<input type="checkbox"/> cables are bent according to the bending radiuses given by the manufacturer		□	
<input type="checkbox"/> wires and cables have been bundled and secured properly		□	
3.6 Grounding test, from the connector 1X10:PE; minimum measurement current 0,2 A, R < 0,1 ohm			
<input type="checkbox"/> PE rail, connector 1X10:6		□	ohm
<input type="checkbox"/> grounding point in the enclosure frame		□	ohm
<input type="checkbox"/> installation panels and other metal parts, doors		□	ohm
<input type="checkbox"/> PE connectors of the power supply unit G1		□	ohm
<input type="checkbox"/> PE connectors of the MBM80/MBS80 installation platforms		□	
M: A1			
R: 			ohm
			ohm
<input type="checkbox"/> PE connectors of the project-specific accessories		□	ohm

Liite 14. Yhden I/O-ryhmän koteloiden testauspöytäkirja (2/2)

3.7 Insulation level test; using the PE connector 1X10:6			
AC voltage side; measurement voltage 500 VDC; measurement current 1 mA, R > 0,5 Mohm			
<input type="checkbox"/>	AC feed wiring from the connector 1X1:N (connectors 1X1:L and 1X1:N connected)	<input type="text"/>	Mohm
<input type="checkbox"/>	connections for additional project-specific AC voltage feeds	<input type="text"/>	Mohm
DC voltage side; measurement voltage maximum 32 VDC, measurement current 1 mA, R > 0,25 Mohm			
<input type="checkbox"/>	TE rail, connector 1X11:1	<input type="text"/>	Mohm
<input type="checkbox"/>	DC+ (28V), connector 3X1:1	<input type="text"/>	Mohm
<input type="checkbox"/>	DC- (0V), connector 3X1:5	<input type="text"/>	Mohm
<input type="checkbox"/>	DC+ (28V), connector 6X1:F1	<input type="text"/>	Mohm
<input type="checkbox"/>	DC- (0V), connector 6X1:1	<input type="text"/>	Mohm
<input type="checkbox"/>	project-specific DC voltage feeds	<input type="text"/>	Mohm
3.8 Voltage tests and Internal bus			
<input type="checkbox"/>	green LED signal lights are lit in the AC/DC power unit G1	<input type="checkbox"/>	Accepted Note
<input type="checkbox"/>	28V DC (MBM80/MBS80 boards, the acceptance criterion +27...+29 VDC):		
	A1		
	M: <input type="text"/>		VDC
	R: <input type="text"/>		VDC
<input type="checkbox"/>	+ 28V, +24V, +5V DC voltages and lights (MB2 / MB8 boards):		
	+ 28V(27,0..29,0 V) A1		* = 28V OK
	LED IN lit <input type="text"/>		Green led
	M:IPS/IPSP <input type="text"/>		VDC / *
	R:IPS/IPSP <input type="text"/>		VDC / *
	+24V(23,0..24,5V) A1		* = 24V OK
	LED 24V lit <input type="text"/>		Green led
	M:IPS/IPSP <input type="text"/>		VDC / *
	R:IPS/IPSP <input type="text"/>		VDC / *
	+5V(5,00..5,40 V) A1		* = 5V OK
	LED 5V lit <input type="text"/>		Green led
	M:IPS/IPSP <input type="text"/>		VDC / *
	R:IPS/IPSP <input type="text"/>		VDC / *
	LED F not lit <input type="text"/>		
	BUS (SD/RD 1and 2) A1		
	LED BUS 1A lit <input type="text"/>		Green led
	LED BUS 1B lit <input type="text"/>		Green led
	LED BUS 2A lit <input type="text"/>		Green led
	LED BUS 2B lit <input type="text"/>		Green led
3.9 Alarm tests			
<input type="checkbox"/>	AC/DC power units alarm connections, from the connectors 5X1:1 and 5X1:2	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/>	AC/DC power units alarm connections, from the connectors 5X1:3 and 5X1:4	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/>	AC/DC power units alarm connections, from the connectors 5X1:5 and 5X1:6	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/>	project-specific alarm connections	<input type="text"/>	
Notes:			
Date:		Tester:	