



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Korpela

**KISKOSILTOJEN 3D-  
SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄN  
KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS**

Tekniikka ja liikenne  
2012

## **ALKUSANAT**

Opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun valvomana ABB Oy:n Low Voltage Systems-yksikölle. ABB Oy:n puolesta päättötyön ohjauksesta on vastannut suunnitteluinsinööri Marko Viita. Työtä ovat avustaneet prosessin omistaja Mikko Laitinen ja tuotepäällikkö Raimo Kytömäki.

Rejlers Oy:stä apua on antanut suunnittelija Arttu Koski-Säntti, joka on suunnitellut 3D-kirjastoja ABB:lle.

Ohjaavana opettajana Vaasan ammattikorkeakoulusta on toiminut lehtori Timo Männistö.

Nämä henkilöt ovat opastaneet opinnäytetyön aikana. Haluan osoittaa heille suuret kiitokset avusta.

Lisäksi haluan kiittää ABB Oy:n työntekijöitä saamastani avusta.

Vaasassa 6.3.2012

Teemu Korpela

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Teemu Korpela
Opinnäytetyön nimi	Kiskosiltojen 3D-suunnittelujärjestelmän käyttöönottotestaus
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	44 + 5 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

---

Opinnäytetyön aiheena oli SolidWorks 3D-suunnittelujärjestelmän soveltaminen kiskosiltasuunnitteluun. Kiskosilloista oli tehty valmiita osakirjastoja, joista selvitettiin mahdollisia ongelmia ja lopuksi tehtiin kiskosiltasuunnitelma. Lisäksi tutkittiin paljonko säästöjä uusi järjestelmä voi saada aikaan. Työ tehtiin ABB:n Pienjännitejärjestelmille Vaasaan.

Työssä tehtiin SolidWorks ohjelmalla 3D-kiskosiltasuunnitelma, ja verrattiin sitä 2D-suunnitelmaan. 3D-kuvien tarkoituksena oli parantaa piirustusten, valmistuksen ja loppudokumenttien laatua.

Työnaikana järjestelmällä tehtiin ensimmäiset 3D-suunnitelmat SolidWorks ohjelmalla onnistuneesti.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Teemu Korpela
Title	The Introduction Testing of 3D Design Systems for Busducts
Year	2012
Language	Finnish
Pages	44 + 5 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

---

The objective of this thesis was to introduce SolidWorks 3D design system for busduct design. There were sub-libraries available of the busducts of which potential problems were solved first and then the busduct was designed. The thesis was made for ABB Low Voltage Systems in Vaasa.

Calculations were also made how much savings the new system will bring. The 3D busduct design was made with the SolidWorks software and then the design was compared with a 2D design.

The purpose of the 3D drawing is improve the picture quality in the manufacture and in the final documents.

During the thesis the first 3D- projects were successfully completed .

---

Keywords                      SolidWorks, busduct, 3D, design

## **KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT**

MDY	modulaarinen kiskosiltajärjestelmä
Sketch	piirtämistyökalu SolidWorks-ohjelmassa
Pursotus	työkalu jolla tehdään kolmas ulottuvuus kappaleeseen SolidWorks-ohjelmassa
Mate	kappaleiden liittämistoiminto SolidWorks-ohjelmassa
Suppress	kappaleen piilotustoiminto SolidWorks-ohjelmassa
Konfiguraatio	eri variaatioita kappaleesta SolidWorks-ohjelmassa
Plane	liittämistaso SolidWorks-ohjelmassa
Design table	taulukko SolidWorks-ohjelmassa, jossa muutetaan osien mittoja
PE-kisko	maadoituskisko

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	8
2	ABB OY .....	9
3	MDY-KISKOSILTA .....	10
4	KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT .....	11
	4.1 AutoCAD .....	11
	4.2 SolidWorks.....	11
5	2D-SUUNNITELMA .....	13
	5.1 Osaluettelo .....	13
	5.2 Rautalankamalli .....	14
	5.3 Ongelmat.....	14
6	3D-KIRJASTO .....	16
	6.1 Suorat .....	18
	6.2 Jatkokset.....	19
	6.3 Kulmat.....	21
	6.4 Keskusliitynnät .....	21
	6.5 Palokatkot .....	23
	6.6 Muuntajaliitynnät .....	24
7	3D-KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS .....	25
	7.1 Lähtötiedot 2D tai 3D .....	25
	7.2 Asiakasvaatimukset ja lähetettävät kuvat .....	25
	7.3 Havaitut ongelmat.....	26
	7.4 Uuden ohjelman aloituksen ongelmat.....	31
	7.5 Hyödyt.....	32
	7.6 Suunniteltujen osien kokoonpano .....	32
	7.6.1 Suunniteltujen osien liittäminen .....	34
	7.6.2 Osien pituuden määrittäminen oikean kokoiseksi.....	35

7.6.3 Suunniteltavat osat .....	36
8 LOPPUPÄÄTELMÄT .....	38
8.1 Hyödyt ja haitat.....	38
8.2 Kustannukset.....	39
8.3 Yhteenveto .....	41
LÄHTEET.....	43
LIITTEET .....	44

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käyttöönottaa SolidWorks 3D-suunnittelukirjasto kiskosiltasuunnitteluun. ABB:llä suunniteltiin kiskosiltoja AutoCADilla 2D:nä ennen tätä. Tavoitteena oli selvittää 3D-suunnittelun mahdolliset ongelmat, ja paras käytäntö kiskosiltasuunnittelun toteuttamiseksi 3D:nä. Tätä ei vielä ollut aiemmin tehtynä. Työssä selvitetään myös, miksi siirrytään 3D-suunnitteluun, eikä jatketa suunnittelua 2D:nä ja käsitellään 3D:n hyötyjä ja haittoja, joita työn tekemisen aikana on ilmennyt. Lisäksi lasketaan paljonko säästöjä voidaan 3D-suunnittelulla saavuttaa. Työ tehtiin ABB Oy:n Pienjännitejärjestelmiin Vaasaan.



## 2 ABB OY ESITTELY

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB OY:n palveluksessa on yli 124 000 henkilöä noin 100 maassa.

Suomessa ABB:n palveluksessa on lähes 7 000 henkilöä lähes 40 paikkakunnalla. Tehdaskeskittymät ovat Helsingissä ja Vaasassa.

ABB:llä on 5 divisioonaa: Sähkövoimatuotteet, Sähkövoimajärjestelmät, Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, Pienjännitetuotteet ja Prosessiautomaatio.

Pienjännitetuotteet jakautuu 3 aladivisioonaan : Pienjännitejärjestelmät, Pienjännitekojeet ja Asennustuotteet.

Pienjännitejärjestelmät-yksikkö kehittää, valmistaa ja myy markkinoiden laajinta valikoimaa pienjännitekojeistoja sekä MDY-kiskosiltoja.

ABB muodostettiin tammikuussa 1988 sulauttamalla yhteen ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot 50:50-omistusperiaatteella. Nyt ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka toimii yli 100 maassa. /1/

### 3 MDY-KISKOSILTA

MDY-kiskosiltajärjestelmä on ABB:n ratkaisu tehonsiirtoon muuntajalta pienjännitekojeistoon ja kojeisto-osien välillä.

MDY-kiskosilta valmistetaan eristetyistä virtakiskoista, jotka voivat olla alumiinia tai kuparia. Rakenteensa ansiosta kiskosilta on tukeva ja sen oikosulkukestoisuus on erinomaisen hyvä muuntajan navoista kojeiston pääkojeen napoihin asti.

MDY-kiskosilta voidaan täydellisen vaihe-eristyksen lisäksi suojata lisäkoteloinnilla sateelta ja mekaanisilta vaurioilta. Eristetty kiskorakenne sopii avorakenteisenakin vaativiin olosuhteisiin.

MDY-kiskosilta valmistetaan tehtaalla kuljetuksen ja asennuksen kannalta sopiviksi elementeiksi, joiden asentaminen ja liittäminen ahtaissakin tiloissa on helppoa ja nopeaa. Ne voidaan liittää myös nykyisiin keskuksiin ja eri valmistajien liityntäpisteisiin. MDY-kiskosiltajärjestelmä suunnitellaan tapauskohtaisesti optimaaliseksi ratkaisuksi liitospisteiden välille.

Kiskot on päällystetty muovieristeellä. Eristys tehdään suulakepuristamalla eristyskerros kiskojen ympärille. Eriste kiinnittyy kiskomateriaalin pintaan tiiviisti, mikä takaa kiskoston hyvän kuormitettavuuden. Eriste sallii kiskojen taivutuksen. Tekniset tiedot liitteessä 1. /2/

## 4 KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT

### 4.1 AutoCAD

AutoCAD on yleiskäyttöinen tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto (CAD), jota kehittää ja julkaisee yhdysvaltalainen Autodesk Inc. Ohjelmiston ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982.

1990-luvun alussa AutoCAD nousi johtavaksi CAD-ohjelmistoksi PC-ympäristössä kautta maailman, koska se toi CAD-ohjelmistot pienyritysten ulottuville. Ohjelmat ovat 2D-suunnittelussa yhä valta-asemassa. 2000-luvulla suunnitteluohjelmistojen kehityksen siirtyessä kohti 3D-solidimallinnusta, Autodesk lisäsi ohjelmiston 3D-ominaisuuksia ja niiden käytettävyyttä. Yhtiö kehitti ohjelmasta myös laajempia, määrättyille suunnittelualoille suunnattuja Desktop-ohjelmistoja, joita se vuosikymmenen lopussa siirtyi jälleen markkinoimaan AutoCAD-tuotteina (esim. AutoCAD Architecture, AutoCAD Mechanical). /3/

Tässä työssä ei käytetty AutoCADin 3D ominaisuuksia ollenkaan.

### 4.2 SolidWorks

SolidWorks on parametrinen 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto, joka sisältää tilavuus- ja pintamallinnustyökalut. Ohjelmistoa käytetään hyvin erilaisten koneiden, laitteiden tai jonkin muun yksittäisen kappaleen suunnitteluun. SolidWorks oli ensimmäinen täysin Windows- pohjainen parametrinen mekaniikkasuunnitteluovellus (1995) . SolidWorksiä valmistaa ranskalainen Dassault Systemes.

Ohjelmalla voidaan tehdä kolmenlaisia perustiedostoja; osia, kokoonpanoja sekä valmistuspiirroksia. Nämä ovat toisiinsa sidoksissa siten, että muutettaessa osaa kokoonpanossa myös osatiedosto muuttuu sekä sen piirustus muuttuu, tai päinvastoin. Osien tai kokoonpanojen mittoja voidaan myös linkittää siten, että toista osaa muutettaessa muut kappaleet seuraavat muutetun kappaleen mittoja. Mittoja on myös mahdollista linkittää Excel- taulukkolaskentaohjelmaan. On myös mahdol-

lista tehdä samasta osasta monta eri "versiota" eli niin sanottuja konfiguraatiota, joilla pyritään helpottamaan suunnittelijan työtä.

Käyttäjän luoma esine tai kokonaisuus on muokattavissa erittäin vapaasti, ilman, että työ olisi aloitettava uudelleen alusta. Tämä on suurimpana erona 2D-CAD ohjelmistoihin.

Mallinnus aloitetaan yleensä piirtämällä kaksiulotteinen kuvanto kappaleesta X,Y-tasolle (tai vaihtoehtoisesti XZ/YZ- tai muulle aputasolle), jonka jälkeen syntynyt sketchi pursotetaan kolmanteen suuntaan. Eli kappaleeseen tulee X,Y tasojen lisäksi Z taso.

On olemassa myös monia muita tapoja aloittaa mallintaminen. Näille kaikille ominaista on kuitenkin, että yhtä ainoaa oikeaa tapaa ei usein ole olemassa.

2 erilaista kokoonpanojen suunnittelutapaa on kuitenkin selvästi eroteltavissa; ns. bottom-up ja top-down. Nimensä mukaisesti ensimmäisessä suunnitellaan ensin laitteen osat ja näistä tehdään isompi kokonaisuus eli kokoonpano. Jälkimmäisessä mallinnetaan uusia osia, jopa täysin tyhjään kokoonpanoon. Menetelmää voi vaihtaa työn edetessä. /4/

Tässä työssä tavoitteena on käyttää bottom-up menetelmää.

## 5 2D-SUUNNITELMA

Suunnittelu aloitetaan keräämällä tarvittavia tietoja asiakkailta. Aluksi tarvitaan rakennuksen mitat ja layout, minne kiskosilta halutaan. Tarvitaan muuntajan/kojeiston nimellisvirta ja oikosulkuvirta, että tiedetään kuinka monikiskoinen silta pitää valita. Lisäksi kokoonpanossa pitää tietää oikosulkuvirta, mistä selviää tukieristimien kiinnitysväli. Tällöin sillan oikosulkuvirtakestoisuus on riittävä. Asiakkaalta täytyy selvittää minkälainen kojeisto on mitoiltaan, ja minne se rakennukseen sijoitetaan. Vastaavasti tarvitaan muuntajan tiedot, ulkomitat ja muuntajien liityntäpisteiden sijainnit.

Usein myös seinien ja lattioiden läpivientireikien sijaintitietoja on haasteellista saada asiakkaalta. Seuraavaksi saadaan selville muuntajan ja kojeiston paikat rakennuksessa, voidaan aloittaa kiskosillan suunnitteleminen. Silta pyritään suunnittelemaan alle 3000 mm paloista, että ne olisivat helposti asennettavissa. Sillan jatkokset tehdään jatkoliitoksilla, jotka ovat 400 mm pitkiä. Kojeeistoon tulee valmis liityntä, ja muuntajalle tulee oma liityntä, jossa on joustavat liitokset.

2D- suunnittelussa vaikeutena on saada kuvasta selkeä ja ymmärrettävä dokumentti valmistukseen.

### 5.1 Osaluettelo

Kiskosilloista, joita toimitetaan, tehdään manuaalinen osaluettelo. Siinä luetellaan toimitettavat osat. Kiskosilta muodostuu kuljetusyksiköistä. Yksi sillanpala on yksi yksikkö. Muut osat listataan erikseen, mm. kiinnitystarvikkeet ja ruuvit. Näin tiedetään tarkasti mitä toimitukseen sisältyy. Manuaalinen listaus on aiheuttanut ongelmia. Muutoksista on voinut tulla virheitä luetteloon, jolloin asiakkaalle on mennyt vääriä tuotteita. Tämä asia tulee korjatuksi 3D-ohjelmalla, koska ohjelmasta saadaan luettelo tarvittavista osista.

## 5.2 Rautalankamalli

Suunnittelun toteutus perustuu rautalankamalliin. Rautalankamalli on kiskosillan piirtämistä sen äärimitoille eli käytetään rungon mittoja. Esimerkiksi 600 mm leveä silta, ja 163 mm korkea on 600 mm x 163 mm. Suunnittelu on helppoa, koska taso- ja leikkauskuvat piirretään pelkillä runkomitoilla. Suunnittelussa tunnetaan olemassa olevat käytännöt, jolloin suunnitelmassa riittää pelkkä reitin esittäminen layout-piirustukseen. Valmistuksessa tiedetään olemassa olevien käytäntöjen perusteella minkälainen silta tulee valmistaa. Sillan mitat perustuvat runkomalleihin (LIITE 1).

## 5.3 Ongelmat

Kiskosiltasuunnittelussa oli tiedossa 2D-suunnitelmissa havaittuja ongelmia. Ongelmia oli esiintynyt mm. piirustusten ymmärtämisessä. Kun piirustukset piirretään AutoCADilla, viivoja tulee paljon päällekkäin, joten niistä tulee vaikeasti luettavia, ja niiden ymmärtäminen vaatii ammattitaitoa ja kokemusta kiskosiltojen valmistuksessa. Piirustuksesta, josta selviää vain laatikkoja ja viivojen mittoja, pitäisi saada valmistettua silta. Kokoonpanossa on osaamista, joten siellä tiedetään leikkaus- ja tasopiirustuksista, minkälaiset esim. liitokset ja kulmat täytyy tehdä.

Toinen ongelma on esiintynyt työmaalla, jonne sillat asennetaan. Asentajilla on ongelmia saada selville piirustuksesta, mikä osa kuuluu mihinkin kohtaan. Myös muutostöissä on ongelmia, jos ollaan lisätty johonkin vanhaan ennestään toimitettuun siltaan osia. Ongelmia on ollut selvittää mitä sinne todella on mennyt.

Ongelmia on aiheuttanut myös kuljetuksen tilaaminen silloille, kun on pitänyt arvioida sillan paino. 3D-ohjelma laskee valmiiksi painot.

Osaluettelon täyttäminen on ollut haasteellista, eikä ole varmuudella tiedetty mitä osia työmaalle on lähetetty, ja mitä siellä tarvitaan. 3D-ohjelma listaa valmiiksi osaluettelon siitä, kuinka paljon ja mitä osia silloissa tarvitaan.

Näistä syistä on todettu, että olisi kannattavaa siirtyä 3D-malleihin yrityksen, alihankinnan ja asiakkaan kannalta.

Tiedossa olisi säästöjä kokoonpanossa vähentyvän suunnittelun ja mietinnän kannalta, asentajien neuvomisessa ja väärinasennettujen siltojen korjauksessa.

## 6 3D-KIRJASTO

Projektiin oli valittu 3D-kirjastoja suunnittelemaan ulkopuolinen suunnittelutoimisto. Määriteltiin myös minkälaisia osia tullaan tarvitsemaan, joita he suunnittelivat SolidWorks-ohjelmalla.

Tässä esitellään käytettävät osat, jotka on tilattu suunnittelutoimistolta. Kuvasta 2 selviää konfiguraatiolistaus, mitä erilaisia vaihtoehtoja on yhdestä osasta. Osat on merkitty kaikki MDY-alkuisina, ja loput kirjaimet ja numerot kertovat mistä osasta on kyse.

Ensimmäinen kirjain kertoo mikä osa on kyseessä. Toinen numero kertoo minkä kokoisesta osasta on kyse, eli 04=400 mm 06=600 mm 08=800 mm ja 10=1000 mm leveä. Kolmantena on AC tai DC eli onko tasajännitteelle vai vaihtojännitteelle tarkoitettu silta.

Neljäntenä on vaiheiden lukumäärä ja tarvitaanko sillassa nolla-kiskoa. Eli 1L= 1vaihekisko per vaihe. 3LN2= 3 vaihekiskoa per vaihe ja 2 nollakiskoa. Viidentenä on kiskojen materiaali, eli onko kyse alumiini- vai kuparisilta. A on alumiini ja C on kupari. Viimeisenä on ylitys eli kuinka monta millimetriä kiskot tulevat rungon päädystä yli. Eri paikoissa tarvitaan eri ylitykset. Kuvassa 1 on esitetty eri ylitysmäärät millimetreinä ja niiden tunnuskirjaimet jotka esiintyvät taulukossa. Ulkokulmassa ja sisäkulmassa esiintyy viimeisenä kirjaimena U ja S, U ulkokulmassa ja S sisäkulmassa. Lisäksi paloläpiviennissä esiintyy viimeisenä L ja S kirjaimet, L lattialäpiviennissä ja S seinäläpiviennissä.



L ylitys 180

L ylitys 180 ja 200

E ylitys 200

Pystysilta ylitys 100 mm P

Pystysilta 100 ja 180 R

Syöttöliityntä edestä/takaa N-  
oikea

MDY	S	04	AC	1L	A	E
-----	---	----	----	----	---	---

Syöttöliityntä edestä/takaa N-  
vasen

MDY	S	04	AC	1L	A	T
-----	---	----	----	----	---	---

Syöttöliityntä sivulta

MDY	S	04	AC	1L	A	S
-----	---	----	----	----	---	---

Vaakasilta

MDY	I	04	AC	1L	A	I
-----	---	----	----	----	---	---

Pystysilta

MDY	I	04	AC	1L	A	P
-----	---	----	----	----	---	---

L-silta N-sisäkurvi

MDY	L	04	AC	1L	A	S	I
-----	---	----	----	----	---	---	---

L-silta N-ulkokurvi

MDY	L	04	AC	1L	A	U	I
-----	---	----	----	----	---	---	---

Jatko 90

MDY	V	04	AC	1L	A
-----	---	----	----	----	---

Jatko

MDY	J	04	AC	1L	A
-----	---	----	----	----	---

Paloläpivienti lattia

MDY	P	04	AC	1L	L
-----	---	----	----	----	---

Paloläpivienti seinä

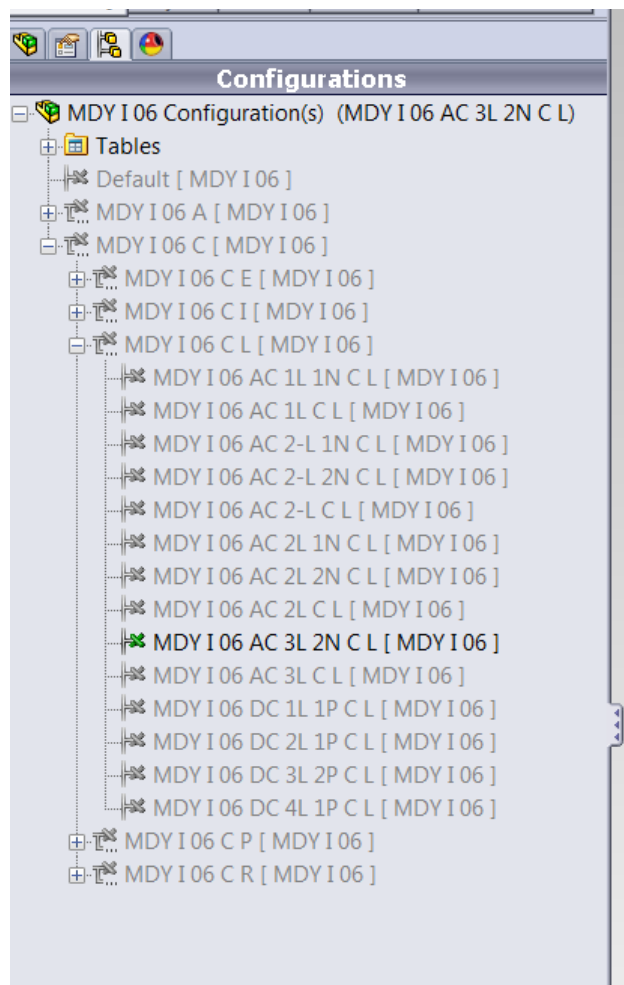
MDY	P	04	AC	1L	S
-----	---	----	----	----	---

□

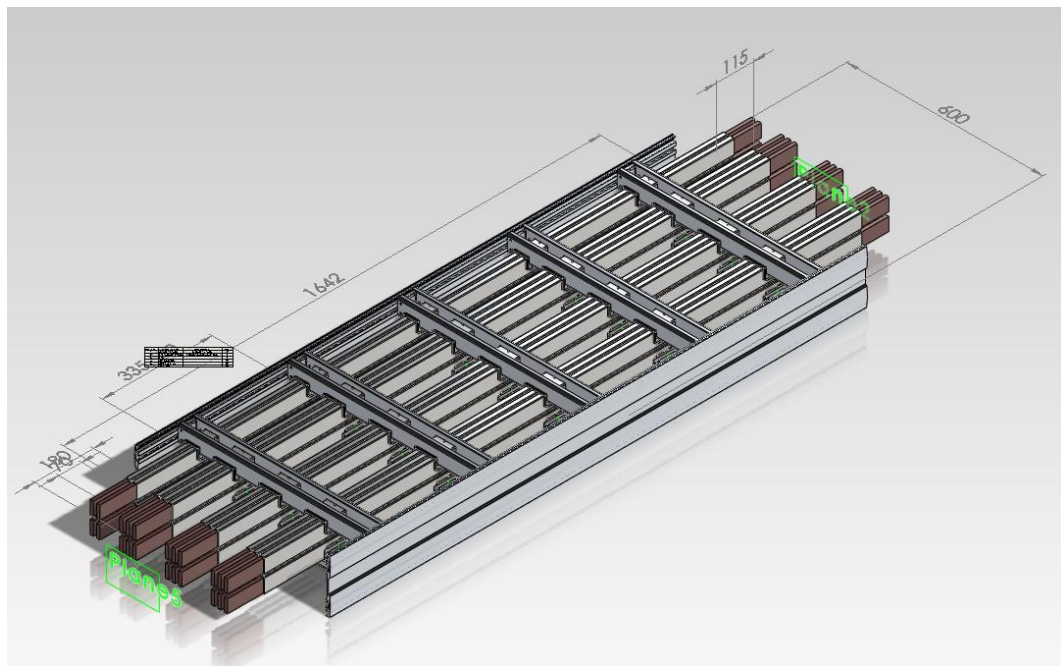
**Kuva 1.** Osien lyhenteet.

## 6.1 Suorat

Suorat sillat toteutettiin niin, että haluttu pituus asetettiin design tableen (**Kuva 19**). Samaan listaan asetettiin myös haluttu tukieristinväli ja haluttu tukieristimien lukumäärä. Lisäksi saatiin valittua kiskosillan osasta konfiguraatio, mikä silta oli kyseessä, eli kuinka monikiskoinen silta haluttiin, ja mikä materiaali on kyseessä.



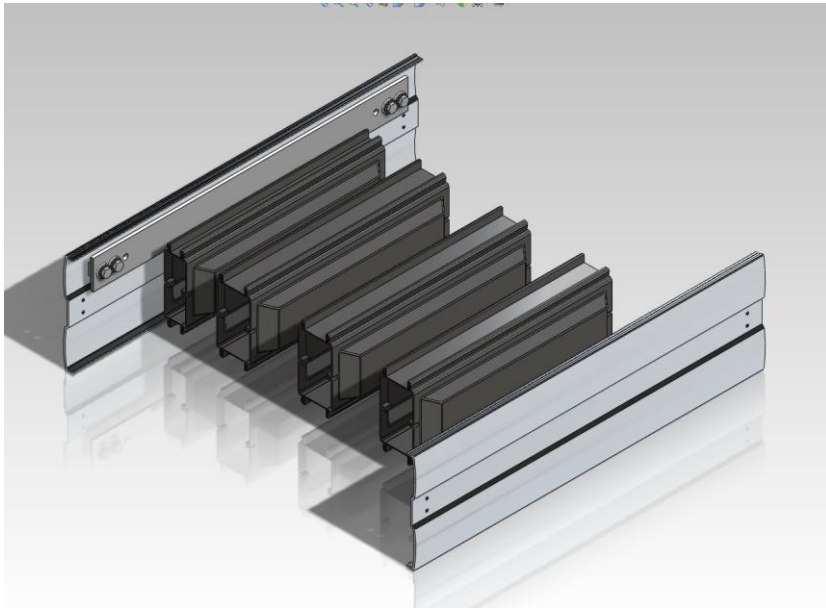
**Kuva 2.** Suoran 600 leveän sillan konfiguraatiot.



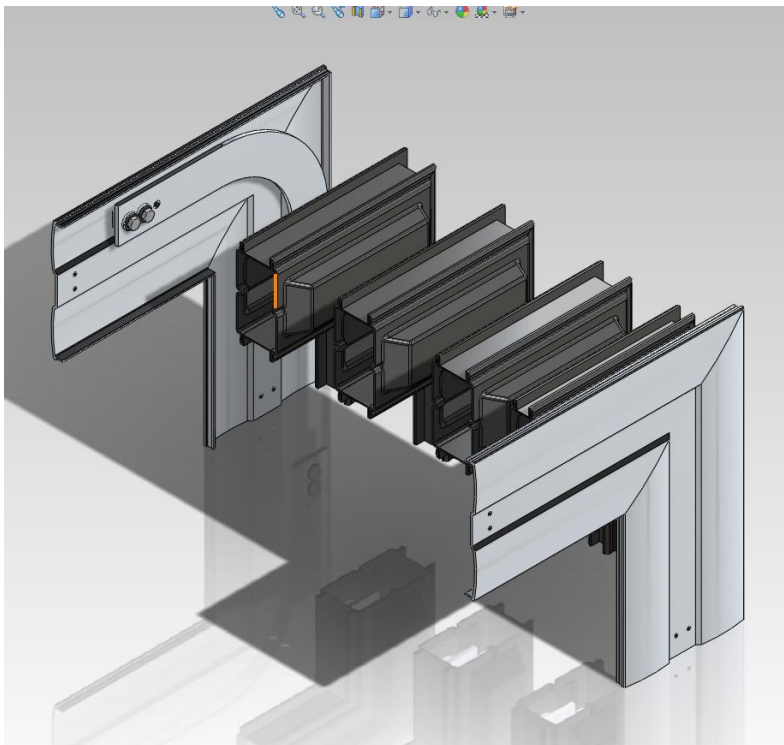
**Kuva 3.** 600 leveä silta.

## 6.2 Jatkokset

Jatkoksissa valitaan haluttu jatkostyyppi. Onko kyseessä vaakajatkos (**Kuva 4.**) vai pystykulma (**Kuva 5.**). Sitten valitaan konfiguraatio, mikä silta on kyseessä. Siltaelementit kiinnitetään toisiinsa ja jatkoksiin mate-toiminnolla. Jatkokset liitetään 100 mm rungot päällekkäin. Ne yhdistetään yhdistyspalalla. Kuvassa 4 näkyy yläpuolella oleva jatkos ja yhdistyspala, jossa on ruuvit. Se on PE-kisko. Kuvassa 5 yhdistyspala on mutkan muotoinen pala.



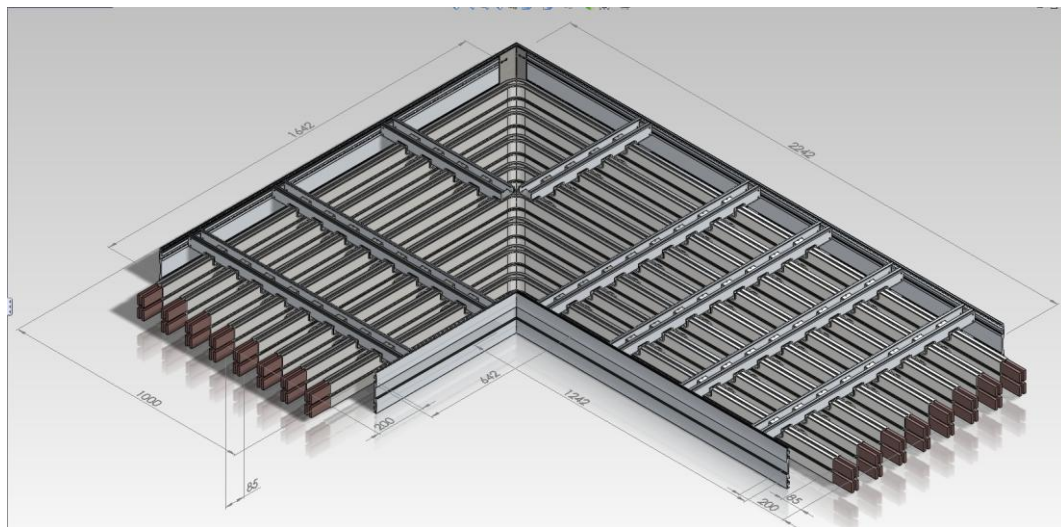
Kuva 4. Vaakajatkos



Kuva 5. Pystykulma

### 6.3 Kulmat

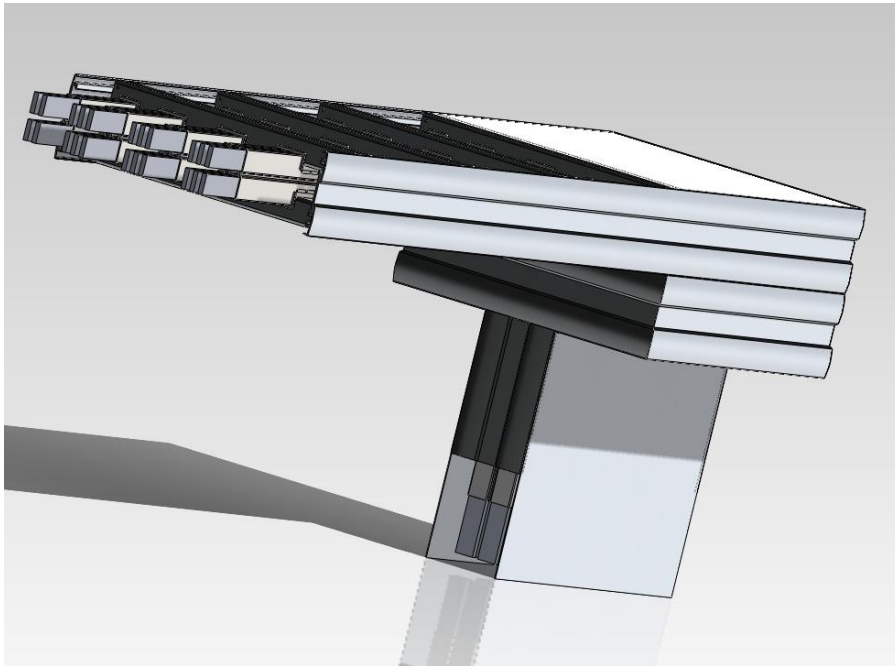
Kulmissa valitaan konfiguraatio, mikä silta on kyseessä. Lisäksi sillan mittoja voidaan muuttaa design tablen kanssa. Samalla voidaan asettaa tukieristimien lukumäärä ja väli.



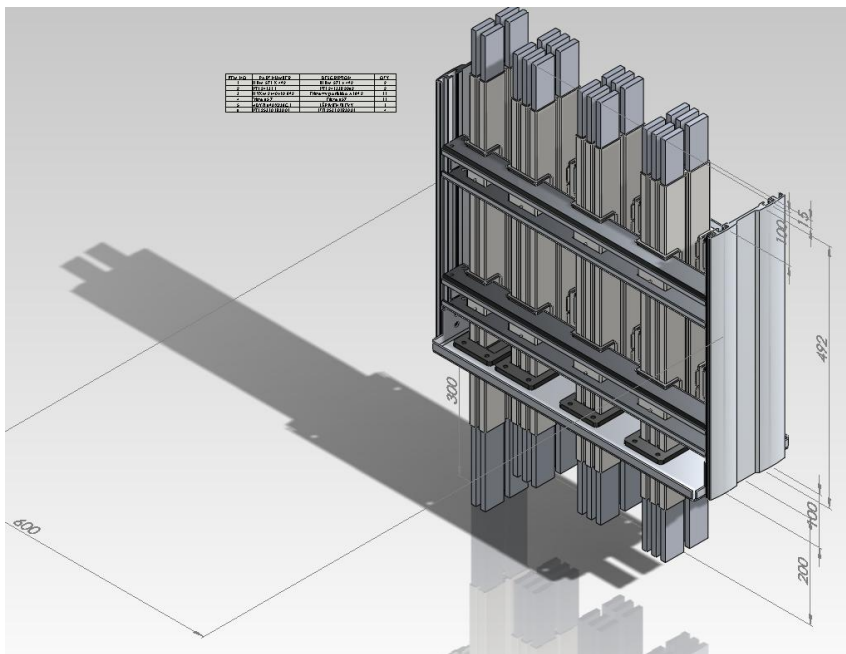
**Kuva 6.** Vaakakulma 1000 mm.

### 6.4 Keskusliitynnät

Keskusliityntöjä on valittavissa ylhäältä, sivulta ja 90 kulma. 90 kulma on vielä työn alla. Tässä on ongelmia aiheuttanut kiskojen taivutukset liitoksessa, koska useasti keskuksen liityntä on muualla kuin keskellä. Sovittiin, että kompromissina tehdään 3 erilaista liityntää 90 asteen kulmassa. Liitynnät tulevat keskelle ja molempiin reunoihin. Sivusiirtyminen tehtäisiin z-kulmalla, joka suunnitellaan myöhemmin. Z-kulmassa siltaan tehdään kaksi 45 asteen kulmaa, jolloin silta jatkaa samansuuntaisesti, mutta eri sivusuunnassa.



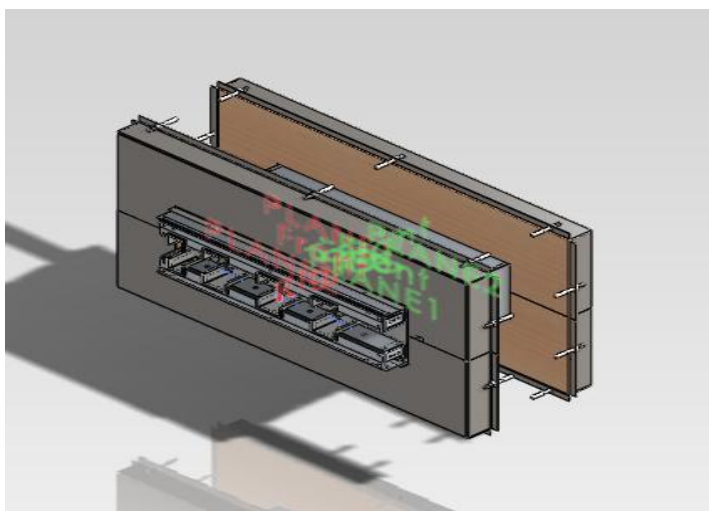
**Kuva 7.** 90 asteen keskukseen liityntä.



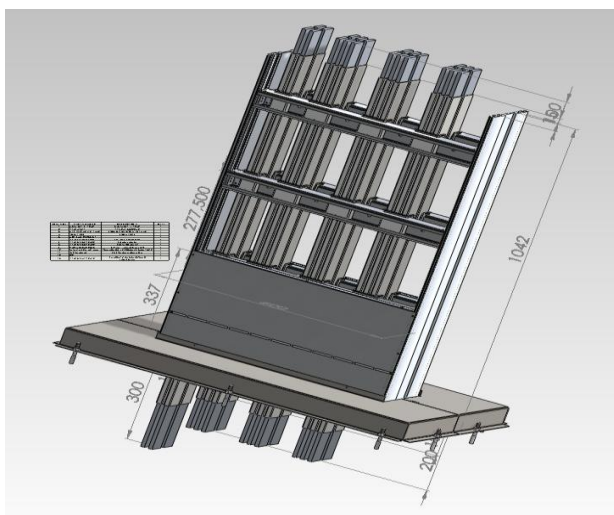
**Kuva 8.** Keskusliityntä.

## 6.5 Palokatkot

Palokatkot on toteutettu seinä- ja lattiamalleina. Palokatko on sijoitettu valmiiseen suoraan sillanpalaan, jolloin on pakko käyttää palokatkona suoraa palaa, missä on kiinnitettyä palokatko. Lisäksi palokatko saadaan irrotettua kiinteästä palasta sillasta erilliseksi komponentiksi, jolloin se voidaan liittää muiden osien päälle.



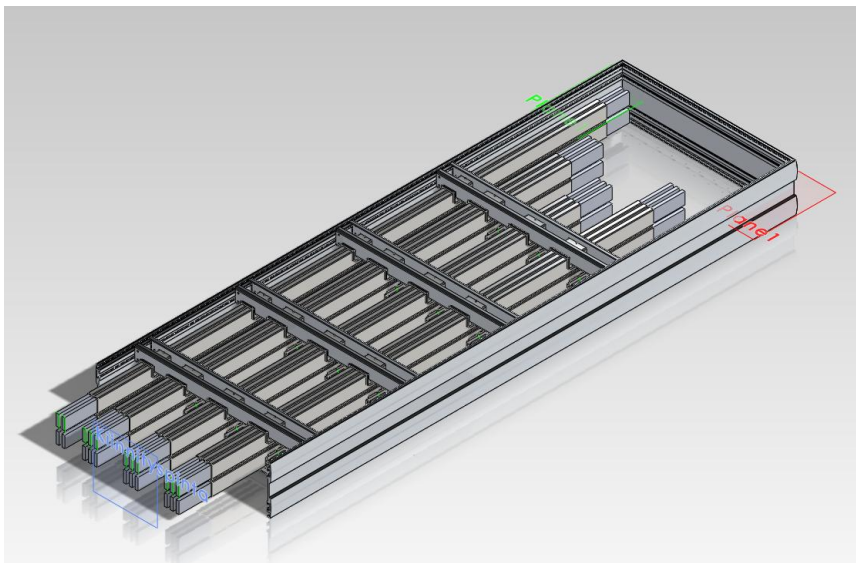
**Kuva 9.** Erillinen suoran palokatko.



**Kuva 10.** Lattiapaloläpivienti.

## 6.6 Muuntajaliitännät

Muuntajaliitännät toteutettiin suoraan alapuolella oleville muuntajille. Kiskosilta menee suoraan muuntajan päälle. Silloin liitytään muuntajan liittimistä suoraan ylös kiskoilla, jotka liittyvät muuntajan liityntäpalaan (**Kuva 11.**). Varsinaiset valmiit muuntajaliitännät ovat vielä työn alla, koska ne ovat jokaisessa projektissa erilaiset.



**Kuva 11.** Muuntajalle suoraan alastulo.



## 7 3D-KÄYTTÖÖNOTTOTEESTAUS

### 7.1 Lähtötiedot 2D tai 3D

Projekteihin lähtötietojen saanti 3D:nä tulee olemaan haaste. Kaikilla ei ole mahdollisuutta lähettää dokumentteja 3D-muodossa. Projektissa, jota ollaan tekemässä, asiakkaalla oli rakennuksesta saatavilla 3D-malli, mutta siitä huolimatta suunnitelma tapahtui 2D-muodossa. Asiakkaalta saadaan 2D-piirustuksia, joista pitää katsoa x,y,z-etäidyydet, eli kuinka siltaa aletaan valmistamaan 3D:nä.

Tulevaisuudessa pyritään saamaan asiakkaalta 3D-malli, johon voidaan sijoitella kiskosillat huoneisiin. Tämä vaatisi asiakkaan puolesta rakennuksista, kojeistoista ja muuntajista 3D-mallit. Tämä ei vielä ole mahdollista, joten joudutaan poimaan tietoja 2D-piirustuksista.

Kysymyksiä herättää myös, toimivatko asiakkaiden eri ohjelmilla tehdyt 3D-mallit tällä ohjelmalla.

### 7.2 Asiakasvaatimukset ja lähetettävät kuvat

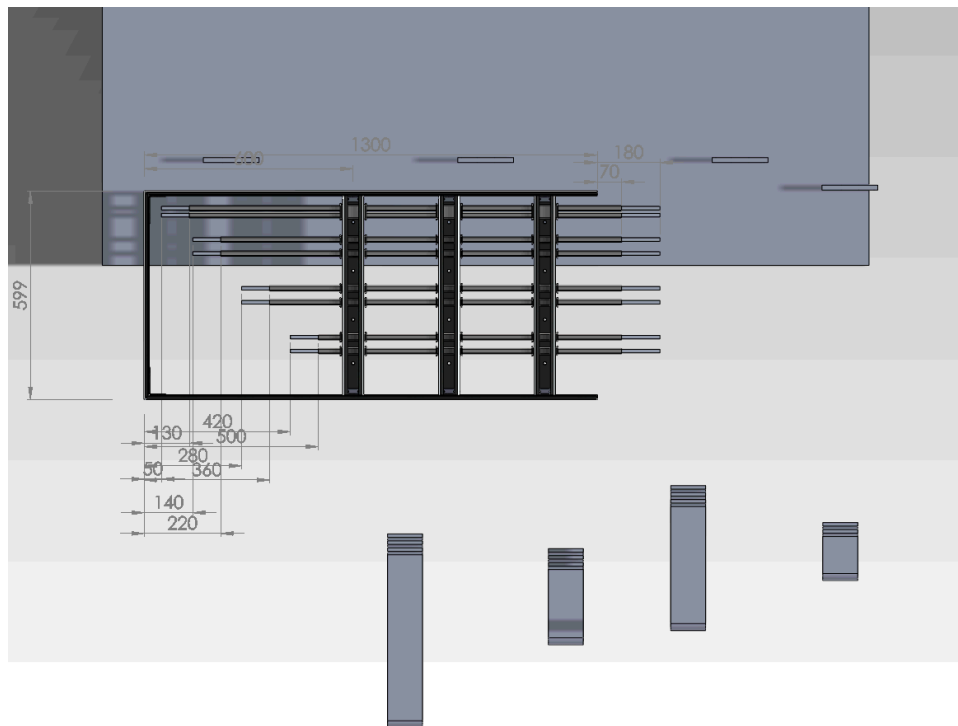
Projektin lähtökohta on siirtyä 3D-malleihin asiakasvaatimusten ja valmistuksen ongelmien vuoksi. Valmistuksen vaatimus on saada helposti luettavia piirustuksia, joista voidaan valmistaa kiskosilloja. Lopullinen asiakas haluaa tietää sillalle tarkan paikan rakennuksen sisällä, että tiedetään paljonko tilaa pitää varata, ja minne esim. kaapelihyllyt sijoitetaan. Tämä on tuottanut ongelman 3D-ympäristön käytössä. Asiakkaalle ei välttämättä ole tullut samaa tietoa katsomalla 3D-mallia kuin aiempaa 2D-mallia, josta on saatu tieto minne silta sijoitetaan heidän pohjapiirustuksissa. Nyt ei voida pelkästään lähettää asiakkaalle 3D-mallia, vaan joudutaan edelleen lähettämään myös 2D-tasopiirustus. Siitä asiakkaalle selviää, mihin silta on sijoitettuna. Asiakas tarvitsee usein seinään reiän kohdan, minne kiskosillalle tehdään reikä. Tämäkin asia selviää nopeasti 2D-piirustuksista, mutta 3D-mallista otetusta piirustuksesta ei niin helposti.

Jatkossa lähetetään asiakkaalle 2D-tasopiirustukset, joista selviää sillan sijoittelu, lisäksi 3D-mallista otettu piirustus, josta selviää tarkat sillan mitat. Valmistukseen riittää jatkossa pelkät 3D-dokumentit.

### **7.3 Havaitut ongelmat**

Palaverissa suunnittelutoimiston kanssa todettiin seuraavia asioita.

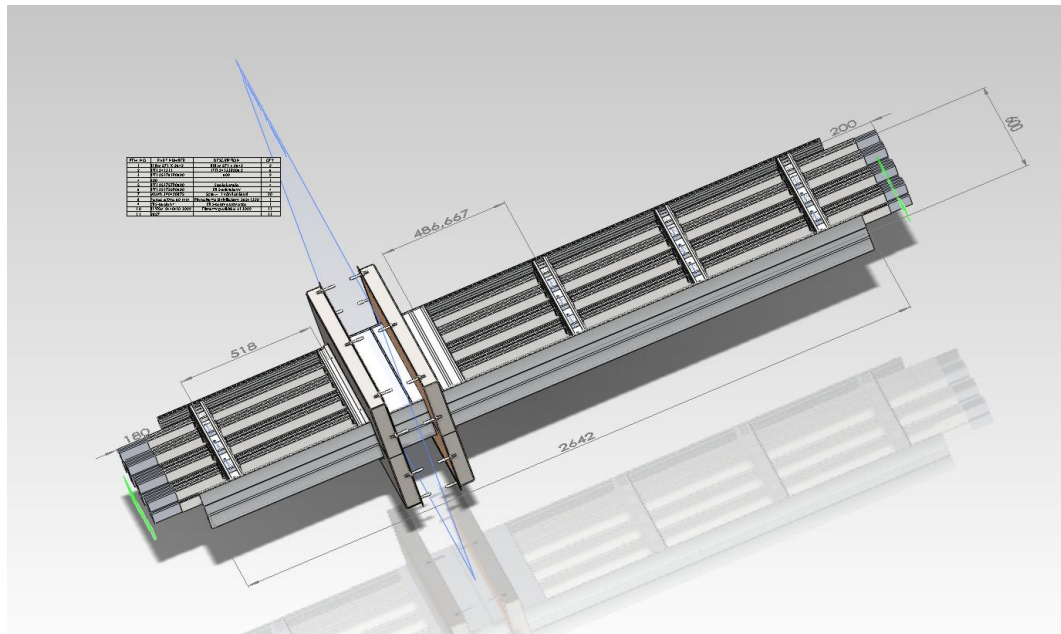
Muuntajapalalle (**Kuva 12.**) suunniteltu maksimipituus ei riittänyt. Sillan rungon maksimipituudeksi oli laitettu 2870 mm, kun projektissa olisi tarvittu rungon pituudeksi 3065 mm. Tällöin sillan mittaa jouduttiin muuttamaan suunnittelutoimistolla. Todettiin, että sillan rungon mitaksi tulee 3300 mm. Tämä maksimimitta tulee ainoastaan kyseeseen muuntajapalassa. Muuntajan liitynnässä tulee useimmiten yli 3000 mm paloja.



**Kuva 12.** Muuntajanpalan maksimipituus jäi lyhyeksi.

Paloläpiviennistä todettiin, että esitellyssä palassa oli vakiona 150 mm seinä, ja usein seinäpaksuus vaihtelee. Pala muutetaan niin, että voidaan syöttää arvoja design tableen, jolloin saadaan paloläpivientiosia eripaksuisille seinille.

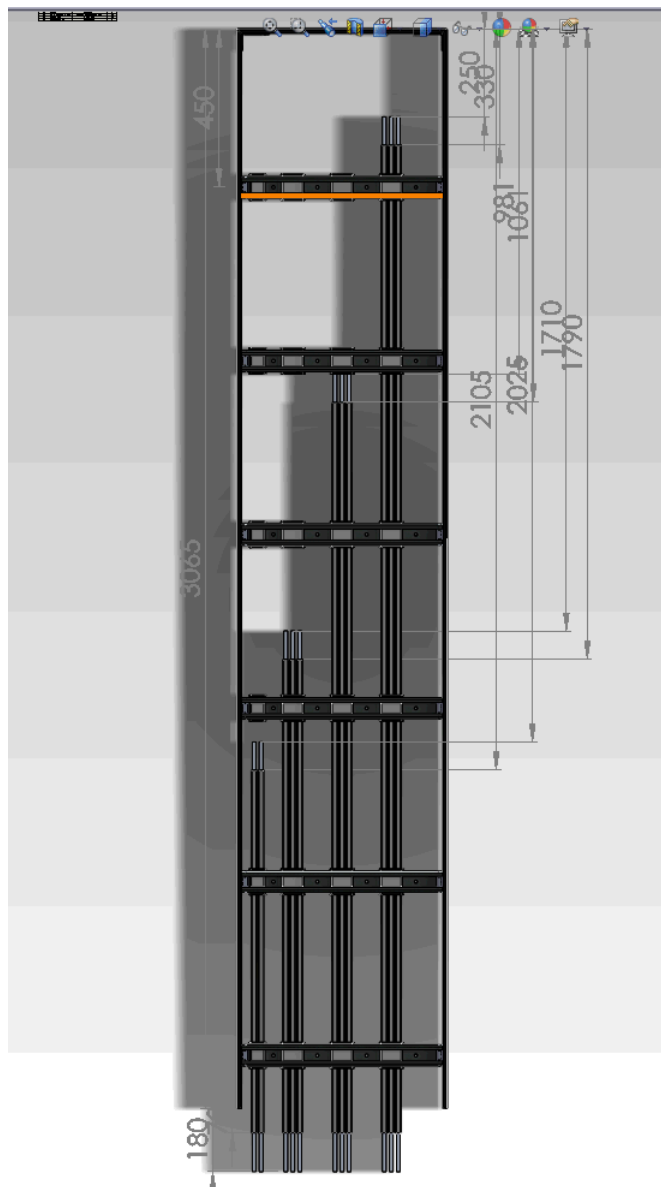
Testattaessa paloläpivientipalaa ja muuntajapalaa huomattiin, että tekeillä olevassa projektissa paloläpivienti oli samassa muuntajan palassa. Näin joudutaan usein tekemään, koska kojeisto tai muuntaja on lähellä seinää, ja siitä lähdetään suoraan seinän läpi. Tällöin joutuisi laittamaan paloläpiviennin suoraan liittymispalaan. Tällä testauksella löytyi jo 3 palassa kehitystarpeita.



**Kuva 13.** Valmis paloläpivientipala ja sen maksimimita.

Alkuperäinen ajattelu millä mallia oli alettu mallintamaan oli se, että paloläpivienti on erillinen komponentti. Tarvittaisiin erillinen paloläpivientipala, minkä voisi liittää muihin paloihin saumattomasti. Ongelmia aiheuttaisi tällaiselle palalle tukieristimien sijoittelu, koska nyt ohjelma laskee osalle tukieristimien määrän tietyllä jaolla design tablen avulla. Jos keskelle, esim. suoraan sijoittaisi paloläpivientipalan, se menisi tukieristimien päälle ja jako menisi sekaisin. Paloläpivientipala sisältää tukieristimiä. Tämä asia meni erilliseksi hankkeeksi, jossa ratkaistiin ko. ongelma. Tämän projektin eteneminen riippui kriittisesti juuri tästä osasta.

Lisäksi tukieristimien paikat aiheuttivat ongelmia. Kun muuntajanpalassa asetti kiskojen paikat, ohjelma määritteli tukieristimille tietyn jaon, esim. alle 400 mm välein, joten tässä tapauksessa se osui juuri kiskon kuorinnan päälle. Tukieristimiä pitää olla tarpeeksi tiheästi riittävän dynaamisen oikosulkuvirtakestoisuuden saavuttamiseksi.



**Kuva 14.** Tukieristimet väärällä kohdalla.

Paloläpiviennin ongelma ratkaistiin niin, että otettiin paloläpivientipala ja piilotettiin suppress-toiminnolla kaikki muut kiskon osat, paitsi itse paloläpivientiosa.

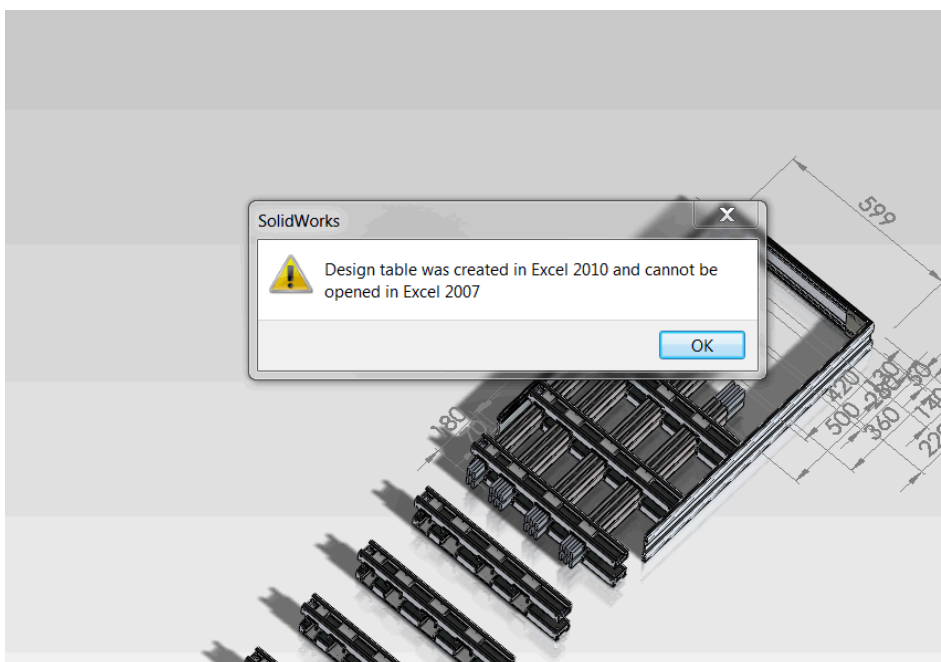
Tämän jälkeen onnistui helposti liittämään paloläpivienti muuntajapalan päälle. Tässä vaiheessa esiintyi toinen ongelma, eli seinän paksuus on eri kuin mitä osaan on vakiokokoksi luotu.

Suunnittelutoimisto ratkaisi tämän ongelma tekemällä paloläpivientiin palan, jossa seinän paksuuden pystyy säätämään haluamaansa mittaan.

Jatkopala oli hyvä. Se saatiin suoraan liitettyä suoralle osuudelle. Seuraavaksi jatkospalasta pitäisi tulla kojeiston päälle suoraan alas tuleva kisko. Sillasta lähdetään suoraan alas kiskoilla, jonka jälkeen tehdään metallikotelo, missä kiskot taitutetaan oikeaan suuntaan ja oikealle vaihevälille. Sen jälkeen voidaan jatkaa pystyjatkoksella, josta siirrytään kojeistoon. Ongelmia oli tuottanut tällaiset 90 asteen liitokset, koska niitä ei oltu mallinnettu ollenkaan. Asia on otettu puheeksi ja suunnittelutoimisto on ruvennut mallintamaan tähän tarkoitukseen sopivaa palaa.

Ongelmia on aiheuttanut työssä osien eri versioiden olemassaolo. Kun koneessa on eri versioita samasta osasta, ohjelma menee sekaisin siitä. Silloin osa voi hävitä tai tulla lisää ei haluttuja osia. (**Kuva 15.**) Jokaisesta osasta pitää olla vain yksi tiedosta koneella.

Ohjelmalle oli ongelmia aiheuttanut myös Excel-tiedostot, jos tietokoneella oli jäänyt auki Excel-dokumentti, ja tehtiin muutoksia johonkin palaan design tablella, silloin tuli vikailmoitus (**Kuva 15.**). Ongelma korjattiin sulkemalla Excel taustalta, ja käynnistämällä design table uudestaan.



**Kuva 15.** Exceliä ei pystytty pitämään auki, muokattaessa palojen pituuksia, ja osaan on ilmestynyt tukieristimiä liikaa.

Ongelmia tulee olemaan myös suunnittelun kapasiteetin kanssa, koska uusi järjestelmä työllistää suunnittelijoita enemmän, mutta antaa arvokkaampia dokumentteja asiakkaalle.

#### 7.4 Uuden ohjelman aloituksen ongelmat

Uuden ohjelman käyttöönottoon liittyy monenlaisia ongelmia. Suurin ongelma on vanhaan tottuminen, eli kuinka saadaan suunnittelijat käyttämään uutta työkalua. Teknisiä ongelmia on aiheuttanut osakokoonpanokirjastot, eli nyt luodaan uusia osia. Aluksi ilmenee kaikki ongelmat. Kun suunnittelu käynnistyy 3D- ympäristössä, alkaa ongelmia ilmestyä lisää. Kun näistä ongelmista on selvitty, alkaa ohjelma toimimaan suunnitellulla tavalla.

## 7.5 Hyödyt

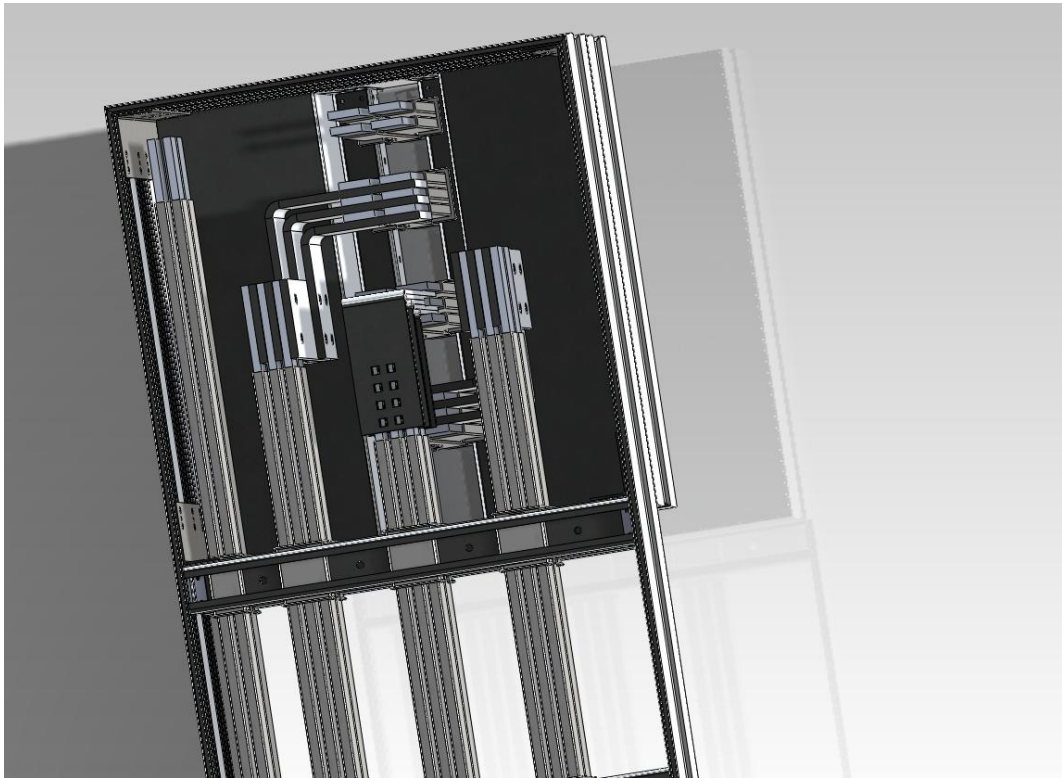
3D-suunnittelu mahdollistaa monta uutta asiaa. Valmistuksessa ei olla enää sidoksissa yhteen alihankkijaan. Nyt voidaan kilpailuttaa valmistusta muissakin yrityksissä, jolloin valmistus nopeutuu. Dokumenteista tulee laadukkaampia, jolloin uudetkin asentajat oppivat nopeammin valmistamaan kiskosiltoja. Kiskosiltatuotteesta tulee asiakkaan silmissä arvokkaampi, koska dokumentit ovat laadukkaita. Tarjouslaskennassa voi myös toimittaa asiakkaalla 3D-mallit ja voidaan käyttää osaluettelotoimintaa tarjouslaskennassa, jolloin hinnoittelusta tulee entistä tarkempaa.

Työmaalla asentajat näkevät piirustuksista kuinka sillat pitää asentaa, ja näkevät osaluettelosta mikä osa kuuluu minnekin, varsinkin jos samalla otetaan uusia käytäntöjä käyttöön, esim. 90 asteen liityntä kiskosiltaan. Normaalisti on tehty millintarkka kotelo keskuksen päälle, eli sivusiirtymä on voitu tehdä halutun mittaiseksi. Tämä on aiheuttanut ongelmia 3D-ohjelman rajoitteissa. Tällaisista paloista olisi tullut liian haastavia toteuttaa. Nyt otettaisiin käyttöön uusi käytäntö, jolloin olisi 3 eri mittaa ohjelmaan, keskelle molempiin reunoihin. Tällöin ongelmaksi jäisi sivusiirtyminen, tämä tehtäisiin z-kulmalla, eli siltaan tehtäisiin kaksi 45 asteen kulmaa, jolloin saadaan haluttu sivusiirtymä tehtyä. Tätä 90 asteen liitosta saisi sovellettua myös muissa osissa. Tällöin saataisiin tehtyä vakio-osiksi 1 osa valmistuksessa, jolloin valmistus nopeutuisi.

## 7.6 Suunniteltujen osien kokoonpano

Kokoonpano tapahtuu valmiista osista, jotka kootaan yhdeksi kokonaisuudeksi. Kojeistosta ylösnousevassa palassa oli nollakisko väärällä puolella. Kisko käännettiin ympäri ja vielä piti tehdä yhdistyskisko vaakasillasta alas menevälle sillalle (**Kuva 16.**).



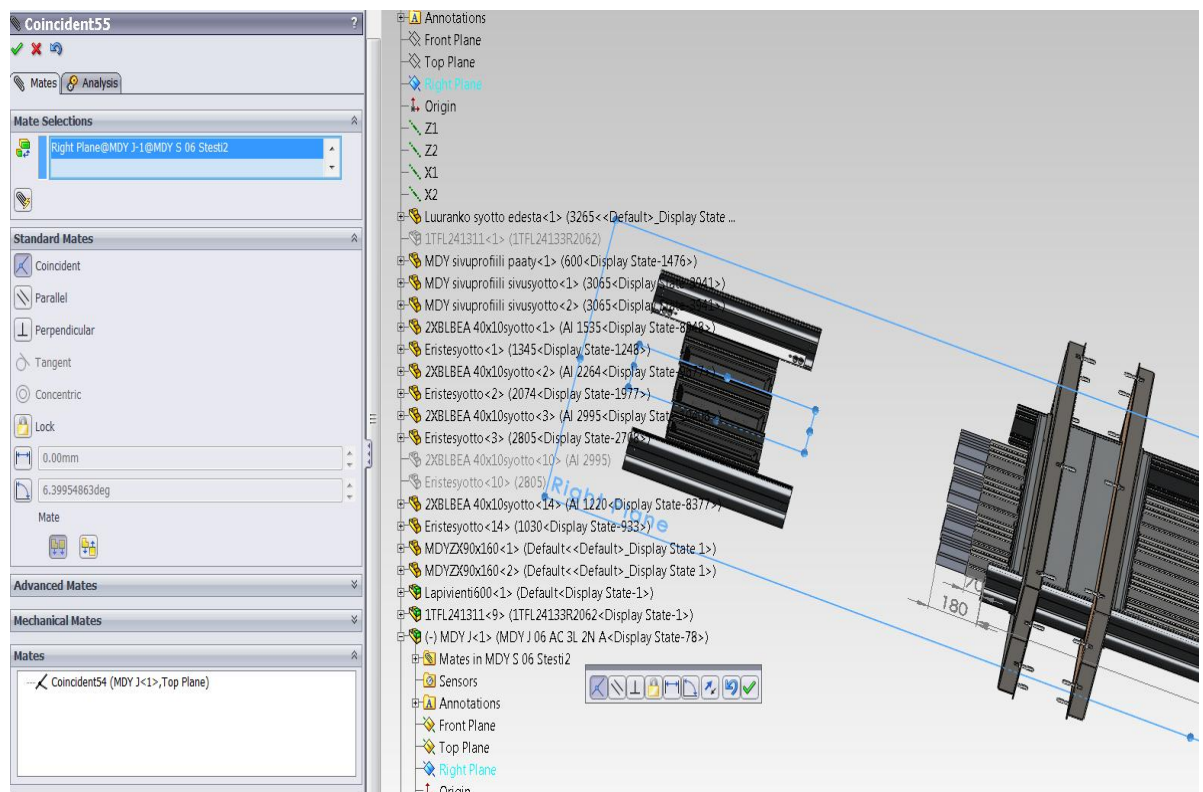


**Kuva 16.** Vaihejärjestys käännetty oikein, ja nollakiskosta puuttuu välipala.

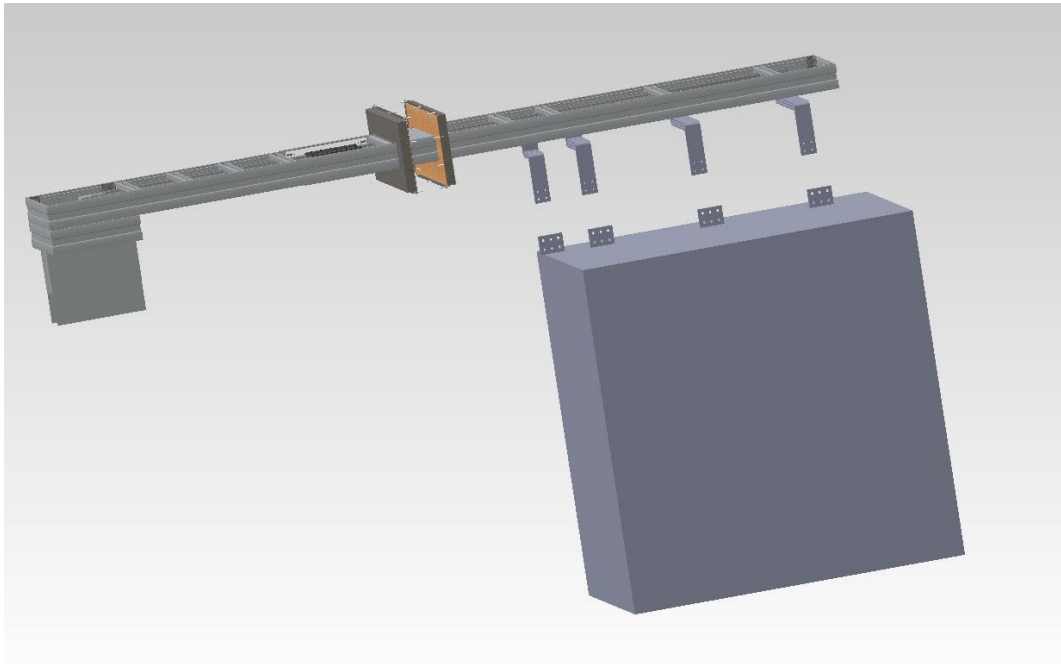
Seuraavaksi vuorossa oli osien kasaaminen kokonaisuudeksi. Aluksi sijoitettiin muuntaja, sen jälkeen asennettiin muuntajalle silta, jossa oli valmiiksi paloläpivienti oikealla paikalla, joka oli tehty aikaisemmin, sitten siihen liitettiin jatkoliitos. Jatkoliitoksessa piti liitos mennä 100 mm toisen rungon päälle päälle, koska se kiristetään yhdyspalalla siihen. Sen jälkeen tulee kojeistolle menevä pala, joka oli tehty valmiiksi, se liitettiin jatkopalaan. Sitten muuntajalta lähtevät kiskon palat liitettiin. Liitokset täytyi tehdä, koska sillasta ei saatu suoria kiskoja muuntajan liittimille. Kiskot oli tehty valmiiksi paketeiksi aikaisemmin, jotta myös ne voidaan liittää.

### 7.6.1 Suunniteltujen osien liittäminen

Osat liitetään yhteen mate-toiminnolla. Suositeltavin tapa olisi käyttää tasoja, joille osat on luotu. Aluksi liitetään oikeanpuoleiset tasot molemmista liitettävistä osista yhteen, niitä kutsutaan right plane. Sen jälkeen korkeussuunnassa päällimmäisistä tasoista yhteen, joita kutsutaan top plane. Tällöin osat ovat avaruudella kahdella akselilla samansuuntaisia. Sen jälkeen, kuten kuvassa 17, voidaan silta liittää esim. jatkopalaan etusuunnassa rungon mitan mukaan, eli front-suunnassa. Runkojen kohtaamispaikka liitetään yhteen halutusta kohdasta.



**Kuva 17.** Tasojen liittäminen.



**Kuva 18.** Projektin kiskosilta valmiina sijoiteltuna.

### **7.6.2 Osien pituuden määrittäminen oikean kokoiseksi**

Osien pituuden määrittäminen oikean kokoiseksi tapahtuu design table-työkalua käyttäen. Design table on Excel-lista, jonne voidaan syöttää haluttuja ominaisuuksia, joita on osiin ohjelmoitu valmiiksi. Kuvasta 19 selviää sarakkeet, joilla pituutta muutetaan. Sarakkeisiin voidaan syöttää pituus ja tukieristimien lukumäärä. Samalla näkee mikä on tukieristimien väli ja kuinka pitkät kiskot tulee siltaan.

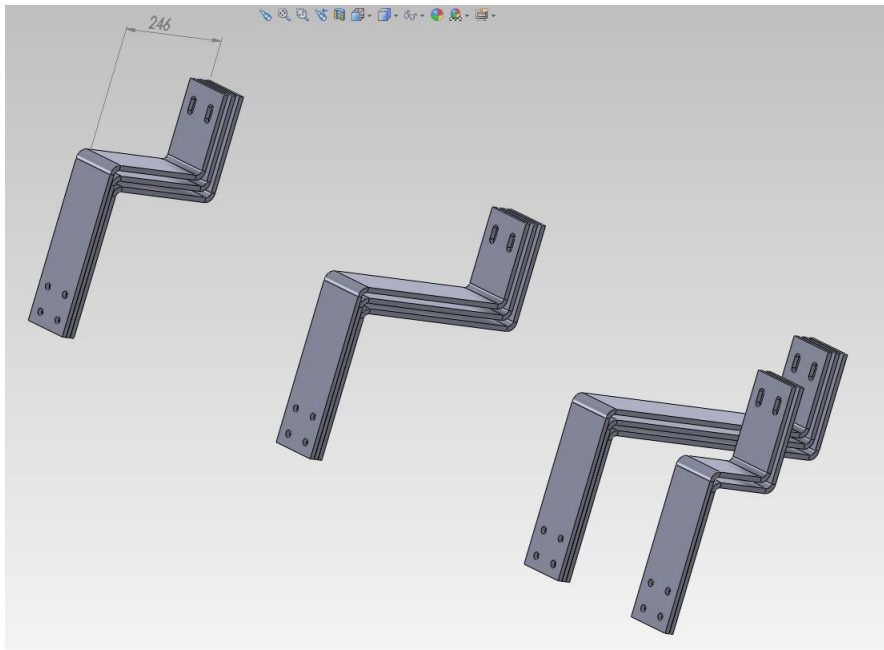
Design Table for: MDY I 06

		\$DESCRIPTION	\$PARTNUMBER	\$PARENT	\$CONFIGURATION@Lauranko<1>	\$USER_NOTES	\$CONFIGURATION@BLBM571<1>	D1@Distance1	\$CONFIGURATION@1TFL241311<1>	D1@Distance3	D3@LocalPattern1	\$STATE@1TFL241311<1>	\$STATE@1TFL241311<2>	\$STATE@1TFL241311<3>	\$STATE@1TFL241311<4>	\$STATE@1TFL241311<5>	\$STATE@1TFL241311<6>	\$STATE@1TFL241311<7>	\$CONFIGURATION@2X8UBEA_40x10<1>	D1@Distance5
\$USER_NOTES					Pituus	KPL														
Default	Default	\$D			2000	5	1600	0	1TFL24131R0061	650	325	R	R	R	R	S	S	S	AI 1960	980
MDY I 06 A	MDY I 06 A	\$D			2000	5	1600	0	1TFL24131R0061	650	325	R	R	R	R	S	S	S	AI 1960	980
MDY I 06 C	MDY I 06 C	\$D			2000	5	1600	0	1TFL24131R0061	650	325	R	R	R	R	S	S	S	AI 1960	980
MDY I 06 A I	MDY I 06 A I	\$D	MDY I 06 A		2000	5	1600	0	1TFL24131R0061	650	325	R	R	R	R	S	S	S	AI 1960	980
MDY I 06 A E	MDY I 06 A E	\$D	MDY I 06 A		2000	5	1683	0	1TFL24131R0061	691,5	345,75	R	R	R	R	S	S	S	AI 2083	1041,5
MDY I 06 A L	MDY I 06 A L	\$D	MDY I 06 A		2000	5	1642	20,75	1TFL24131R0061	671	335,5	R	R	R	R	S	S	S	AI 2022	1001
MDY I 06 A P	MDY I 06 A P	\$D	MDY I 06 A		2000	5	1683	0	1TFL24131R0061	691,5	345,75	R	R	R	R	S	S	S	AI 1883	941,5
MDY I 06 A R	MDY I 06 A R	\$D	MDY I 06 A		2000	5	1642	20,75	1TFL24131R0061	671	335,5	R	R	R	R	S	S	S	AI 1922	1001
MDY I 06 C I	MDY I 06 C I	\$D	MDY I 06 C		2000	5	1600	0	1TFL24131R0061	650	325	R	R	R	R	S	S	S	Cu 1960	980
MDY I 06 C E	MDY I 06 C E	\$D	MDY I 06 C		2000	5	1683	0	1TFL24131R0061	691,5	345,75	R	R	R	R	S	S	S	Cu 2083	1041,5
MDY I 06 C L	MDY I 06 C L	\$D	MDY I 06 C		2000	5	1642	20,75	1TFL24131R0061	671	335,5	R	R	R	R	S	S	S	Cu 2022	1001
MDY I 06 C P	MDY I 06 C P	\$D	MDY I 06 C		2000	5	1683	0	1TFL24131R0061	691,5	345,75	R	R	R	R	S	S	S	Cu 1883	941,5
MDY I 06 C R	MDY I 06 C R	\$D	MDY I 06 C		2000	5	1642	20,75	1TFL24131R0061	671	335,5	R	R	R	R	S	S	S	Cu 1922	1001
MDY I 06 AC 1L A E	MDY I 06 AC 1L A E	\$P	MDY I 06 A E		2000	5	1683	0	1TFL24131R0061	691,5	345,75	R	R	R	R	S	S	S	AI 2083	1041,5
MDY I 06 AC 1L A F	MDY I 06 AC 1L A F	\$P	MDY I 06 A F		2000	5	1683	0	1TFL24131R0061	691,5	345,75	R	R	R	R	S	S	S	AI 2083	1041,5

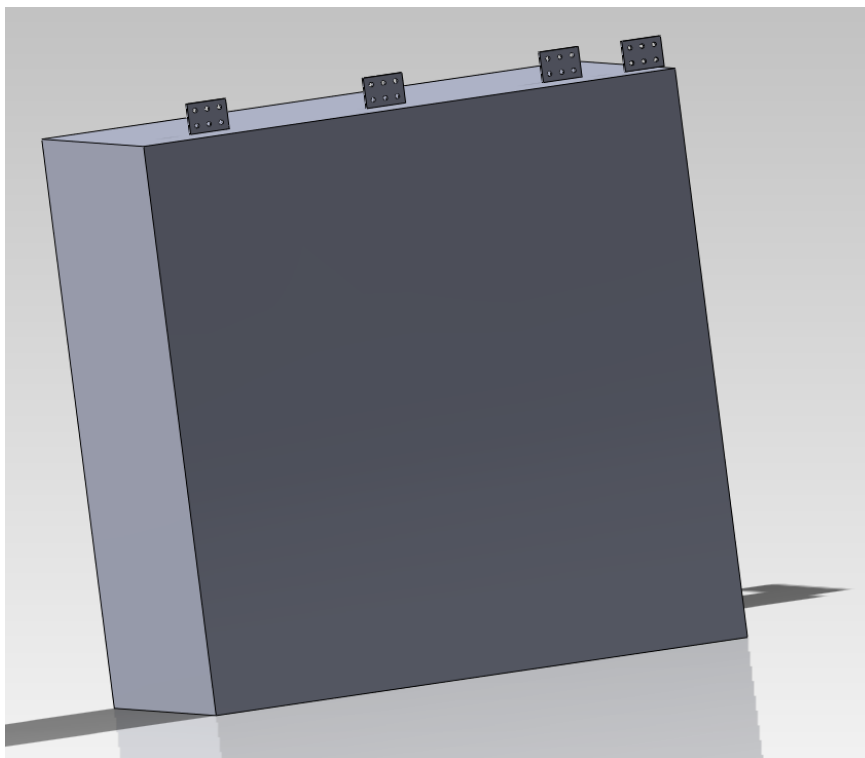
Kuva 19. Design table.

### 7.6.3 Suunniteltavat osat

Kaikkia osia ei voida tehdä valmiiksi kokoonpanoiksi, koska mitat vaihtelevat monesti. Esimerkiksi muuntajalle tuleva kiskotus joudutaan suunnittelemaan ta-pauskohtaisesti. Voidaan toki myös käyttää valmista mallia tehtäessä uutta. Myös muuntajat (**Kuva 21.**) ja niiden liittimet (**Kuva 20.**), joihin kiskosilta liitetään, joudutaan itse mallintamaan, koska asiakkaalta ei saada muuntajasta 3D-malleja. Keskuksien liittynät joudutaan mallintamaan, jos keskus on normaalista poikkeava. Lisäksi kaikki normaalista poikkeavat kiskotukset joudutaan mallintamaan itse. Kotelot, joilla koteloidaan paljaat kiskotukset muuntajan ja kojeiston päissä, joudutaan mallintamaan.



**Kuva 20.** Muuntajan kiskot malliprojektiin.



**Kuva 21.** Mallimuuntaja projektiin.

## 8 LOPPUPÄÄTELMÄT

### 8.3 Hyödyt ja haitat

Opinnäytetyön aikana on huomattu seuraavia hyötyjä: Uudelle suunnittelijalle on hyötyä oikean kokoonpanon valmistamiseen 3D-ohjelmalla. Ruudusta näkee jokaisen ruuvin ja jokaisen palan, tiedetään heti jos olet valinnut väärän osan tai jos joku osa ei sovi. Tähän asti uuden työntekijän on ollut hankala hahmottaa valmistuksen kokonaisuutta.

Tuotteelle tulee lisäarvoa parempien dokumenttien ansiosta. Tuotteen tarjoukseen voidaan liittää 3D-kuvannot, joista saadaan selville tarkempia tietoja. Saadaan myös osaluettelo, joka mahdollistaa entistä tarkempien tarjousten tekemisen. Täten voidaan saada lisää tilauksia tulevaisuudessa.

Asiakkaan näkökulmasta tuote vaikuttaa arvokkaammalta, kun siitä on kunnolliset dokumentit ja samalla asiakkaat näkevät paperilla mitä ovat ostaneet ja mitä ollaan asentamassa. Asiakas valitsee tarjouksista ABB:n tarjouksen, koska dokumentointi on tehty parhaalla mahdollisella tavalla.

Valmistuksessa on mahdollista tehdä vähemmällä kokemuspohjalla kiskosiltoja 3D-dokumenteilla. Aikaisemmin on vaadittu ammattitaitoa tulkita piirustuksia. Nyt tiedetään tarkemmin paljonko työaika kuluu valmistukseen. Tiedetään paljonko valmistus voi laskuttaa lisätyötunneista. Tähän asti he ovat voineet itse sanoa paljonko on tehty ylitöitä. Nyt tiedetään tarkemmin ohjelman ansiosta, kuinka paljon lisätöitä mahdollisesti tarvitaan. Lisäksi voidaan kilpailuttaa muita alihankkijoita, koska muutkin pystyvät valmistamaan siltoja näillä dokumenteilla. Täten voidaan säästää valmistuksessa.

Kuljetuskustannuksissa voidaan säästää, koska ohjelma laskee painon. Voidaan tilata oikeankokoinen kuljetus, ei tarvitse ylimitoittaa. Lisäksi mahdollisilta takaisin lähettämisiltä säästytään, koska dokumentit ovat paremmat. Ei tarvitse enää korjailla vanhoja asennuksia niin paljoa. Lisäksi ohjelmasta saadaan osaluettelo,

josta tiedetään mitä osia täytyy lähettää työmaalle. Osat saadaan selvästi merkittyä paketteihin missä laatikossa on mitäkin osia.

Tuotteen asennus voidaan tehdä helpommin, koska asentajille voidaan antaa dokumentit, joista näkee suoraan, kuinka silta tulee asentaa. Täten voidaan käyttää myös sellaisia asentajia, jotka eivät ennen ole kiskosiltoja asentaneet. Lisäksi mahdollisissa ongelmissa asentajien kanssa voidaan neuvoa paremmin ongelmissa, kun tiedetään kuvasta heti missä ongelma on. Osaluettelo nopeuttaa asentajien työtä työmaalla miettiessä, missä on tarvittavat osat. Lisäksi suunnittelijoilta ja projektin hoitajilta säästyy työaika, koska asiakkaat eivät joudu soittamaan turhaan. Työaika menee paljon hukkaan ylimääräisen neuvomisen takia.

Uudet dokumentit tekevät tuotteesta arvokkaamman asiakkaitten silmissä. Voidaan esitellä tarkat 3D-mallit, joista selviää tarkasti mistä tuotteesta on kyse.

Haittoja uusi järjestelmä tuo suunnittelun kapasiteetin lisäyksenä. Saman työn tekemiseen pitää varata 2 kertaa pidempi suunnittelu-aika. Lisäksi asiakkailta saatavien dokumenttien soveltaminen 3D-mallinnuksessa hankaloittaa työtä.

## **8.2 Kustannukset**

Projektin aikana tutkittiin työaikojen jakautumista, arvioitiin kauanko menee 2D-suunnittelussa verraten uuteen 3D-suunnitteluun ja mietittiin paljonko säästöjä tulisi kokoonpanosta, projektin hoidosta ja asennustöistä.

Lisää kustannuksia tulee ulkopuolisesta suunnittelusta, jos sieltä joudutaan erikoisempia ratkaisuja tilaamaan. Laskelmassa on ajateltu ensin yhden projektin ajan käyttö. Oletetaan, että opittuaan ohjelman käytön, suunnittelija pystyy samassa ajassa tekemään projektin 3D-suunnitelman kuin 2D-suunnitelmankin.

Muuntajan ja kojeiston päät tilataan ulkopuoliselta suunnittelijalta, koska ABB:llä ei ole kapasiteettia tehdä näin isoja töitä. Siitä tulee lisäkustannuksia. Kokoonpanossa työ nopeutuu. Projektin hoidossa joudutaan kyselemään asiakkaalta mah-

dollisia 3D-malleja, mutta ylimääräinen neuvonta parempien dokumenttien ansiosta vähentyy.

Asennustöissä ylimääräinen kysely ja epätietoisuus hidastaa projektien valmistamista ja kuormittaa projektinhoitajia.

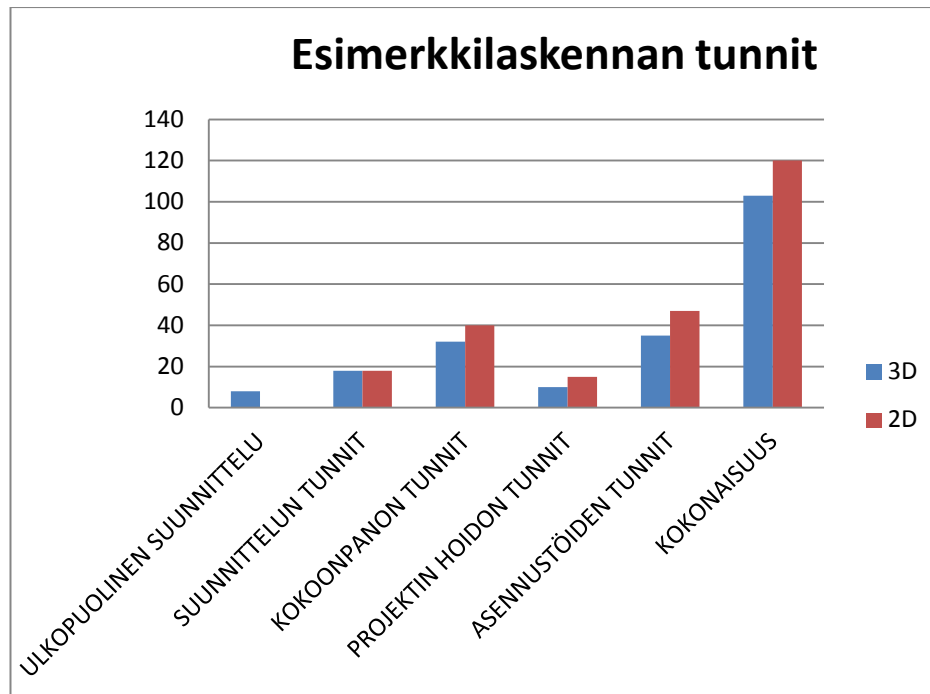
Esimerkkilaskelmassa (**Taulukko 1.**) saadaan 17 tuntia erotusta. Oletetaan, että työn hinta on 50 €/tunti. Näin saadaan erotukseksi 850 € säästöä 3D-suunnitelman hyväksi. Jos oletetaan vuodessa olevan 200 projektia, saavutetaan 170 000 € säästöä työkustannuksissa vuodessa.

Toinen laskema on virheiden kustannukset eri suunnitteluympäristöissä. Oletetaan 3D-dokumenttejen puolittavan virheiden lukumäärän. Jos virheitä tulee 5 % 200 projektista, silloin joka 10. projektissa on virhe. Oletetaan virheen hinnaksi 5000 €, jolloin saavutetaan 25 000 € säästöä 3D-dokumenteilla. Täten säästökseen tulee kokonaisuutena 195 000 € vuodessa. Projektilla on taloudellisesti suuri säästö tiedossa.

**Taulukko 1.** Esimerkki kustannuslaskelmasta.

ESIMERKKIKUSTANNUSLASKU					
	3D	2D			
ULKOPUOLINEN SUUNNITTELU	8				
SUUNNITTELUN TUNNIT	18	18			
KOKOONPANON TUNNIT	32	40			
PROJEKTIN HOIDON TUNNIT	10	15	3D/€	2D/€	
ASENNUSTÖIDEN TUNNIT	35	47	5150	6000	
<b>KOKONAISUUS</b>	<b>103</b>	<b>120</b>			
				<b>850 €</b>	
				<b>170000 €</b>	
VIRHEIDEN MÄÄRÄ	0,5	1			
			<b>SÄÄSTÖ</b>	<b>195000 €</b>	
VIRHEISTÄ AIHEUTTUVAT KUSTANNUKSET	25000	50000 €			



**Taulukko 2.** Esimerkkilaskennan tunnit.

### 8.3 Yhteenveto

Suunnittelujärjestelmän käyttöönotto oli hyödyllinen projekti. Opin itse 3D-ohjelman käyttöä ja osat tulivat tutuiksi. Osista löytyi huomattaviakin virheitä. Kaikkia asioita ei oltu muistettu huomioida tehtävänannossa suunnittelutoimistolle, joka teki osa-kirjastoja.

Viat huomattiin käyttöönottestauksessa ja saatiin korjattua. Jos vikoja ei olisi havaittu ajoissa, olisi projektiin varattua suunnittelu-aikaa mennyt hukkaan. Monta ongelmaa ratkesi tulevaisuudesta, kun vikat löydettiin osista jo alkuvaiheessa. Nyt osat ovat valmiita osakirjastoja koneella ja voidaan ryhtyä tekemään asiakkaille 3D-projekteja.

Suunnittelijoille tarvitaan vielä koulutusta käyttöönotosta ja ohjelman käytöstä. Suunnittelijat pitää saada muuttamaan vanhoja käytäntöjä tehdä 2D-piirustuksia ja oppia käyttämään 3D-ohjelmaa. Tässä on asenteella vaikutusta, koska toiset haluavat vielä käyttää vanhoja käytäntöjä.

Joudumme vielä tilaamaan lisäosia suunnittelutoimistolta, mutta projektien edetessä saamme kattavan kirjaston.

## LÄHTEET

### Elektroniset julkaisut

/1/ ABB Oy, Viitattu 13.2.2012

<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/657dfdcf6e344cc7c1256b20003149ae.aspx?v=ED92&leftdb=global/FIABB/FIABB251.NSF&e=fi&leftmi=34d5930bfd44ace0412567a2003a70c5>

/2/ ABB Oy, MDY-kiskosilta, Viitattu 14.2.2012

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/fa15ccb75f81261fc2256dd0002584c2/\\$file/mdy-esite\\_suomi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/fa15ccb75f81261fc2256dd0002584c2/$file/mdy-esite_suomi.pdf)

/3/ AutoCAD, Käytettävät ohjelmat, Viitattu 10.2.2012

<http://fi.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>

/4/ SolidWorks, Käytettävät ohjelmat, myös Viitattu 10.2.2012

<http://fi.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

**LIITTEET****LIITE 1** Kiskosiltaesite**LIITE 2** Projektin kiskosillan tasokuva**LIITE 3** Projektin kiskosillan leikkauskuva**LIITE 4** Projektin kokoonpanokuva**LIITE 5** Mallikokoonpano



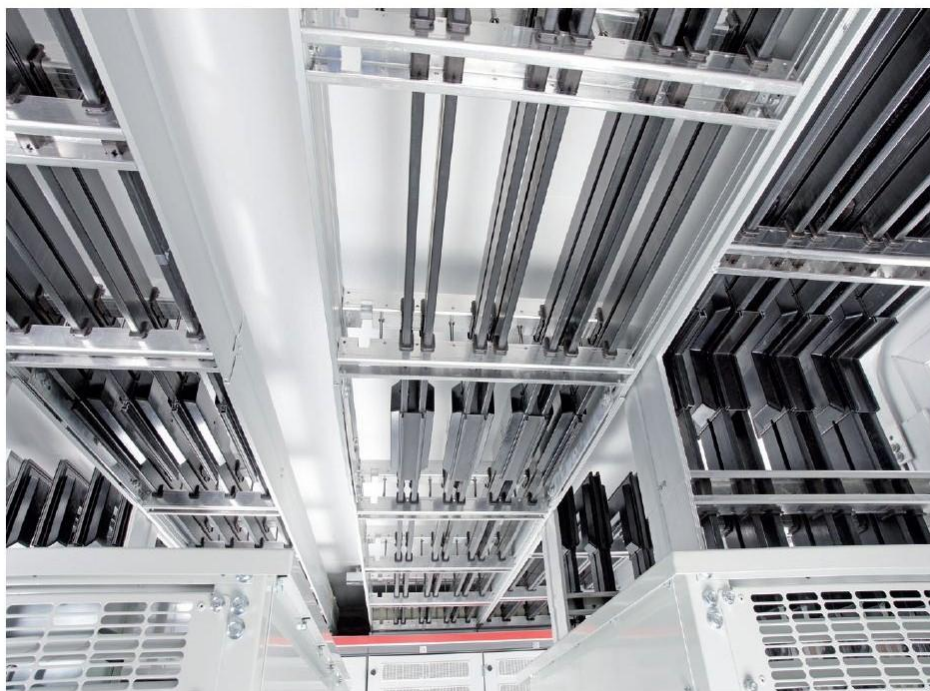
**MDY-kiskosiltajärjestelmä**  
Luotettava ja turvallinen ratkaisu  
tehonsiirtoon muuntajalta kojeistoon  
ja kojeisto-osien välillä

## MDY-kiskosillan monipuoliset käyttömahdollisuudet

MDY-kiskosiltajärjestelmä on ABB:n ratkaisu tehonsiirtoon muuntajalta pienjännitekojeistoon ja kojeisto-osien välillä.

Virtatiet jakelumuuntajalta pää- ja moottorikojeistoille on jakelun varmuuden kannalta turvallisinta toteuttaa MDY-kiskosilloilla. MDY-kiskosilta valmistetaan eristetyistä virtakiskoista, jotka voivat olla alumiinia tai kuparia. Rakenteensa ansiosta MDY-kiskosilta on tukeva ja sen oikosulkukestoisuus on erinomaisen hyvä muuntajan navoista kojeiston pääkojeen napoihin asti. Eristetty kiskorakenne sopii avorakenteisenakin vaativiin olosuhteisiin. Tarvittaessa MDY-kiskosilta voidaan täydellisen vaihe-eristyksen lisäksi suojata lisäkoteloinnilla sateelta ja mekaanisilta vaurioilta.

MDY-kiskosilta valmistetaan tehtaalla kuljetuksen ja asennuksen kannalta sopiviksi elementeiksi, joiden asentaminen ja liittäminen ahtaissakin tiloissa on helppoa ja nopeaa. Ne voidaan liittää myös nykyisiin keskuksiin ja eri valmistajien liittytäpisteisiin. MDY-kiskosiltajärjestelmä suunnitellaan tapauskohtaisesti optimaaliseksi ratkaisuksi liittospisteiden välille.



2 Luotettava ja turvallinen ratkaisu tehonsiirtoon | MDY-kiskosiltajärjestelmä

## MDY-kiskosiltajärjestelmä on luotettava ratkaisu sähkönsiirtoon vaativissakin olosuhteissa

MDY-kiskosillan itsekantava runkorakenne on toteutettu pitkittäisillä korroosiokestoisilla alumiiniprofiileilla. Alumiiniprofiileihin kiinnittyvät eristimet tukipalkkeineen muodostavat virtakiskojen kanssa tukevan mutta kevyen rakenteen. MDY-kiskosilta on oikosulkukestoisuudeltaan riittävä useimpiin käyttötarkoituksiin.

### MDY-kiskosillan edut

- Oikosulkukestoinen
- Valokaariturvallinen
- Kokonaistaloudellinen
- Helppo ja nopea asentaa
- Käyttövarma

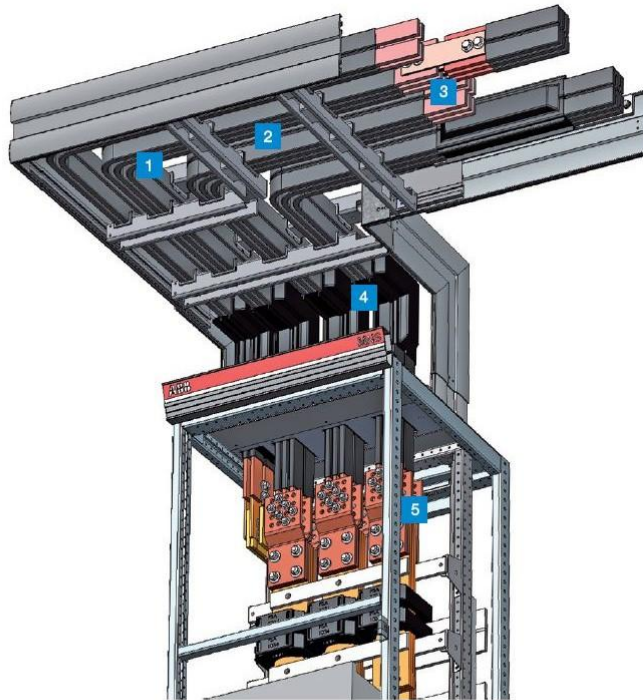
1 Vaakakulma tehdään kiskoja taivuttamalla.

2 Halogeenivapaa muovieristys.

3 Kiskoliitosten suojen kotelointiluokka on IP30 ja tiivistettynä IP54. Kotelointiluokka IP65 on myös tarvittaessa mahdollinen. Pituussäätövara asennettaessa on  $\pm 40$  mm. Kiskojatkokset koteloidaan, muuten avoin rakenne säilyy.

4 Pystykulmaliitoksen kotelointi kuten kiskoliitoksen. Säätövara asennettaessa on  $\pm 20$  mm.

5 MDY-kiskosilta voidaan liittää kojeistoon sekä ylhäältä että alhaalta. Liityntä ABB:n MNS-kojeistoon toteutetaan kotelointiluokan säilyttävää vakioläpivienttiä käyttäen. MDY-kiskosillan oikosulkukestoisuus ulottuu pääkojeen napoihin asti.



#### Kiskot / kiskorakenne

MDY-kiskosiltajärjestelmän kiskomateriaali on alumiinia tai kuparia. Kiskomateriaali voi olla myös tinattua kuparia. Kiskot on päällystetty halogeenivapaalla muovieristyksellä. Eristys tehdään suulakepuristamalla eristyskerros kiskojen ympärille. Eriste kiinnittyy kiskomateriaalin pintaan tiiviisti, mikä takaa kiskoston hyvän kuormitettavuuden. Eristysmateriaali sallii kiskojen taivutuksen.

#### Läpiviennit ja mekaaninen suoja (seinä-, katto- ja lattialäpiviennit)

Huoneitilojen välinen palo-osastointi toteutetaan paloluokitulla läpiviennillä, jonka paloluokka tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuusohjeiden mukaan on EI-M 60 tai EI-M 120.

#### MDY-kiskosillan joustava liitos

MDY-kiskosilta liitetään muuntajaan joustavin liittimin. Joustavat liitoskiskot poistavat lämpölaajenemisen ja värinän haitat. Pituusjousto asennetaan pitkiin (>20 m) siltoihin lämpölaajenemisen vuoksi. Koteloituu jousto on asennettu valmiiksi tehtaalla.

#### Muut varusteet

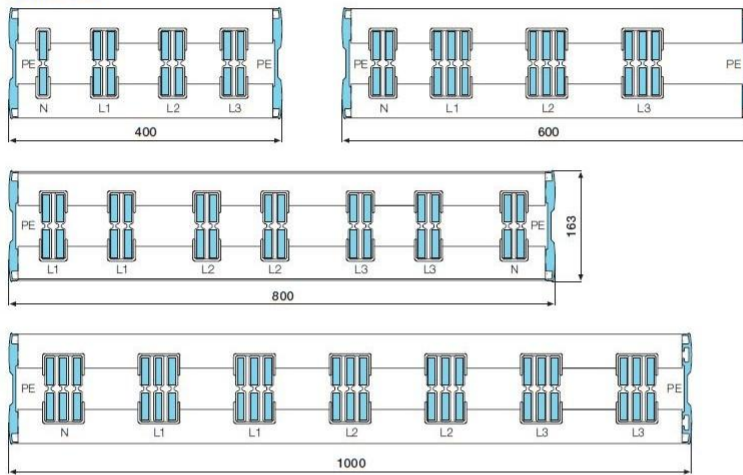
- Kiskokytkin
- Virtamuuntajat
- Suojat:
  - mekaaninen suoja
  - sadesuoja
  - hyönteissuoja



4 Luotettava ja turvallinen ratkaisu tehonsiirtoon | MDY-kiskosiltajärjestelmä



**Runkomallit**



**Tekniset arvot**

- Nimellisjännite  $U_n$  400 ... 690 V  
(testattu 1000 V AC / 1500 V DC, 3/N/PE)
- Nimellisvirta  $I_n$  1200 ... 5500 A
- Oikosulkukestoisuus:
  - terminen nimelliskestovirta  $I_{cw}$  maks. 100 kA, 1s
  - dynaaminen nimelliskestovirta  $I_{pk}$  maks. 235 kA
- Koteloitiluokka IP 30, IP 54, (IP 65)

**Virta-arvot**

Ympäristön lämpötila +35 °C, IP 30

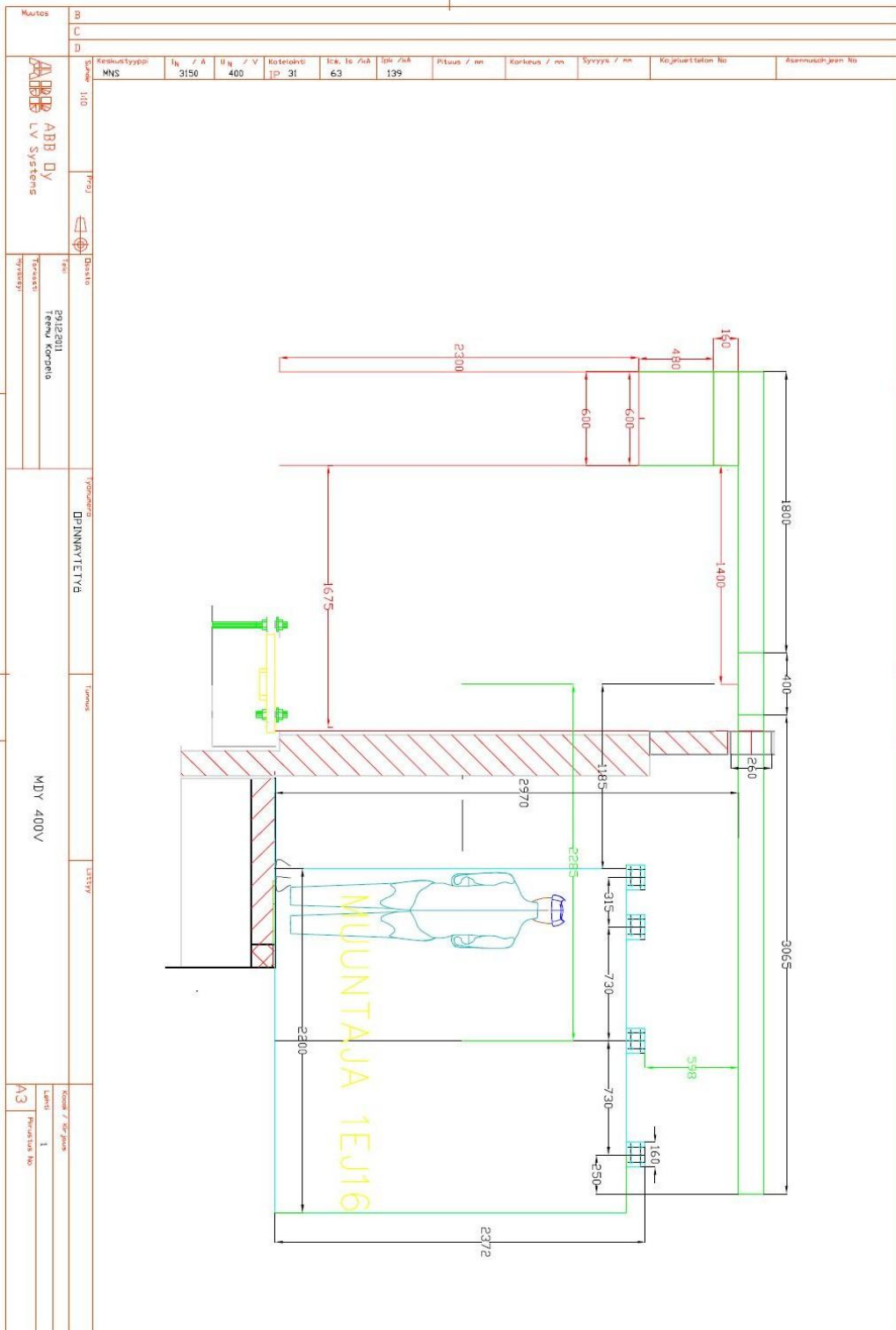
Virta		Leveys, mm	Paino, kg	
Al	Cu		Al	Cu
1300	1900	400	30	55
2500	3200	600	40	80
2800	3500	600	50	105
3500	4300	800	70	125
4000	4900	800	100	150
	6000	1000		180

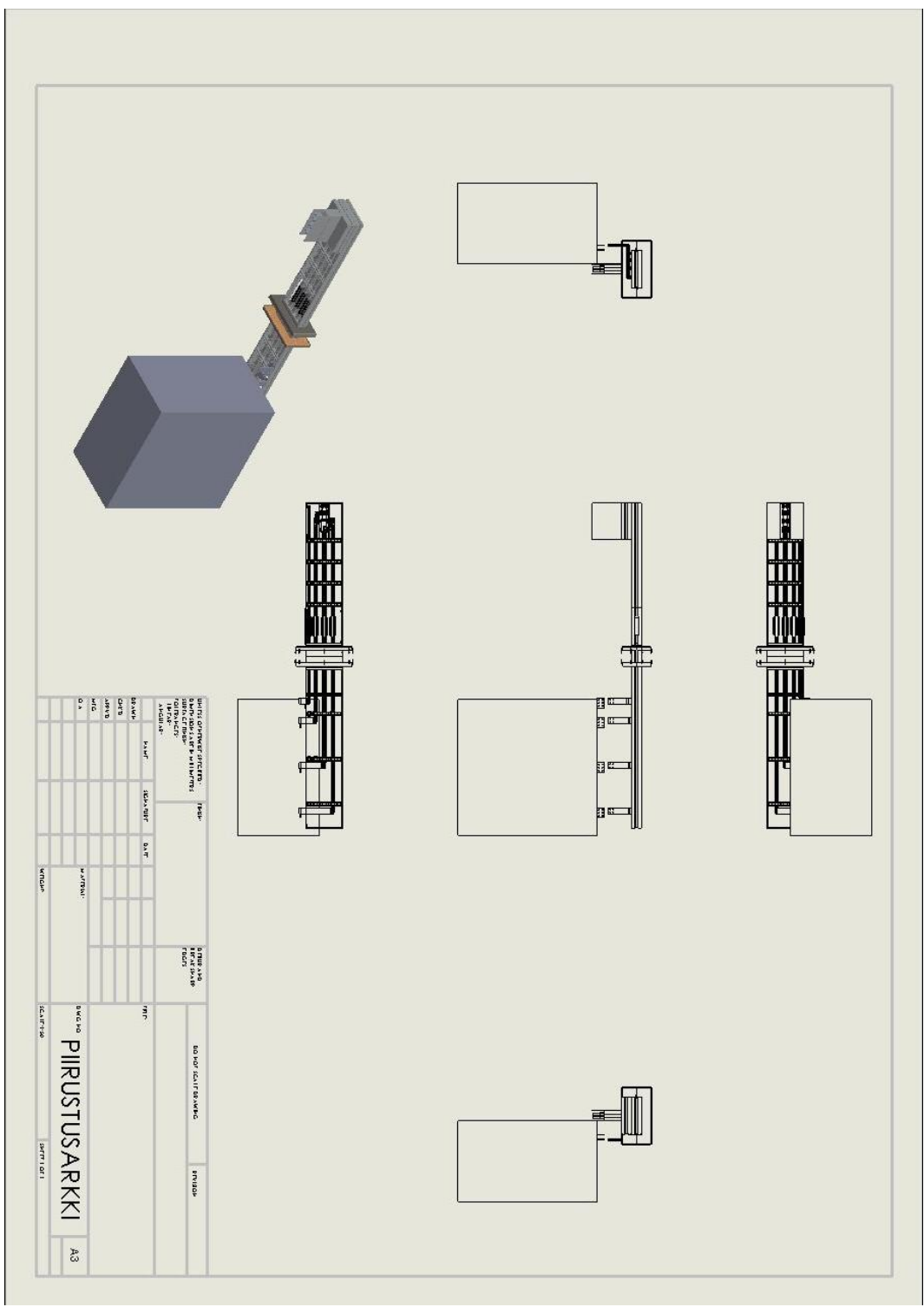
Kiskosilta on mahdollista toteuttaa 400 mm levyisenä Al-kiskolla 2150 A ja Cu-kiskolla 2700 A virtaan saakka. Vaihekiskojen lukumäärä määräytyy nimellisvirran ja käyttöympäristöolosuhteiden mukaan.

**Läpivientiaukot**

Seinä-, katto- ja lattialäpivientien mitat			Seinäläpivienti	Kattoläpivienti	Lattialäpivienti
Runkokokoo	Leveys, mm	Korkeus, mm	Aukon keskipisteen etäisyys, mm		
			kojeiston katosta	kojeistokentän etureunan keskipisteestä	kojeistokentän etureunan keskipisteestä
400	500	260	300	300	300
600	700	260	300	300	300
800	900	260	380	380	380
1000	1100	260	380	380	380







1480

1457,5

1 2 3 5 4 6

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	0414BA108-1/QTY.
1	0414BA108-1-02	Vookasitelementti	1
2	11H24277088022	Liityntökotelo, vooka- /pystykulma 90°-keskeillä	1
3	0414BA108-1-01	Pystysitelementti	1
4	11H2426098000	Liityntökotelo muuntaja	1
5	11H24911085001	Muuntajaliityntäkotelo	1
6	11H24276088022	Liityntökotelo vooka-pysty kulma	1

Puhjant: A-K-S 14.03.2012  
 Puhjant: PAATLVSJKLS  
 Tila: Muraalijohdot  
 Check'd: PK / Approved: KU  
 Version: 0414BA108-1 / File name: 0414BA108-1  
 Magn: 228,39 / Sheet: 1/12  
 Document No: 0414BA108-1 / Standard: ISO 2768-M  
 Copyright all rights reserved / ABB / ABB Oy Low Voltage Systems / Sheet 1