

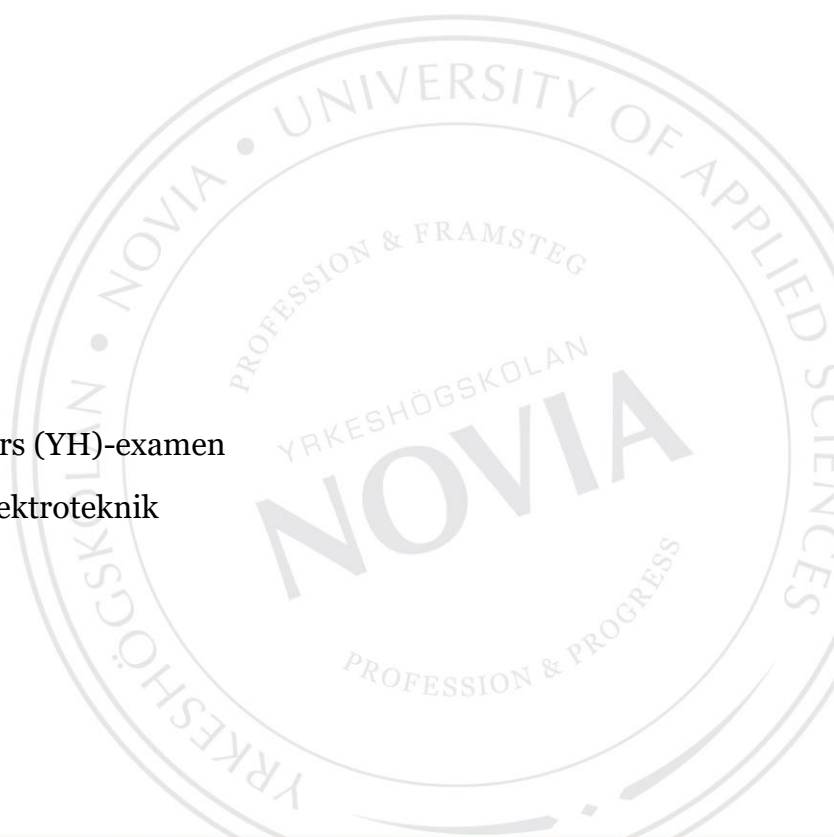
# Utveckling av rutiner för elskåpstillverkning

Tobias Lehtinen

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet elektroteknik

Vasa 2016



## EXAMENSARBETE

Författare: Tobias Lehtinen  
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa  
Inriktningalternativ: Automationsteknik  
Handledare: Matts Nickull

Titel: *Utveckling av rutiner för elskåpstillverkning*

---

Datum 25 maj 2016

Sidantal 51

Bilagor 2

---

### Abstrakt

Detta examensarbete behandlar utredningar som gjorts angående elskåpsmonteringen vid LKI Källdman Ltd. Företaget är specialiserat på plåthanteringsmaskiner och tillverkar maskiner för export till hela världen i samarbete med japanska företaget Amada Ltd.

Elplaneringsavdelningen på företaget har tagit i bruk ett nytt elplaneringsprogram vid namn Zuken E<sup>3</sup>. Programmet är nytt för de anställda, rätt avancerat och det finns många tilläggsmoduler att fås. En funktion som blev tillgänglig och aktuell är kopplingstabeller, som kan ses som elritningar i tabellform. Tabellerna har testats och nu vill man få feedback till elplaneringen från montörerna som har testat dem. Syftet blev med andra ord att framföra montörernas åsikter till planeringen och vice versa. Kopplingstabellerna medför även att företaget enklare kan beställa ledningsserier från underleverantörer.

En stor del av examensarbetet går ut på utredningar kring Zuken E<sup>3</sup>.series och i synnerhet tilläggsmodulen E<sup>3</sup>.panel som möjliggör för elplanerarna att göra elskåpslayouter och visualisera skåpet i 2D och 3D. Företaget ville ha en utredning om programmet så att de kan överväga att införskaffa plusversionen av modulen E<sup>3</sup>.panel som kräver skild licens.

Resultatet av examensarbetet blev en rapport tillägnad företaget med utredningar kring E<sup>3</sup>.panel, kopplingstabeller, standardiserade kablage från underleverantör och åsikter från montörerna. Rapporten behandlar olika för- och nackdelar, montörers åsikter, alternativa metoder, arbetens tidsåtgång mm.

---

Språk: svenska

Nyckelord: E<sup>3</sup>.series, E<sup>3</sup>.panel, kopplingstabeller, elskåpslayout

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Tobias Lehtinen  
Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa  
Specialization: Automation  
Supervisors: Matts Nickull

Title: *Routine Development for Electrical Cabinet Mounting*

---

Date May 24, 2016

Number of pages 51

Appendices 2

---

## Abstract

This thesis deals with investigations carried out regarding the electrical cabinet mounting at LKI Källdman Ltd. The company is specialized in sheet metal handling machines and manufactures machines all over the world in cooperation with the Japanese company Amada Ltd.

The electrical planning department at the company has introduced a new electrical planning software, named Zuken E<sup>3</sup>. The software is new to the employees, rather advanced and there are many additional modules to be obtained. A function that was provided and current is connection tables, which can be seen as electrical drawings in a tabular form. The tables have been tested and now the electrical planning division wishes to get feedback from the electricians who have tested them. The aim was, in other words, to express the assemblers' opinions to the planning and vice versa. Connection tables also facilitate the ordering of cabling series from the subcontractors.

A large part of the thesis is based on investigations of Zuken E<sup>3</sup>.series and, in particular, the add-on module E<sup>3</sup>.panel that enables the electricity planners to make electrical cabinet layouts and visualize the cabinet in 2D and 3D. The company wanted an inquiry into the program so that they can consider purchasing the plus version of the module E<sup>3</sup>.panel that requires separate licensing.

The result of the thesis was a report dedicated to the company with inquiries about E<sup>3</sup>.panel, connection tables, standardized cabling from the subcontractors and opinions from the assemblers. The report deals with different advantages and disadvantages, assemblers' opinions, alternative methods, work duration etc.

---

Language: Swedish    Key words: E<sup>3</sup>.series, E<sup>3</sup>.panel, wiring list, electrical cabinet layout

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Tobias Lehtinen  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka  
Ohjaaja: Matts Nickull

Nimike: *Sähkökaappiasennuksen rutiinin kehittäminen*

---

Päivämäärä 24 tammikuu 2016

Sivumäärä 51

Liitteet 2

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee tutkimuksia jotka on tehty koskien LKI Käldmannin sähkökaapinasennuksia. Yrityksen erikoisala on peltikäsittelykoneiden valmistus ja yritys valmistaa koneita vientiin maailmalle yhteistyössä japanilaisen yrityksen Amadan kanssa.

Yrityksen sähkösuunnitteluosasto on ottanut käyttöön uuden sähkösuunnitteluohjelman Zuken E<sup>3</sup>. Ohjelma on uusi työntekijöille, pitkälle edistynyt ja monta lisämoduulia on saatavissa. Eräs toiminta joka on saatavissa sekä ajankohtainen, on kytkentätaulukot, jotka periaatteessa ovat sähköpiirustuksia taulukkoformaattissa. Taulukot ovat testattu ja nyt sähkösuunnitteluosasto haluaa palautetta asentajilta, jotka ovat testanneet niitä. Toisin sanoen tavoitteena oli esittää asentajien mielipiteitä. Kytkentätaulukoiden käyttö tietää myös sitä että yritys helpommin voi tilata johdinsarjoja alihankkijoilta.

Suuri osa työstä käsittelee selvityksiä Zuken E<sup>3</sup>.seriesin, ja varsinkin lisämoduuli E<sup>3</sup>.panelin ympärillä. E<sup>3</sup>.panel mahdollistaa sähkökaappilayoutien tekemisen ja niiden visualisoinnin 2D:ssä ja 3D:ssä. Yritys halusi selvityksen ohjelmasta, jotta he voivat harkita E<sup>3</sup>.panelin plus-version ostamista, joka vaatii erillisen lisenssin.

Opinnäytetyön tulos on yritykselle suunnattu raportti selvityksistä jotka koskevat E<sup>3</sup>.panelia, kytkentätaulukkoja, standardoituja kaapelointeja alihankkijoilta sekä asentajien mielipiteitä. Raportti käsittelee mm. erilaisia etuja ja haittoja, asentajien mielipiteitä, vaihtoehtoisia menetelmiä ja työn kestoa.

---

Kieli: ruotsi Avainsanat: E<sup>3</sup>.series, E<sup>3</sup>.panel, kytkentätaulukko, sähkökaapin suunnittelu

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte och mål .....	1
1.2	Avgränsningar.....	2
2	LKI Källdman Ltd .....	3
2.1	Historia.....	3
2.2	Solution Development .....	5
2.2.1	ASF-EU .....	6
2.3	Amada.....	7
3	Elskåpets uppbyggnad.....	8
3.1	Komponenter .....	9
3.1.1	PLC.....	10
3.1.2	Frekvensomriktare .....	11
3.1.3	Säkerhetsrelä.....	12
3.1.4	Kommunikationssystem .....	13
3.1.5	Ledningar.....	13
3.2	Ledningarnas färgsystem .....	14
3.3	Elritning .....	14
3.4	Kopplingstabell.....	16
3.5	Standarder .....	16
3.6	EMC.....	17
4	E <sup>3</sup> .series.....	18
4.1	Zuken .....	19
4.2	Moduler.....	20
4.3	E <sup>3</sup> .Education .....	21
5	E <sup>3</sup> .panel .....	23
5.1	Funktion .....	23
5.2	Autorouting .....	24
5.3	Inställningar som krävs före autorouting .....	25
5.3.1	Slots/pins .....	25
5.3.2	Blockerade kabelkanaler/Segregation .....	25
5.3.3	Virtuella kabelkanaler.....	26
5.4	Tidsåtgång Autorouting .....	28
5.5	3D modell av elskåp .....	29
6	Användning av kopplingstabeller.....	30

6.1	Exportering till XLS-format .....	31
6.2	Justeringar i Excel.....	32
6.3	Fördelar .....	33
6.4	Nackdelar .....	33
6.5	Montörernas åsikter kring kopplingstabeller .....	33
6.6	Tidsåtgång för kopplingstabeller .....	34
7	Standardiserade ledningslängder vid monteringen .....	35
7.1	Fördelar .....	37
7.2	Nackdelar .....	37
7.3	Tidsbesparing med standardiserade kablage.....	37
8	Användning av mall för elskåpens ledningsdragningar .....	39
8.1	Kopplingsmallen i PowerPoint-format .....	40
8.2	Tillverkning av elskåp med elskåpsmallen .....	41
9	Övriga åsikter från monteringen .....	42
9.1	Digitala ritningar på surfplatta .....	42
9.2	Långa trådmärkningar .....	43
9.3	Nya märkskyltar till elskåpen .....	44
10	Resultat.....	45
10.1	Kopplingsmallen .....	45
10.2	Zuken E <sup>3</sup> .....	46
10.3	Standardiserade ledningslängder .....	46
11	Diskussion .....	48
12	Källförteckning.....	50

## **Figurförteckning**

Figur 1. LKI:s huvudsakliga produktionshallar i Bennäs.....	3
Figur 2. LKI:s lagersystem CSII med fem sektioner.....	5
Figur 3. LKI:s ASF-EU till höger och Amadas 3015 lasermaskin till vänster.....	6
Figur 4. Amadas logo. ....	7
Figur 5. Layout över ASF-EU Main-elskåp. ....	10
Figur 6. PLC från B&R. ....	11
Figur 7. SEW Movitrac B 3-fas frekvensomvandlare. ....	11
Figur 8. SICK Säkerhetsrelä. ....	12
Figur 9. Ritningsexempel huvudschema. ....	15
Figur 10. Ritningsexempel PLC in- och utgångar. ....	15
Figur 11. Dialogruta vid start av E <sup>3</sup> .Education.....	22
Figur 12. Dialogruta vid sparandet av projektfil i E <sup>3</sup> .Education. ....	22
Figur 13. Autoroutade ledningar i 2D och 3D.....	24
Figur 14. Exempel slots/pins .....	25
Figur 15. Inlet/outlet kabelrännor på Lifter-elskåp. ....	27
Figur 16. LST-elskåpet i 2D. Det minsta av AFS-EU:s tre elskåp.....	28
Figur 17. ASF-EU Lifter-elskåp i 3D.....	29
Figur 18. Exempel på Rikta Ab:s kabelmärkning och ändhylsor.....	35
Figur 19. Exempel på ledning med märkning. ....	35
Figur 20. Jokari ändhylstång. ....	38
Figur 21. Elskåpsmallen med referenslayout .....	39
Figur 22. Exempel på uppbyggnad av PowerPoint-sidor.....	41
Figur 23. Exempel på långa trädmärkning. ....	43
Figur 24. Elskåpens nya märkskylt. ....	44

## **Tabellförteckning**

Tabell 1. En oformaterad kopplingstabell (wiring list). ....	32
Tabell 2. En formaterad kopplingstabell (wiring list). ....	32
Tabell 3. Antal röda, blåa och orangea ledningar (24VDC) för ASF-EU Main & Lifter. ..	36

## **Bilageförteckning**

Bilaga 1. Programmet Zuken E <sup>3</sup> .series	
Bilaga 2. Exempel på del av kopplingstabell i Excel	

# 1 Inledning

Efter att ha varit anställd en del somrar vid LKI Källdmans produktionsavdelning valde jag att höra mig för ifall det fanns möjlighet att göra examensarbete hos företaget. Det visade sig att det fanns en hel del saker som borde utredas, speciellt kring monteringen och dess samverkan med planeringen. I och med den goda erfarenheten från elmonteringen har jag lärt känna de anställda väl och har en del vetskap om hur produktionen fungerar i praktiken. Detta resulterade i att jag blev tillfrågad att reda ut och utveckla rutiner för elskåpsmonteringen.

Företaget har infört en ny mjukvara, vid namn Zuken E<sup>3</sup>, som används vid elplaneringen. Denna programvara används än så länge endast av ”Solution Development”- avdelningen vid LKI Källdman. Begränsade resurser vid avdelningen samt mycket jobb har resulterat i att vissa saker kring elplaneringsprogrammet inte blivit utredda.

Vissa delmoment vid elskåpstillverkningen har ansetts vara mycket tidskrävande. Montörerna kopplar vanligtvis flera olika typer av eltavlor. I och med detta har alla egna sätt att dra ledningar och koppla in komponenter, beroende på vad de själva anser passa bäst samt vad de blivit vana med. Detta kan i senare skede medföra problem vid slutmontering vid eventuell felsökning. En mall för koppling av ledningar i elskåp skulle därför vara på sin plats.

Företaget har mer och mer börjat gå in för användning av mer digitalt material istället för papper. Detta inkluderar även elritningar. Detta har resulterat i att en utredning kring användning av digitala ritningar på surfplatta för montörer bör utredas.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen kring Zuken E<sup>3</sup> blev bl.a. att ta reda på och redogöra för vilka andra moduler och tillägg som behövs till programmet, än de som tidigare använts. ”E<sup>3</sup>.panel” är det tillägg som elplanerarna var mest osäkra på och fokus skulle läggas på detta.

En annan sak som blev möjligt med E3 är de s.k. kopplingstabellerna. Montörer har testat användningen av dessa på en del skåp. Montörernas första intryck av kopplingstabellerna



hade inte varit så bra. Därför ville handledarna att det skulle göras utredningar kring tabellerna. En del av arbetet blev att utveckla dessa och syftet och målet är således att hitta ett system som både montörer och planerare trivs med.

Ett syfte blev också att utreda olika alternativ för att om möjligt kunna ha färdiga elledningar eller kablage vid monteringen. Målet blev således att få ett antal olika alternativ till standarder som skulle fungera både för produktionen och planeringen.

Syfte med utredning kring elskåpsmallen är att hitta ett sätt att göra tiden för elskåpsmonteringen kortare samt att hitta ett sätt som montörerna trivs med. Vissa saker har fungerat bra medan vissa har fungerat mindre bra. Ett syfte blev att planera och tillverka denna mall.

Vid användning av surfplatta skulle montören kunna ha alla ritningar på samma ställe. Syftet och målet är att utreda ifall denna möjlighet skulle kunna göras på ett enkelt sätt och få ett enkelt system att följa. Montören skulle då alltid ha de senast uppdaterade ritningarna och om möjligt även kunna skriva in kommentarer på dessa, som senare elplanerarna får ta del av.

En annan sak som är gemensamt för alla dessa, är att eventuella felsökningar borde minska avsevärt. Idén med kopplingstabeller är att man alltid kopplar ledningarna till de ställen som angivits på ritningen. Utredningarna som detta examensarbete innefattar går på ett eller annat sätt hand i hand. Exempelvis utgår elskåpsmallen från kopplingstabellerna, som i sin tur fås ur programmet E3.

## 1.2 Avgränsningar

I E<sup>3</sup>.series behandlas endast panel-modulen och i första hand funktionerna som hör till plusversionen. Examensarbetet behandlar rätt många delmoment så handledarna vid LKI Källdman beslöt att det inte skulle läggas fokus på någon annan av E<sup>3</sup>.series moduler.

Vid användningen av surfplatta vid monteringen skulle fokus läggas på montörernas åsikter om dessa och eventuella förbättringsförslag. Om extra tid fanns skulle fokus även läggas på andra saker som har med elskåpsstillverkningen att göra, saker som ofta uppkommer via diskussioner mellan montörerna.

## 2 LKI Källdman Ltd

LKI Källdman är ett företag som idag är specialiserat på automationsutrustning för plåtbearbetningsmaskiner. Sedan år 2009 ägs 20 % av japanska Amada, som sedan 1995 har haft LKI som sin underleverantör för deras plåtbearbetningssystem. LKI står för Leif Källdman Industries, efter grundaren av företaget. Företaget är uppdelat i flera avdelningar, varvid detta examensarbete har gjorts åt avdelningen Solution Development som planerar nya maskiner i sortimentet.



*Figur 1. LKI:s huvudsakliga produktionshallar i Bemmäs.*

### 2.1 Historia

Grundaren av företaget, Leif Källdman, studerade på yrkesskolan i Jakobstad, blev klar med studierna år 1974 och började arbeta som elektriker på Wärtsilä. Redan år 1979 grundade Leif Källdman sitt företag L.Källdman och slutade därmed sitt tidigare lönejobb år 1981. Han var då ensamföretagare och svarvade som underleverantör åt ELHO hemma i sitt lilla garage i Lövö, Pedersöre.

Han ville redan från början tillverka något eget och 1983 utvecklade han ett programmerbart anlägg för plåtbockningsmaskiner. Källdmans affärsidé blev lite senare att tillverka

automatutrustning för plåtbearbetningsmaskiner, med andra ord automatisk plåthantering till och från laser- och stansmaskiner.

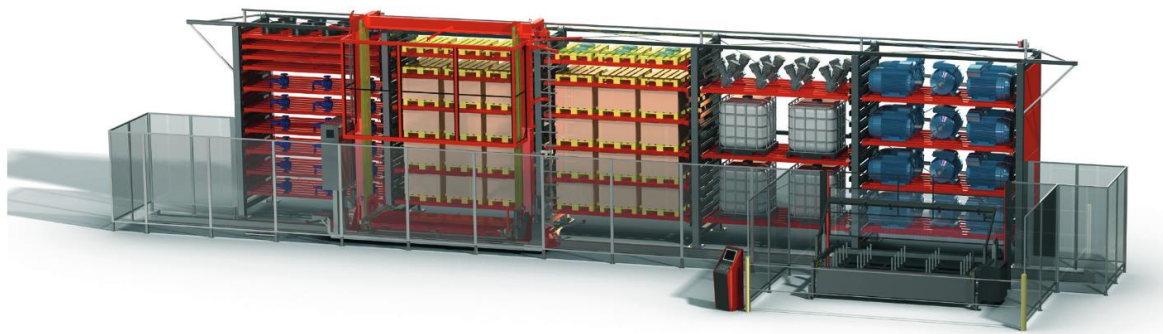
År 1990 framställde Källdman ett automatiskt hanteringssystem för plåtklippning åt ABB:s distribution i Finland och året efter hade han även laddning och urladdning till plåtstansar. Han hade då fem stycken anställda.

Verksamheten tog ett nytt kliv framåt under 1994-95 när företaget började samarbeta med det japanska företaget Amada, som tillverkar stans- och lasermaskiner. Den första maskinen som tillverkades åt Amada fick namnet 200 Manipulator (200 MP). Dess uppgift blev att hantera plåt till och från Amadas stansmaskin. Ännu i dagens läge inkommer beställningar på MP:n.

Verksamheten gick bra och även en maskin kallad Part Remover (PR) kom år 1997, vars uppgift var att flytta plåt ut ur stansmaskinen. Under åren 1995 – 2000 hade antalet anställda växt från 5 st till 50 st.

Hittills hade företaget haft all sin verksamhet i Lövö, men hallen blev för liten och man byggde år 2001 en till hall (C-hallen), ca 2 km in mot Bennäs, för att kunna börja svetsa ramar och komponenter till maskinerna. Året efter tillverkades de första ASLUL loading/unloading- tornen.

Ett så kallat automatiskt hyllsystem för plåtar, vid namn Compact Storage (CS) tillkom år 2004. Behovet av ännu mer utrymme medförde att man byggde en till hall (B-hallen), bredvid C-hallen, som skulle användas som monteringshall. År 2007 byggde man en logistikhall mellan B och C -hallarna. Produktionen förbättrades i och med detta då man enkelt kunde transportera produkter mellan dom två hallarna. Då hade även personalens antal stigit till 100 st.



*Figur 2. LKI:s lagersystem CSII med fem sektioner.*

Nya maskiner och lösningar produceras och företaget får många utmärkelser, bl.a. för starkaste SME (Small and Mid-sized Enterprises) i Finland 2008. År 2009 köps 20 % av företaget upp av japanska Amada och år 2012 köpte LKI upp mjukvaruföretaget Camline OY i Villmanstrand med 13 anställda.

(LKI Källdman Ltd, 2013)

Källdman slutade som VD år 2011 och Tom Nordström tog över rollen som VD i fyra år. Källdman tog tillbaka jobbet som VD (Chief Executive Officer) 2015 när Nordström flyttade till Herrmans Ab. Greg Seymour är COO (Chief Operating Officer) och Örjan Räikkönen CFO (Chief Financial Officer). I dagens läge har företaget strax under 150 anställda och exporterar sina produkter runt om i världen, bl.a. Europa och Amerika.

## 2.2 Solution Development

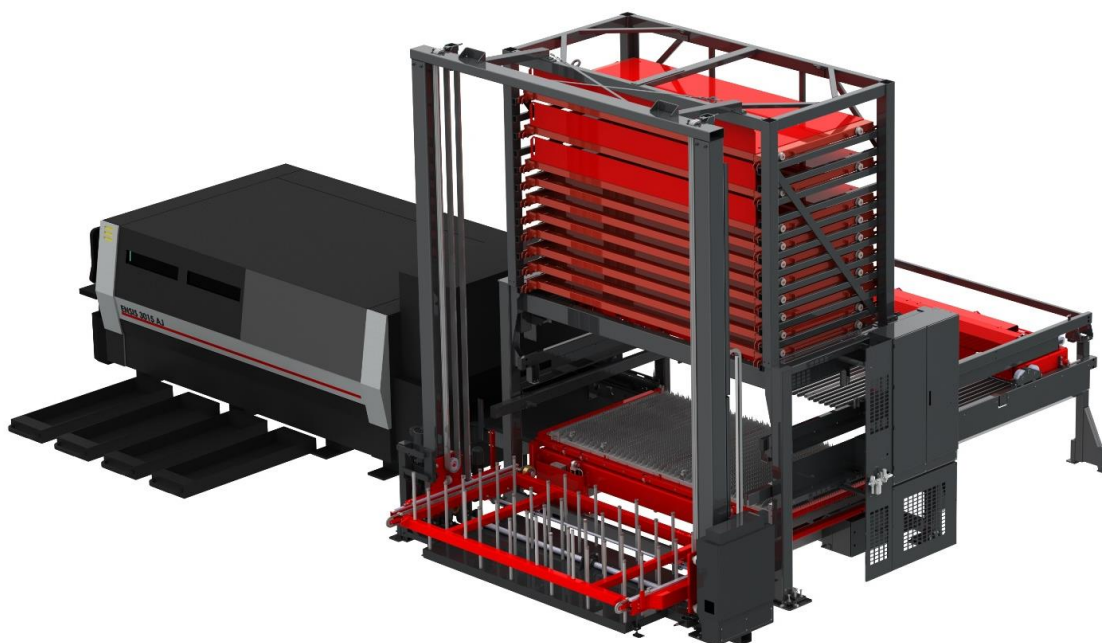
Företaget består av många avdelningar men avdelningen som utvecklar nya produktlösningar kallas Solution Development och består av åtta personer. Två av dem är elplanerare, två mekaniska planerare, två programmerare och två för dokumentation och LEAN (ERP). Handledare för examensarbetet blev Patrik Sjölin som har titeln Chief design engineer för elplaneringen. Tomas Lillqvist som är elingenjör blev också handledare i och med att han är mer involverad i Zuken E<sup>3</sup>.

### 2.2.1 ASF-EU

Den senaste tiden har en ny maskin vid namn ASF-EU tagits fram vid företaget. Namnet är en förkortning av *Advanced Storage for Flying Optics for European market*. Utredningarna i examensarbetet grundar sig på de tre elskåpen som styr denna maskin. Elskåpen syns längst till höger på maskinen i Figur 3.

Maskinen hanterar plåtar som är upp till 25 mm tjocka, 3 m långa och 1,5 m breda. Förutom att mata in och ut plåtar till Amadas stansmaskin, har den även några paletter lagringsutrymme för ostansade och färdigstansade plåtar.

(LKI Sales, 2015)



Figur 3. LKI:s ASF-EU till höger och Amadas 3015 lasermaskin till vänster.

En av orsakerna till att LKI utvecklat denna maskin är att företag automatiserar sin produktion mer och mer och vill få verksamheterna att fungera med så få anställda som möjligt.

Maskinen kopplas ihop med Amadas maskiner av typen FO som skär plåtar i snabb takt och med hög precision med hjälp av effektiv fiber-laser skärteknik.

(Björklund, 2015)

## 2.3 Amada

Amada grundades 1946 av Mr Isamu Amada i Japan. Verksamheten producerade till att börja med bandsågsblad, men drev så småningom verksamheten vidare till att tillverka böckningsmaskiner följt av stansmaskiner och laserskärningssystem.

Verksamheten består av 80 företag globalt sett och verksamheten bedrivs i 70 länder. Amada har idag 6400 anställda och innehar 3100 patent för design och teknik och är ett av de världsledande företagen inom plåtbearbetningsmaskiner.

(Amada Ltd, 2012)



*Figur 4. Amadas logo.*

### 3 Elskåpets uppbyggnad

Det finns många olika typer av maskiner som tillverkas vid LKI Källdman. I och med det finns även många typer av elskåp, och maskinerna har mellan ett och tre elskåp på var. Allt från små skåp med höjd på under en halv meter, till stora skåp med höjd på runt två meter. Ofta har maskinerna flera elskåp, bl.a. på grund av att utrymmen för skåpen är begränsade och att man vill hålla maskinens funktioner och moduler skilt från varandra. Ett antal montörer jobbar dagligen med att koppla dessa elskåp. Kabelrännor, DIN-skenor, komponenter, etc. monteras på en plåt (tavla) som efter färdig ledningsdragning monteras i själva elskåpet. Därav används benämningen eltavla.

Monteringen av elskåpen består i stort sätt av fyra arbetsmoment. I de tre första arbetsmomenten är skåpet placerat liggande för att underlätta monteringen:

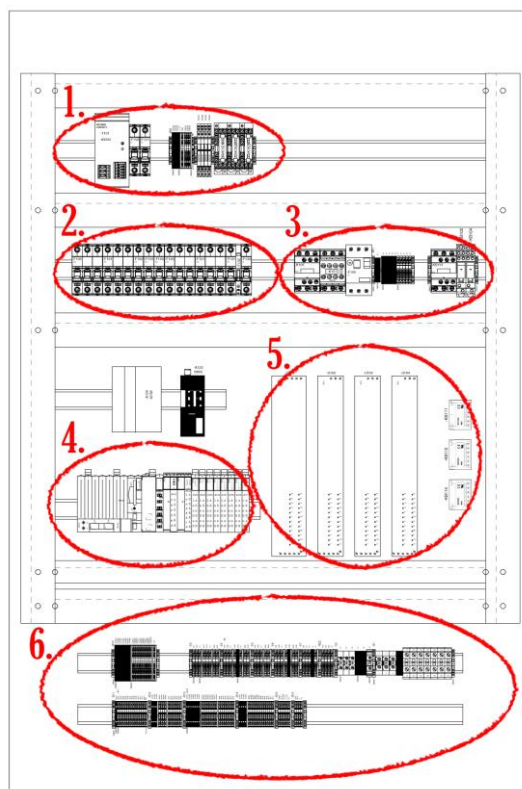
1. **Bestyckning:** Montören plockar fram alla komponenter denne behöver för att koppla elskåpet. Man börjar med att hämta plåten som komponenterna monteras på varefter kabelrännor, DIN-skenor och frekvensomriktare skruvas fast. Sedan monteras de mindre komponenterna och alla komponenter märks. Märkningarna skrivs ut med hjälp av speciella skrivare som finns i produktionen. Det varierar mycket hur länge det tar att bestycka ett elskåp men de stora kräver ca en arbetsdag för detta arbetsmoment.
2. **El-delmontering:** Detta är det mest tidskrävande arbetsmomentet vid elskåpstillverkningen. Det är här som alla ledningar i skåpet kopplas in. Tidigare har montörerna använt sig endast av vanliga kopplingsscheman och ritningar. Efter införandet av ritningar skapade i E3 har man nyligen även börjat koppla med kopplingstabeller. Det kan ta upp till en hel arbetsvecka att koppla de största elskåpen och antalet ledningar är ofta flera hundra stycken. Det är detta arbetsmoment man har räknat med att eventuellt kunna spara mest tid på.
3. **Begravning:** I det här arbetsmomentet lyftas den färdigt kopplade eltavlan in i själva skåpet och skruvas fast. Tavlorna lyfts ofta in med små tillfälliga krokar och travers. Ofta finns komponenter monterade på själva elskåpet också, som inte har kunnat kopplas tidigare. Dessa innefattar huvudbrytare, bromsmotstånd och eventuella fläktar. Märkskylt och klistermärken monteras också på skåpet.
4. **Slutmontering:** Efter begravningen flyttas elskåpet ofta med truck till slutmonteringen. När det är dags monteras elskåpet på maskinen. Skåpet bultas fast

i maskinramen. Skilda montörer vid slutmonteringen som kopplar in skåpet. Det är mycket sällan samma montör som kopplat vid delmonteringen som också kopplar vid slutmonteringen. Alla inkommande kablar och kablage från maskinen dras in till skåpet i detta skede. Efter att maskinen är redo för testning kopplas spänning på till elskåpet och allt som kräver spänning ställs in, t.ex. programmet för PLC:n.

### **3.1 Komponenter**

Placeringen av komponenter sker oftast gruppvis med tanke på funktion, användarvänlighet och EMC -krav. Figur 5 visar en layout över Main-elskåpet till ASF-EU. I detta elskåp dras alla 400 VAC i kabelrännan till höger och 24 VDC till vänster. Utöver komponenterna inne i skåpet finns även en del komponenter som monteras vid begravingen. Dessa är bl.a. huvudbrytare och bromsmotstånd. Bromsmotståndens funktion är att ”bränna bort” den elektriska effekten som motorerna genererar när maskinen/motorerna bromsas. Dessa kan bli väldigt varma så komponenten placeras ovanför eller intill elskåpet.





Figur 5. Layout över ASF-EU Main-elskåp.

1. 230 VAC/24 VDC – Transformator och reläer med diverse styrningar.
2. Automatsäkringar
3. Kontakter och motorskydd
4. PLC
5. Fyra frekvensomvandlare som styr fyra motorer
6. Radklämmor

Korta beskrivningar över väsentliga komponenter som förekommer i maskinernas elskåp:

### 3.1.1 PLC

PLC (Programmable Logic Controller) kan ses som maskinernas hjärna. Sensorer, givare, kontakter och tryckknappar kopplas in till PLC:ns ingångskort och ventiler, reläers spolar, etc. kopplas till PLC:ns utgångskort. PLC:n bör sedan programmeras med en dator för att veta hur den ska behandla signalerna.

Det används lite olika typer och tillverkare av PLC vid LKI Källdman. En av de vanligaste vid företaget är Mitsubishi's PLC ur familjen Melseq-Q series. Maskinen ASF-EU har planerats med lite nytänkande utrustningar. Därför har man valt att börja använda PLC från tillverkaren B&R.



*Figur 6. PLC från B&R.*

### 3.1.2 Frekvensomriktare

Frekvensomriktare är en komponent som ändrar om frekvensen på en växelspanning. Motorerna som används på maskinerna är växelströmsmotorer och dess hastigheter regleras således genom att ändra på spänningens frekvens.

Frekvensomvandlarna som används vid LKI köps av flera olika tillverkare, bl.a. SEW Eurodrive, Siemens och B&R. Flera faktorer påverkar vilka frekvensomriktare som väljs, bl.a. funktionalitet, pris och användarvänlighet. Vissa maskiner har även servomotorer vilket gör att de bör ha särskilda servostyrningar. Servomotorerna har högre precision än trefas-växelströmsmotorerna.



*Figur 7. SEW Movitrac B 3-fas frekvensomvandlare.*

### 3.1.3 Säkerhetsrelä

Ett säkerhetsrelä är tänkt att användas i situationer där man på ett tillförlitligt sätt vill övervaka signaler från säkerhetsanordningar och snabbt kunna slå ifrån i en nödsituation. Det som gör säkerhetsreläer speciella är att de har dubblerade och övervakade utgångskontakter, så om fel uppstår i reläet stänger reläet utgångskontakterna, tar bort strömmen och förhindrar att maskinen kan starta igen. Reläet väntar tills felet är åtgärdat. Säkerhetsreläer används för att uppfylla kraven enligt gällande maskindirektivet ”säkra stoppkretsar för maskiner”. (OEM Automatic, 2016)



*Figur 8. SICK Säkerhetsrelä.*

Exempel på var man kan använda sig av säkerhetsrelä:

- Övervakning av nödstopp och skydd.
- Övervakning av kontaktorer.
- Övervakning av kortslutning i stoppkretsar.
- Tidsåterställning.
- Kontrollerade tidsfördröjningar av stopp.
- Förbikoppling av skydd.

LKI köper in säkerhetsreläer från SICK, som är en av de världsledande tillverkarna av säkerhetsutrustningar till industrin. Vid användning av PLC från B&R har man även kunnat börja använda säkerhetsmoduler integrerade i PLC:n. Säkerhetsreläer är viktiga på LKI:s maskiner i och med att det finns mycket rörliga delar som kräver skyddsanordningar med hög säkerhet.

### 3.1.4 Kommunikationssystem

Maskinerna är ofta uppbyggda genom flera moduler. Modulerna kan även ha skilda elskåp vilket kräver att kommunikationen kan ske problemfritt mellan enheterna. Även Amadas lasermaskiner och LKI:s maskin bör kunna kommunicera. Det är vanligast att man kör kommunikationen via s.k. bus-system och där används Profibus mest. Profibus är en standard inom fältbussar som utvecklats så att flera tillverkares produkter ska kunna kommunicera. Profibus DP används vid LKI. Maskiner som exporteras till Amerika förses med DeviceNet istället för Profibus. Vid vissa tillämpningar används Ethernet som kommunikationsmetod, t.ex. mellan manöverpaneler och elskåp.

### 3.1.5 Ledningar

Ledningarna i elskåpen kallas för det mesta mer allmänt som "kopplingstrådar". I examensarbetet förekommer benämningen tråd på en del platser, istället för ledning. Beroende av typ av maskin används kopplingstrådar mellan 0,5 mm<sup>2</sup> och 16 mm<sup>2</sup>. Ledarna som används är av typen fintrådiga kablar vilket gör dem enkla att böja och bunta ihop i elskåpen. I och med att ledarna är fintrådiga bör de även ha ändhylsor i ändan. Hylsorna pressas fast med hjälp av särskilda ändhylstänger.

## 3.2 Ledningarnas färgsystem

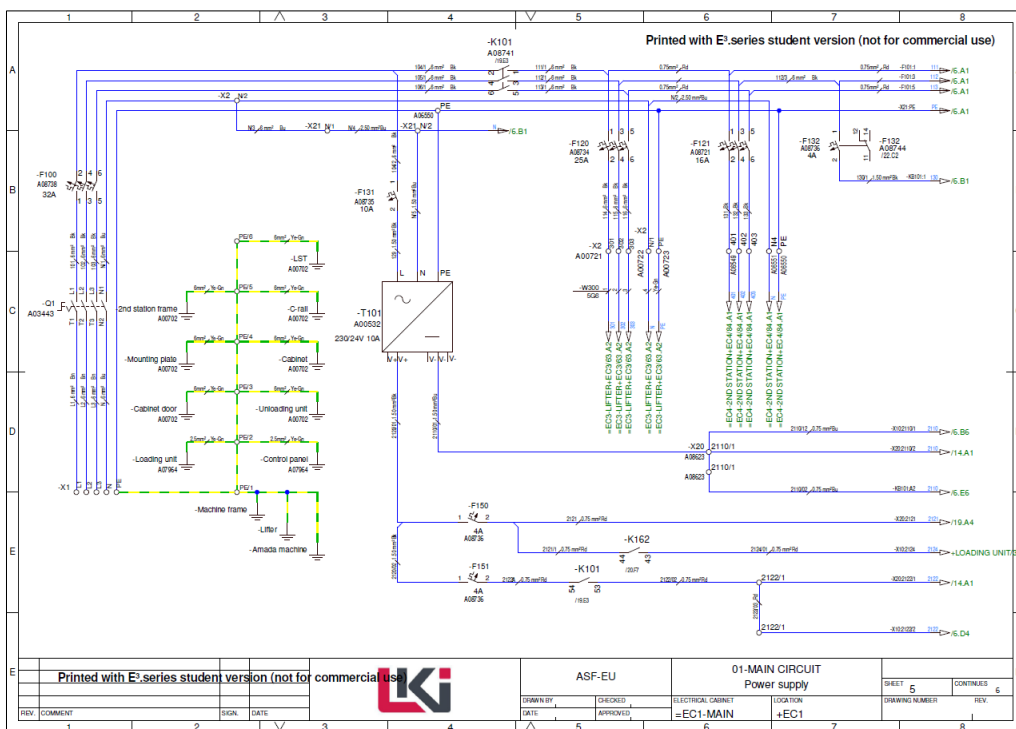
Elskåpen har speciella färgsystem som man utgår från. Som exempel kan tas ASF-EU elskåpet. Jordningarna är alltid gul/gröna. Fasledarna för 400 VAC, som bryts genom maskinens huvudbrytare är svarta och dess neutralledare är ljusblå. Det finns även vissa ledningar där spänningen inte bryts med maskinens huvudbrytare. Dessa är bruna för starkström och orange för 24 VDC. Dessa spänningar kommer från Amadas maskiner och manövreras således via deras brytare. 24 VDC som manövreras via det egna elskåpets huvudbrytare är röd för plusmatningen och blå för minus. Ledningarna till PLC:ns in- och utgångskort är också blåa.

## 3.3 Elritning

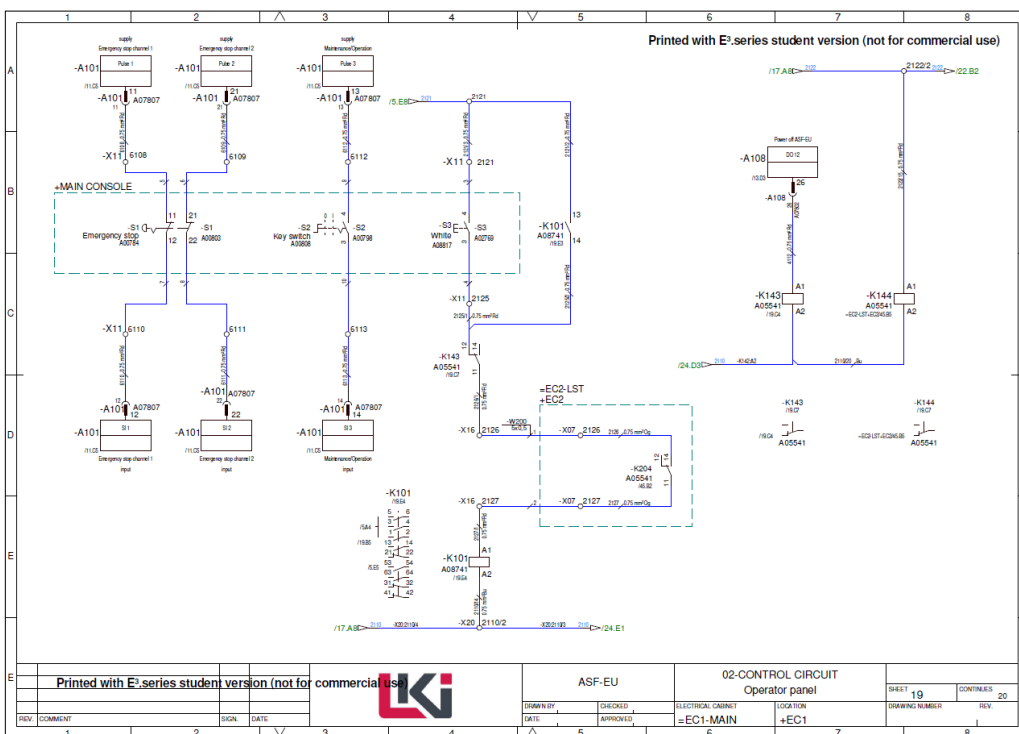
Elritningarna på LKI Käldmans maskiner har tidigare ritats i mjukvaran Cadett Elsa, men ingenjörerna har de senaste åren valt att börja planera med en ny mjukvara vid namn Zuken E<sup>3</sup>. Det slutgiltiga utseendet påverkas en del genom byte av mjukvara men det grundläggande utseendet och uppbyggnaden av ritningarna finns kvar.

Vanligtvis använder sig montörerna av ritningar i pappersformat, ihopbuntade till häften med A4-sidor. På senaste tid har även digitala ritningar på surfplattor blivit vanligare. Antalet sidor som ritningarna innehåller är beroende av hur stort elskåpet är, men runt 25 sidor är vanligt. Utöver dessa finns även ritningar för pneumatiksystemet och ventiler.

Ritningarna börjar med 400 VAC -sidor som ofta är ganska få till antalet. Sedan följer sidor med styrningar, givare, säkerhetsrälen, PLC, etc.



Figur 9. Ritningsexempel huvudschema.



Figur 10. Ritningsexempel PLC in- och utgångar.

### 3.4 Kopplingstabell

En kopplingstabell är en tabell över alla ledningar och kablar som blivit registrerade (se bilaga 2 för exempel). På engelska definieras kopplingstabell som "wiring list" och även i vissa fall "connection list". Generering av dessa tabeller är möjligt med programmet E3. Det går att välja i vilket format man vill ha den genererade filen. Vid LKI används Excel-format vilket även är standardformatet för kopplingstabellerna (wiring list). Det går även att generera rapporter och kopplingstabeller (connection list) i Word, Access och ASCII.

Tabellen innehåller allt man behöver veta om ledningarna. Den definierar varifrån och vart ledningen ska kopplas, vilken märkning den har, vilken typ av ledning, vilka kabelrännor den ska gå i, samt i panel+ -modulen även längden på ledningen. Det här medför att den som kopplar elskåpet i princip ska klara sig utan de vanliga elritningarna, vilket kan spara tid. Tabellerna kan även spara lite tid vid felsökning av elskåpet.

### 3.5 Standarder

En standard är ett dokument som tillhandahåller krav, specificeringar, riktlinjer eller karakteristik som genomgående kan användas för att säkerhetsställa att material, produkter, processer och tjänster passar sina ändamål.

Vid planering av elskåpen utgår man från ett antal standarder för maskiners säkerhet. Vid LKI Källdman använder man sig av standarden för maskinsäkerhet, Svensk Standard SS-EN 60204-1. Standarden behandlar allt som har med maskiners elsäkerhet att göra, t.ex. skydd mot elchock, styrutrustning, kablar, ledningsförläggning, varningsskyltar etc. Maskindirektivet som följs på EU-nivå är 2006/42/EC och blev till för att säkerställa att säkerheten uppfylls på maskiner inom unionen.

(SEK, 2007)

En annan standard som överlag tas i beaktande i Finland är finska standarden SFS 6000 som består av standarder för lågspänningselinstallationer och SFS 6002 som handlar om elarbetssäkerhet. Standarden SFS 6000 grundar sig på de europeiska standarderna CENELEC HD 60364 Low-voltage electrical installations och den internationella standardserien IEC 60364.

(Finlands Standardiseringsförbund, 2008)

### 3.6 EMC

EMC står för Elektromagnetisk kompatibilitet, även kallad elektromagnetisk förenlighet. Det ska vara möjligt att använda flera olika apparater tillsammans utan att de påverkar varandra negativt genom störningar. Tillståndet kallas EMC. Kraven på EMC är stora i apparater, och för att en apparat ska kunna vara CE-märkt bör den också uppfylla kraven på EMC. EMC-direktiven följer standarden 2004/108/EC.

(Anon., 2004)

CE-märkning är produktmärkning inom EU och EES som står för Conformité Européenne. Märkningen betyder att produkten får säljas inom EES-området (Europeiska Ekonomiska Samarbetsområdet). En produkt med CE-märkning visar att tillverkaren av produkten följt de grundläggande krav som ställts enligt EU-direktiven.

(CE markin Nordic Ab, 2016)

EMC tas i beaktande även i LKI:s elskåp. En av de första sakerna man kanske lägger märke till är att 400 VAC och 24 VDC är skilda från varandra i så hög mån som möjligt. Man försöker att planera skåpen så att stark- och svagströmsledningarna kommer så långt ifrån varandra som möjligt och att de inte dras tätt intill varandra parallellt. När elskåpen planeras utgås först och främst från komponenttillverkarens anvisningar för hur komponenten (motorer, frekvensomriktare, etc.) används på korrekt sätt.

Jordningspunkterna är också viktiga. Både med tanke på EMC och att olika beröringsbara delar i elskåpet inte ska bli spänningsförande och orsaka fara. Elskåpet, kopplingsplåten, C-skenor, DIN-skenor och alla komponenter med skilda jordningsplintar jordas. Även fast komponenterna också är jordade via kopplingsplåten. Ledningarna för jordning dras med gul/grön kabel. Inkommande motorkablar har alltid jordningsbara ”skyddsstrumpor” runt sig. De kläms fast i elskåpens C-skenor så de erhåller galvanisk kontakt med resten av jordningen.



## 4 E<sup>3</sup>.series

Vid LKI Källdman har mjukvaran E<sup>3</sup>.series börjat användas för planering av elscheman till vissa maskiner. Än så länge har endast nya maskiner blivit planerade i E3 på avdelningen Solution Development. Det gamla verktyget som har använts, Cadett Elsa har blivit en aning föråldrat och planerarna har valt att börja söka sig till programvara som hålls mer uppdaterad. Elsa används fortfarande på företaget. Det är inte lönsamt att uppdatera ritningarna på de äldre maskinerna som är färdigplanerade i Elsa och är i serietillverkning. I detta examensarbete uttrycks Zuken E<sup>3</sup>.series både som E<sup>3</sup> och E3, men de syftar på samma sak. E3 (E Tre) används i talspråk, så för enkelhetens skull även i detta arbete.

Programmet är uppbyggd av ett antal moduler och därmed också licenser. Det betyder att företag kan skräddarsy sitt program enligt de behov som finns. E<sup>3</sup>.series är Windows-baserat program som kan upplevas ganska komplext i och med att programmet och funktionen går att skräddarsy på så många sätt. Bilaga 1 visar helhetsbild över programmet. Komponentdatabasen är objektorienterat och nya komponenter går enkelt att föra in i databasen. Genom att importera exempelvis så kallade STEP-filer som finns tillgängliga att ladda ner från tillverkarna av komponenterna har man exakt den funktionalitet och det utseende som komponenten har i verkligheten.

Många större företag använder sig av E3 i dagens läge. Nedan finns citat från några av företagen:

**ABB Process Automation:** "We chose E<sup>3</sup>.series because it was best able to meet our design requirements. As our needs have evolved, so has E<sup>3</sup>.series. With each new version, Zuken gives us the functionality we need for higher productivity and quality." - *Sami Kivioja, Engineering manager*



**ATK:** "In the past it might have taken us months to design the wire harnesses and agree to a POC (proof of concept). Now we can do a feasibility test in weeks by copying and making changes to the existing model. Going from months to weeks has not only made ATK more competitive, but has established us as a trusted partner of NASA. Besides these



savings, we also have much more confidence that our designs are correct. Zuken has been an exceptional partner throughout this process and was there with us the entire way." - *Nathan Holyoak, Engineer PLM Processes*

**FIAT Group Automobiles:** "Our objective three years ago was to reduce the electrical architecture design cycle for a new car by 20 %, requiring no extra resources, just improved process and product development integration. E<sup>3</sup>.Wiring Diagram Generator is proving to be instrumental in making this possible." - *Paolo Puiatti, Power and signal distribution manager*



**Schneider Electric:** "For a long time we searched for software that could provide automatic drawing generation. E<sup>3</sup>.series is very efficient software and we are now able to design complex diagrams much quicker than before. We are also very pleased with the technical support we receive." - *Tanongchai S., Engineering Supervisor, Schneider Electric Thailand*



**HARTING Electric:** "Within the scope of the E<sup>3</sup>.series Component Alliance Program we are now able to make the data of our components accessible to our customers. We welcome the opportunity to make our contribution to a more rationalized optimized and shorter development process by using the benefits (or data) of our innovative product portfolio." - *Hartmut Schwettman, managing director*  
(Zuken Ltd, 2016)



## 4.1 Zuken

Företaget grundades år 1976 i Japan och hade vid tidpunkten namnet Zukei Shori Gijutsu Kenkyusho Inc., efter grundaren med samma namn. Verksamheten bestod av utveckling av CAD/CAM system och design av PCB (Printed Circuit Board). Företaget växte och under mitten av 1980-talet utökades verksamheten även till Amerika, varvid företags namn ändrades till Zuken Inc.

Under 1990-talet utökade företaget sin verksamhet till Europa, Korea, Singapore och Kina (Beijing) och under 2000-talet även till Taiwan och Shanghai. 2015 etablerade företaget sig även i Indien. Under åren som gått har Zuken köpt in sig i vissa andra företag inom branschen. (Zuken Ltd, 2016)

Verksamheten består av tre huvudsakliga produkter:

### **PCB design**

Mjukvara för design, uppbyggnad och planering av kretskort i 2D och 3D och scheman. CADSTAR, CR-5000 och CR-8000 är program som erbjuds.

### **Electrical & Wire Harness Design**

E<sup>3</sup>.series är det senaste E1-CAD- programmet Zuken utvecklat och innefattar design av elschema och kablar samt dokumentation och rapporteringsverktyg. E<sup>3</sup> innefattar också planering av hydraulik och pneumatik.

### **Engineering Data Management**

Zuken tillhandahåller också programvara för hanteringen av data och databaser inom området för ovannämnda. Programvara som erbjuds är DS-2 och E<sup>3</sup>.EDM för E<sup>3</sup>.series (Zuken Ltd, 2016)

## **4.2 Moduler**

E3 är uppbyggt av flera moduler. Företag kan således skräddarsy programvaran efter sina egna behov. E<sup>3</sup>.schematic och E<sup>3</sup>.panel är de moduler som i dagens läge används vid LKI. De fem huvudmodulerna som E3 består av är:

**E<sup>3</sup>.Schematic:** Den grundläggande modulen som används för att planera elschema och flödessystem.

**E<sup>3</sup>.Cable:** Modulen används för att planera kablar och kablage och byggs upp av s.k. blockdiagram.

**E<sup>3</sup>.Panel:** Används för att rita fysiska representationer av paneler, layouter och elskåp i både 2D och 3D.

**E<sup>3</sup>.Viewer:** Används för att se projekt skapade i E<sup>3</sup>.series och speciella viewer-filer. Modulen är kostnadsfri.

**E<sup>3</sup>.Formboard:** Modulen används tillsammans med E<sup>3</sup>.cable för att göra kablage i skala 1:1 och skapa heltäckande dokumentation till dem.

Utöver dessa huvudmoduler finns s.k. Add On –moduler som används för att ytterligare automatisera designprocessen och förbättra arbetsflöden. Några av dessa är:

**E<sup>3</sup>.Fluid:** Modulen används vid design av hydraulik, pneumatik och smörjningssystem.

**E<sup>3</sup>.3D Routing Bridge:** Modulen har tagits fram för att elingenjörer och mekaniska ingenjörer ska kunna arbeta på sina egna plattformar men ändå kunna samarbeta med ritningarna. Tillägget möjliggör en länk mellan E<sup>3</sup>.series och alla större MCAD-leverantörer, t.ex. SolidWorks.

**E<sup>3</sup>.Logic:** Modulen används vid skapandet av PCB elektronicscheman. All relevant data om kopplingspunkter, signaler, etc. blir automatiskt överförda till E<sup>3</sup>.cable.

**E<sup>3</sup>.eCheck:** Ett tillägg som möjliggör att finna fel och brister i ritningarna, t.ex. felaktiga kabeldimensioner eller säkringar i DC-system.

(Cim-Team, 2016)

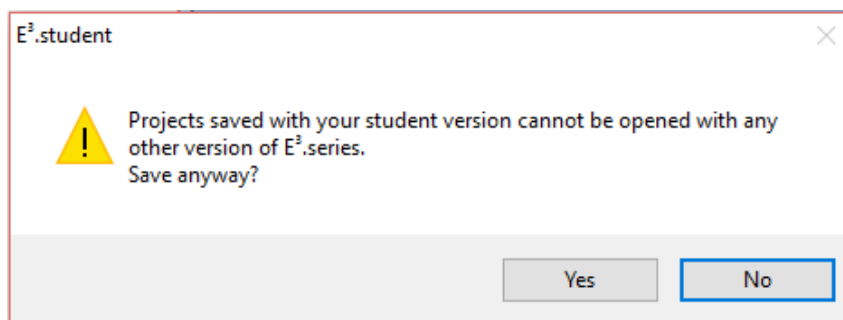
### 4.3 E<sup>3</sup>.Education

Det finns även en version för studerande av programmet. Åtminstone alla yrkeshögskolor i Finland borde ha tillgång till 50 licenser av denna studerandeverision. Programmet motsvarar fullversionen, men med vissa undantag. Man får inte använda E<sup>3</sup>.Education-versionen kommersiellt utan den är endast till för lärande syfte.



Figur 11. Dialogruta vid start av E³.Education.

En projektfil som är skapad i företagets fullversion går att öppna i studerandeverisionen men efter att filen har sparats i E³.education går den inte att öppna på företaget igen. När ritningar och rapporter skrivs ut, markeras dokumentet också med vattenstämpeln ”Printed with E³.series student version (not for commercial use)”. Det går heller inte att redigera filer som är skapade i nyare version av programmet, vilket även gäller företagets fullversioner.



Figur 12. Dialogruta vid sparandet av projektfil i E³.Education.

Det går att låna och låsa upp licenser från programmet för att använda på sin egen dator. Novia har sina licenser på sin egen server, vilket betyder att programmet bör hämta licensen via nätverket. Det blir lite knepigare att låna licensen på detta sätt. Det konstaterades även i utförande av detta examensarbete.

Genom att skapa en VPN-förbindelse mellan egen hemmadator och Novias server kan man få tillgång till licenserna på laglig väg. Detta kräver kontakt med IT-enhetens brandväggsadministratörer på Novia. Det går således att få ett privat certifikat till VPN-förbindelsen.

## 5 E<sup>3</sup>.panel

En av modulerna som E<sup>3</sup>.series består av är E<sup>3</sup>.panel. Examensarbetet har så gott som endast fokuserats på denna modul. Med tillägget panel får man tillgång till funktioner att göra layouter i 2D och 3D. Tack vare s.k. ”snapping points” kan man enkelt placera ut och flytta runt komponenter på layouterna.

Man kan säga att panel-modulen består av två delar, E<sup>3</sup>.panel och E<sup>3</sup>.panel+. En del där man endast kan planera layouten och en där man också kan placera ut och visa ledningar mellan komponenterna. Funktionen som möjliggör detta kallas autoconnect eller autorouting.

P.g.a. att modulen är uppdelad i två delar finns det även två skilda licenser. Vid LKI finns i dagsläget endast standard-licensen, vilket gör att autorouting inte varit tillgänglig. Licenserna är relativt dyra, så företag undviker att ha fler moduler än de har behov av. Priset för plusversionen av E<sup>3</sup>.panel ligger på strax över 2000 euro som engångssumma, samt årsavgifter på ett par hundra euro per licens.

Vid LKI ville man att det skulle göras en utredning kring panel+-modulen, bl.a. hur autoroutingen fungerar. En stor del av detta examensarbete gick ut på att reda ut ifall det är lönsamt eller ej att införskaffa licensen för denna plus-version. En rapport om detta skulle skrivas.

### 5.1 Funktion

Tillägget heter E<sup>3</sup>.panel+ och utökar programmet med en hel del användbara funktioner. Den funktion som i huvudsak är aktuell vid LKI för tillfället är Autorouting-funktionen. Med hjälp av algoritmer räknar programmet ut kortaste vägen för kablarna mellan komponenterna på eltavlan.

Tillägget möjliggör även segregation av kablar via autoroute-funktionen. Detta tillägg är behandligt med tanke på EMC-skydd och skilda kabelrännor för styrspänningar (400 VAC) och manöverspänningar (24 VDC). Skilda kabelrännor för 24 VDC och 400 VAC eftersträvas vid LKI. Med tillägget ser man även hur fulla kabelrännorna blir. Tillägget panel+ medför även support av DXF, vilket betyder att import och export av ritningar för hål i monteringsplåten kan göras direkt i E3.

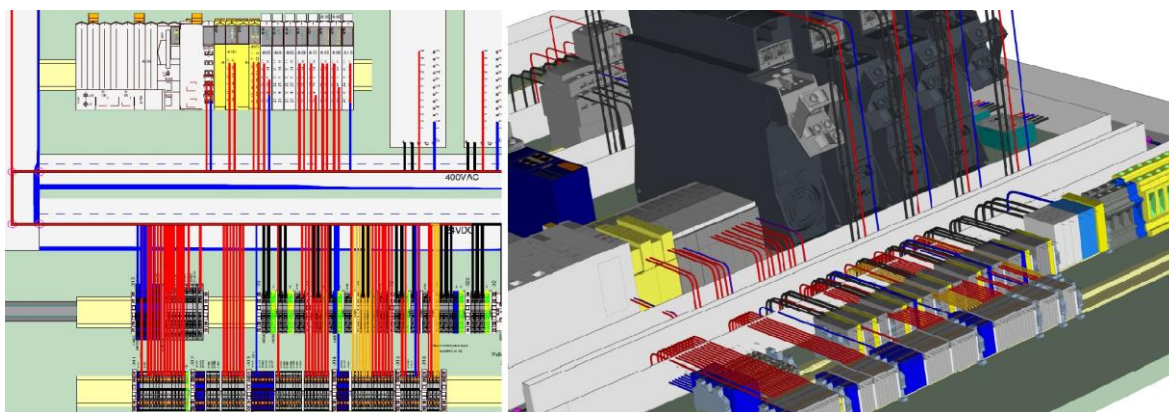
Sammanfattande punkter över funktioner som panel-modulen berör:

- Länkad dynamiskt till E<sup>3</sup>.schematic.
- Möjlighet att visualisera elskåpet i 2D och 3D.
- Fullständiga komponentdefinitioner genom import av tillverkares STEP-filer.
- ”Drag and Drop”-funktion för enkel insättning av komponenter.
- Automatisk ledningsdragning genom autoconnect-funktionen.
- Räknar automatiskt ut kortaste vägen vid tråddragning.
- Räknar ut längden på ledningarna automatiskt.
- Räknar ut hur fyllda kabelrännorna blir.

## 5.2 Autorouting

Autorouting eller autoconnect som den också kallas är en funktion i E<sup>3</sup>.panel som drar ledningar mellan kopplingspunkter på layouten. På detta sätt kan man visuellt se hur ledningar ska dras i verkligheten. Funktionen finns inte tillgänglig direkt i standardversionen av panel utan kräver modulen panel+.

I det skede man monterat de komponenter man vill ha i layouten kan autorouting-kommandot köras. Funktionen kallas ”Panel Autoconnect” i E3. Man markerar de komponenter man vill dra ledningar till och klickar på ”Panel Autoconnect”. Programmet räknar då ut vilken väg ledaren ska dras, samt ritar ut den färdigt dragna ledaren med en heldragen linje i layouten. Linjerna dras från de kopplingspunkter på komponenterna som tillverkarna angett i sina STEP-filer i databasen.



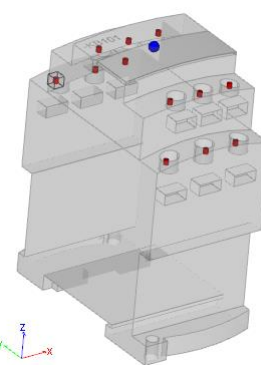
Figur 13. Autoroutade ledningar i 2D och 3D.

## 5.3 Inställningar som krävs före autorouting

Innan autoroutingen körs i programmet E3 bör vissa inställningar vara gjorda i programmet. Om inte alla inställningar är korrekta kommer kopplingstabellerna inte stämma överens med verkligheten.

### 5.3.1 Slots/pins

Slots eller pins är komponentens kopplingspunkter. I figuren över kontaktorn är dessa slots/pins utmärkta med röda prickar i 3D-modellen. Det är viktigt att de är ställda på rätt avstånd och höjd i STEP-filen för komponenten. Tillverkaren över komponenterna borde ha ställt in dessa korrekt, men det kan förekomma brister.



För att E3 ska veta åt vilket håll från komponenterna ledningen ska dras bör inställningar för detta göras i databasen. Ledningar till de flesta komponenter blir dragna likadant på alla ställen, oavsett i vilket elskåp de framträder.



Figur 14. Exempel slots/pins

Tillverkaren av komponenten har färdigt definierat var komponentens kopplingspunkter finns men inte åt vilket håll ledningar ska dras från dessa. Det är viktigt att dessa fastställs i databasen, så att elplaneraren inte behöver ställa in dessa för hand varje gång autoconnect ska utföras. När inställningen är gjord en gång i databasen behöver den inte göras igen.

### 5.3.2 Blockerade kabelkanaler/Segregation

Vid planering av layouter i E<sup>3</sup>.panel för elskåpen kan man applicera specifika klassificeringsattribut på kabelrännorna. Attributet gör att man kan tillåta vissa klasser av ledningar att passera i en viss kabelränna. Detta betyder att alla ledningar bör få en egen klassificering. Denna klassificering kan i LKIs fall vara de två klasserna Stark- och Svagström (400 VAC och 24 VDC). Att skilja på dessa två klasser och i bästa mån hålla dem skilda från varandra är viktigt med tanke på EMC-skydd.



När kabelrännor och ledningar blivit klassificerade tar ”Autoconnect”- kommandot attributen i beaktande och ledningar dras i sina respektive tillåtna kabelrännor. Denna funktion kallas Segregation i E3.

Klassificering av kabelrännor görs genom:

Högerklicka på kabelränna → Device Properties

Under fliken ”Device” väljs ”Name” till ”Connection Class (Panel)” i rullgardinsmenyn.

Under ”Entry” skrivs klassens namn in, t.ex. Stark.

Klassificering av ledningar görs genom:

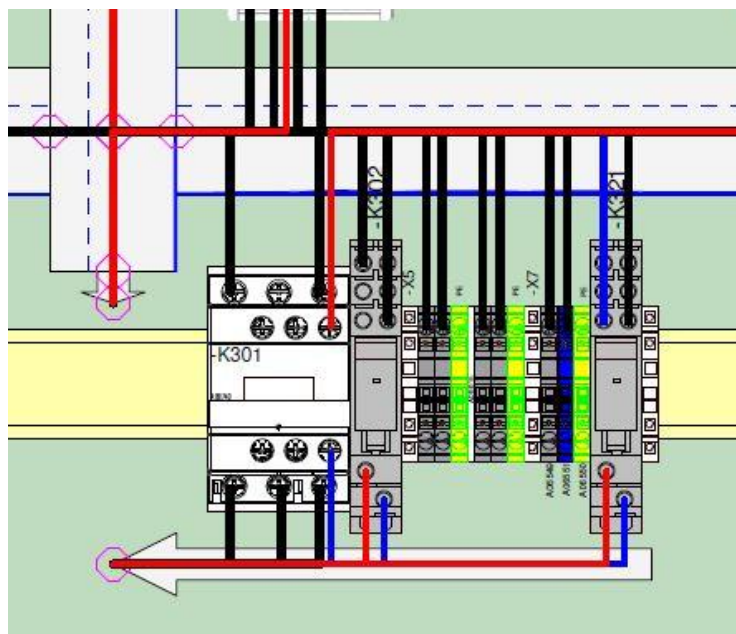
Högerklicka på en ledning → Connection Properties

Under fliken ”Wires” väljs på samma sätt som med kabelrännan ”Name” till ”Connection Class (Panel)” och ”Entry” väljs till ”Stark”, som för övrigt redan finns med som alternativ ifall kabelrännan ställts in tidigare.

### 5.3.3 Virtuella kabelkanaler

Ibland uppkommer situationer när kablar går genom luften och inte alls genom kabelrännor. Detta är ett problem som är ganska svårt att få bukt med. Ett alternativ är att använda sig av ”inlet/outlet”-kabelrännor. Dessa används på ställen där vanliga kabelrännor inte kan monteras eller inte är monterade av andra anledningar, t.ex. mellan elskåp och över DIN-skenor. Inlet/outlet kabelrännorna är indikerade med en pil i ena ändan på layouten.

Figur 15 visar exempel på ”Cable duct inlet/outlet” på ett ASF-EU Lifter-elskåp. Denna typ av kabelrännor indikeras med pilar och sätts in i layouten på ungefär samma sätt som en vanlig kabelränna. Att infoga dessa kräver en del speciella inställningar och fungerar inte alltid lika bra som enligt denna figur. Man definierar även avståndet mellan pilarna manuellt i programmet. Denna typ av rännor lämpar sig när man drar kablar över ex. DIN-skenor eller över till ett annat elskåp.



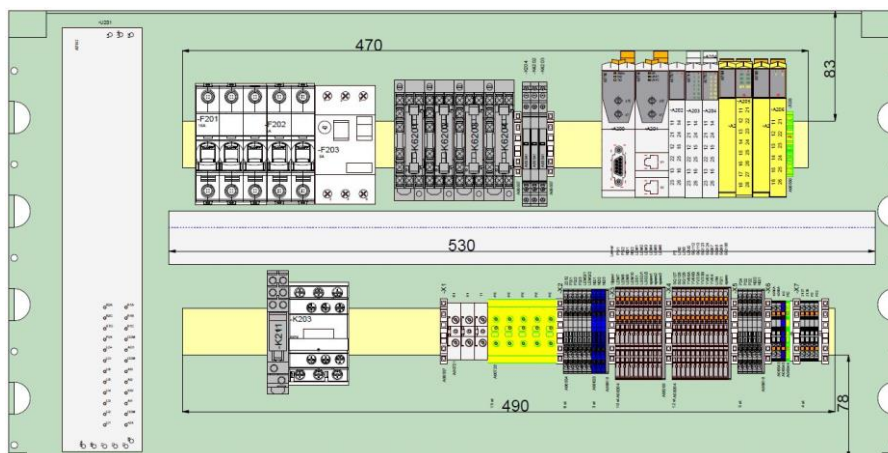
Figur 15. Inlet/outlet kabelrännor på Lifter-elskåp.

När inställningarna är gjorda körs autoconnect och ledare dras till dessa ”inlet/outlet” som vanliga kabelrännor. Även i 3D modellen syns inte ledarna mellan pilarna. Inställningarna för denna funktion är ganska knepiga och omständliga och fungerar inte alltid som planerat.

Vid användning av inlet/outlet bör noteras att kabelrännorna bör ritas in på ett skilt lager i E3. På detta sätt kan man dölja dessa rännor när man exempelvis printar ut layoutritningar.

Man stöter ofta på problem när kablar ska dras genom luften på elskåpen. Ett annat alternativ (förutom inlet/outlet) är att rita in vanliga kabelrännor, men man placerar dem på skilda lager från de/det ordinära lagret som används för resten av ritningen. För att indikera vilka rännor som är virtuella kan man exempelvis färga dem annorlunda.

I LST-elskåpet (se figur 16) blir det svårt att utföra autorouting. Man borde använda sig av både inlet/outlet kabelrännor och vanliga kabelrännor. Detta blir svårt i och med att elskåpet är så litet.



Figur 16. LST-elskåpet i 2D. Det minsta av AFS-EU:s tre elskåp.

## 5.4 Tidsåtgång Autorouting

Att göra autoroutingen kräver att ovanstående inställningar är gjorda. Inställningen för slots/pins bör inte vara något problem i senare skede i och med att det kan ställas in i komponentdatabasen och följande gång komponenten används finns inställningen kvar.

Klassificeringen av kabelrännor och ledningar till stark (400 VAC) och svag (24 VDC) bör göras skilt i projekten men i projektet är de flesta ledningar numrerade kronologiskt vilket gör att man ganska enkelt kan klassificera flera ledningar samtidigt. Detta gör att man inte lägger ner så mycket tid på det.

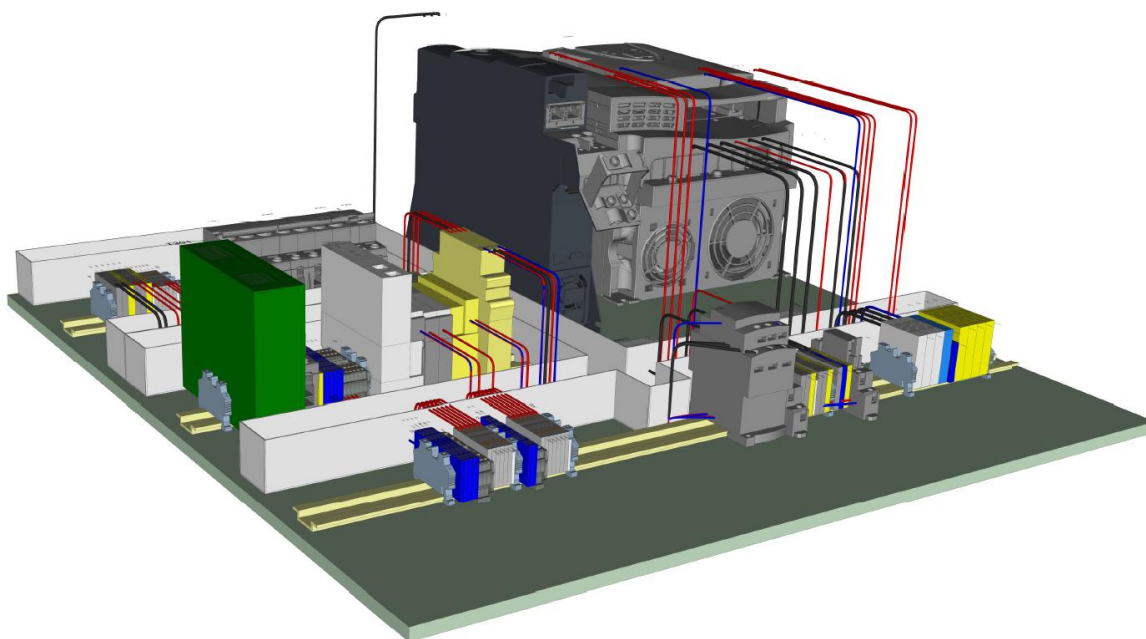
Att göra inlet/outlet kabelrännor och kabelrännor på skilda lager kräver en hel del tid, men om det en gång gjorts behöver man inte göra det fler gånger. Det går inte att förutse hur lång tid detta kommer ta i verkligheten. Det är också stor skillnad på skåpen.

Längden på ledningarna till huvudbrytarna bör hård-kodas in i systemet. Detta kan man göra manuellt genom ledarens egenskaper i projektet. Här krävs att man mäter på ett färdigt elskåp. Det är väldigt svårt att avgöra hur många timmar autoroutingen tar.

## 5.5 3D modell av elskåp

Genom tillägget E<sup>3</sup>.panel får man tillgång till att se eltavlan i 3D. Funktionen kan vara bra att använda sig av när komponenter placeras ut i layouten och man vill få eltavlan visuellt snygg. Ifall autorouting gjorts, kommer också ledningarna att uppträda i 3D-modellen. I figur 17 över Lifter-elskåpet kan ses att frekvensomvandlarnas pins är felaktigt inställda i STEP-filerna. Därför slutar ledningarna i luften.

Elplaneraren har störst behov av den här funktionen vid planeringen av layouten för elskåpet. Alternativet kunde vara att montören skulle använda sig av 3D-modellen vid bestyckning och inkoppling av komponenter. I dagsläget finns inget behov av 3D-modellen för montören i produktionen. 2D-modellen är tillräckligt tydlig att använda sig av vid bestyckningen av elskåp.



Figur 17. ASF-EU Lifter-elskåp i 3D.

## 6 Användning av kopplingstabeller

Vid införandet av Zuken E<sup>3</sup>.series i LKI blev möjlighet till kopplingstabeller tillgängliga. När examensarbetet startade hösten 2015 hade redan ett antal elskåp kopplats med hjälp av kopplingstabeller. Kopplingstabellerna var då genererade genom ”connection list” i E3.

Connection list genereras till xls-format och är en lista över alla anslutningspunkter som gjorts i systemet, men det är inte säkert att alla anslutningar behöver ha en ledning kopplad. Därför kräver detta en hel del filtrering i Excel före montören börjar använda den. Detta var ett litet problem i standardmodulen E<sup>3</sup>.panel. I E<sup>3</sup>.panel+ fanns även alternativet ”wiring list” vilket är en lista över alla ledningsdragningar. Wiring list kan endast bli gjord efter att autoroutingen blivit gjord eftersom listan beskriver de fysiska ledningsdragningarna.

Principen för tabellerna har testats i liten skala av ett antal elskåpsmontörer. Åsikter om tabellerna har tidigare inte redogjorts i skriftlig och konkret form. Genom införandet av panel+ blir det även enklare att exportera tabellerna till xls-format. Via tillägget panel+ uppkommer en ny kolumn med de autoroutade ledningarnas längder.

För att montören lätt ska kunna följa tabellerna när elskåpet kopplas, bör tabellerna vara filtrerade, så att så mycket oväsentligt som möjligt försvinner. Det hade tidigare varit svårt att följa tabellerna, och raderna i tabellen hade kommit i så ologisk ordning. Det går att filtrera tabellerna i Excel, så filtrering via kabeldimensionerna har alltid gjorts. I ett elskåp börjar man alltid med de grövre dimensionerna och går neråt. Det här kan ställa till problem i fallet med kopplingstabeller när det också skulle behövas filtrering komponentvis.

Ett exempel på hur ett problem med upplägget av kopplingstabellerna kan arta sig: En trefas säkring har 6 mm<sup>2</sup> matningsledning. I kopplingstabellen kan det hända att de tre 6 mm<sup>2</sup> anslutningarna inte är placerade direkt efter varandra i tabellen. Detta resulterar i att montören hamnar att flytta sitt fokus till ett annat ställe på eltavlan tillfälligt för att senare koppla de andra matningarna. Montören kan förstås hoppa i tabellen men det kräver en hel del tid.

Montörerna har haft kopplingstabellerna i pappersformat hittills. På detta sätt är det enklare att sträcka över färdigt kopplade rader med linjal och märkpena. Texten i tabellerna har inte heller varit så stor när mycket information ska få plats på en rad. Raderna flyter också ganska

lätt ihop. Antalet rader i en kopplingstabell varierar stort beroende av skåp, men till ASF-EU maskinens main-skåp finns upp emot 200 st rader. Detta kräver en hel del organisation av tabellen. Det blir mycket jobbigt ifall tabellen är felaktigt sorterad.

När modulen panel+ testades via E<sup>3</sup>.education konstaterades att det gick att generera en aning snyggare kopplingstabeller till Excel genom "wiring list". Wiring list kräver att man gjort autorouting i elskåpet. Den största skillnaden mellan "connection list" och "wiring list" är att "wiring list" även har med längden på ledningarna.

Längden på ledningarna var en sak som ingen på företaget egentligen visste något om. En utredning påbörjades kring hur man kunde ha praktisk nytta av längden i tabellerna. Ganska snabbt konstaterades att det kunde vara bra med färdiga längder på ledningarna för montören. Ett antal alternativ kring detta definierades och diskuterades. Detta behandlas mera i kapitel 7.

Att ha en tabell som är lättläst, estetisk och visuellt snygg är en viktig sak för att underlätta monteringen. En hel del tid lades ut på detta och det diskuterades med elskåpsmontörerna i företagets produktion. Man skulle gärna ha så lite som möjligt i en tabell men man kommer till en gräns där man inte kan ta bort mer. Ett försök att göra det lättare att hålla reda på raderna är att sätta in olika färger, som baserar sig på ledningens färg. Färgerna som används är svart, brun, blå, röd, orange och gul/grön.

## 6.1 Exportering till XLS-format

När elritningen är färdigställd, layouten klar och autorouting utförd kan kopplingstabellen genereras. Kopplingstabellen exporteras genom att navigera till menyn "Add-ons" → "EXCEL Documents" → "Wiring list from Panel". En kopplingstabell genereras nu över projektet i xls-format och öppnas i Excel. Den genererade tabellen är enklare att navigera och sortera än tabellen som genererades utan panel+.

Kopplingstabellerna har hittills genererats via menyn "Tools" → "Reports" → "Excel" → "Connections". Denna xls-fil är en förteckning över alla kopplingar som gjorts i E<sup>3</sup>.schematic och är en aning svårare att sortera i sin standard form, än via Panel.

## 6.2 Justeringar i Excel

För att göra tabellen mer lättläst för montören bör en del filtreras bort. I sitt råa format blir tabellen för komplicerad att läsa. Speciellt med tanke på att raderna är så många till antalet. Tabell 1 är en kopplingstabell i sitt oformaterade format. Tabellen innehåller en hel del information som inte är väsentligt för montören, t.ex. vilket elskåp som kopplas och vilken artikelnummer ledningen har.

Tabell 1. En oformaterad kopplingstabell (wiring list).

From	To	Wire number	Wire type	Colour	Wire cross section	Length (mm)	Cable duct's routing path
=EC1-MAIN+EC1-Q1-L1	=EC1-MAIN+EC1-F100-1	101	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	2035	=EC1-MAIN+EC1-U109;=EC1-MAIN+EC1-U107;=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-Q1-L2	=EC1-MAIN+EC1-F100-3	102	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	2006	=EC1-MAIN+EC1-U109;=EC1-MAIN+EC1-U107;=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-Q1-L3	=EC1-MAIN+EC1-F100-5	103	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	1976	=EC1-MAIN+EC1-U109;=EC1-MAIN+EC1-U107;=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F100-2	=EC1-MAIN+EC1-K101-2	104/1	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	654	=EC1-MAIN+EC1-U111
=EC1-MAIN+EC1-F101-1	=EC1-MAIN+EC1-F100-2	104/2	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	1590	=EC1-MAIN+EC1-U112;=EC1-MAIN+EC1-U107;=EC1-MAIN+EC1-U111
=EC1-MAIN+EC1-F100-4	=EC1-MAIN+EC1-K101-4	105/1	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	652	=EC1-MAIN+EC1-U111
=EC1-MAIN+EC1-F100-6	=EC1-MAIN+EC1-K101-6	106/1	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	646	=EC1-MAIN+EC1-U111
=EC1-MAIN+EC1-F120-1	=EC1-MAIN+EC1-F101-1	111.1	3-phase busbar-A08757		6 mm <sup>2</sup>	263	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F101-1	=EC1-MAIN+EC1-F102-1	111.2	3-phase busbar-A08757		6 mm <sup>2</sup>	208	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F120-1	=EC1-MAIN+EC1-K101-1	111/1	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	493	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F105-1	=EC1-MAIN+EC1-F102-1	111/2	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	597	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F103-1	=EC1-MAIN+EC1-F101-3	112.2	3-phase busbar-A08757		6 mm <sup>2</sup>	209	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F132-1	=EC1-MAIN+EC1-F101-3	112.3	3-phase busbar-A08757		6 mm <sup>2</sup>	380	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F120-3	=EC1-MAIN+EC1-K101-3	112/1	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	492	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F105-3	=EC1-MAIN+EC1-F103-1	112/2	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	592	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F132-1	=EC1-MAIN+EC1-F121-3	112/3	6mm <sup>2</sup> -A00777_BK	Bk	6 mm <sup>2</sup>	218	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F120-5	=EC1-MAIN+EC1-F101-5	113.1	3-phase busbar-A08757		6 mm <sup>2</sup>	263	=EC1-MAIN+EC1-U112
=EC1-MAIN+EC1-F104-1	=EC1-MAIN+EC1-F101-5	113.2	3-phase busbar-A08757		6 mm <sup>2</sup>	200	=EC1-MAIN+EC1-U112

Efter att tabellen blivit filtrerad och formaterad kan man få tabellen att bli mer lättläst (se tabell 2). Blå/röd/orange/etc bakgrund kan göra det lättare att hålla reda på vilken typ av ledning som ska användas. Det som blivit tillagt i tabellen nedan är längd på ledningen avrundat uppåt till närmaste 100 mm. Större tabell enligt bilaga 2.

Tabell 2. En formaterad kopplingstabell (wiring list).

From	To	Wire number	Colour	Wire cross secti	Length (mm)	Längd (mm)	Cable duct's routing path
=EC1-K141 :A2	K142 :A2	2110/18	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	175	200	U112
=EC1-K142 :A2	K143 :A2	2110/19	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	175	200	U112
=EC1-K143 :A2	K144 :A2	2110/20	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	175	200	U112
=EC1-KB102 :A2	KB104 :A2	2110/04	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	171	200	U111
=EC1-KB112 :Switch1	KB112 :Switch2	#4424	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	152	200	U107
=EC1-KB114 :Switch2	KB114 :Switch1	#4446	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	152	200	U107
=EC1-X20 :2110/2	X20 :2110/1	2110.2	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	188	200	U113
=EC1-X20 :2110/3	X20 :2110/2	2110.3	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	196	200	U112
=EC1-X20 :2110/4	X20 :2110/2	2110.1	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	191	200	U113
=EC1-X20 :2122/1	X20 :2122/3	2122	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	181	200	U113
=EC1-X20 :2122/3	X20 :2122/2	2122.1	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	188	200	U113
=EC3-F350 :1	T301 :V+	2320	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	175	200	U307
=EC3-KB312 :Switch2	KB312 :Switch1	#4009	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	112	200	U310
=EC1-A100 :14	A100 :24	2141	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	261	300	U110
=EC1-F120 :1	F121 :1	111.4	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	208	300	U112
=EC1-F120 :5	F121 :5	113.4	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	208	300	U112
=EC1-K141 :A2	X20 :2110/3	2110/17	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	224	300	U112
=EC1-K161 :0	K162 :0	6119/B	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	205	300	U112

## 6.3 Fördelar

En sammanställning av fördelar med kopplingstabeller:

- Alla skåp kopplas på samma sätt, vilket leder till att eventuell felsökning borde bli lättare.
- Antal okopplade ledare (t.ex. ”22” (24 VDC) och ”10” (0 VDC)) skulle eventuellt minska i och med att ingen ledning har samma namn som en annan.
- Montören kan se vilken längd på ledaren som behövs.
- Lättare att se vad som blivit kopplat och vad som saknas (en vanesak).
- Kopplingstabellerna kan filtreras fritt enligt montörens önskemål i Excel.
- Kopplingstabellen kan sorteras på många olika sätt.
- Kopplingstabellen kan skickas in till exempelvis Rikta, som tillverkar färdiga ledningar åt LKI.

## 6.4 Nackdelar

Det finns även en hel del nackdelar med kopplingstabellerna:

- Det tar ofta en stund för montören att fokusera på rätt rad och kolumn i tabellen.
- Montören har svårare att se vilken funktion det som kopplas in har.
- Kan leda till mer enformigt arbete.
- Kopplingstabellerna bör alltid formateras genom exempelvis filtrering i Excel, annars blir de för komplicerade att följa. Detta medför en del jobb för elplaneraren. Även det är en vanesak.
- Vissa plintar bör kopplas före andra vilket gör att tabellen bör sorteras bättre. Detta kräver tid.

## 6.5 Montörernas åsikter kring kopplingstabeller

Vid introduceringen av kopplingstabellerna i monteringen uppkom en del negativa åsikter från montörernas sida. De var ändå rätt så positivt inställda och såg fram emot att utveckla principen och se resultat.



Det största problemet från montörens sida var att ledningarna kom i nästan vilken ordning som helst i tabellen. Algoritmen som sorterar kopplingstabellen tar inte i beaktande på elskåpet ledningen finns, vilket resulterade i att montören hamnade att förflytta sig mellan komponenter i rätt ologisk ordning. De flesta vill koppla klart alla ledningar till en komponent, innan man går vidare till nästa. Detta tar inte kopplingstabellerna i beaktande och det är något som montörerna helst skulle undvika.

Vissa kan tänka sig att koppla de minsta ledningarna först och sedan gå uppåt i storlek. I det fallet är sortering i längdordning bra. Andra kan tänka sig att koppla komponentvis. Då bör sortering ske i kolumnerna "From" eller "To". Skillnaden på kolumnerna till och från beror på vilken väg elritningen blivit ritad i E3. Ledningarna bör svängas i ritningarna så de blir så logiska som möjligt.

## **6.6 Tidsåtgång för kopplingstabeller**

Det krävs att man har en del grundkunskaper i Excel för att åstadkomma en bra tabell. Genom att ersätta och ta bort onödig text i tabellen gör man den mera lättåskådlig. Detta kräver en hel del tid. Det som är största problemet är nog att få tabellen sorterad så att montören undkommer hoppa fram och tillbaka i den eller koppla ledningar i osammanhängande ordning. Att göra tabellen så lättläst som möjligt är viktigt.

Om även avrundade längder i tabellen behövs, bör man sätta lite tid på att göra formler för detta. Klassificeringar kan eventuellt bli aktuellt med tanke på ihopbuntning av ledningar hos underleverantör, vilket kräver en hel del tid.

## 7 Standardiserade ledningslängder vid monteringen

I produktionen av elskåp går en hel del tid åt till att mäta alla ledningar som ska kopplas och att sedan sätta på trådmärkningar och ändhylsor. En utredning kring detta har gjorts. Det finns möjlighet att beställa ledningskablage med rätt längder och märkningar från Rikta Ab. Rikta har även möjlighet att printa märkningar direkt på ledarna. Problemet som uppstår i detta fall är att hålla reda på ledningarna i förhållande till kopplingstabellen. Ett antal alternativ för olika system har diskuterats och sammanfattats i en rapport till LKI. Beräkningarna är utformade enligt ASF-EU elskåpen (både Main- och Lifterskåp).



*Figur 18. Exempel på Rikta Ab:s kabelmärkningar och ändhylsor.*

Av alternativen som togs fram var det ett som blev mer aktuellt än de andra. Exakta längder på ledningarna tillverkas utifrån kopplingstabellen som genererats via panel+-modulen. Ledningarna har färdiga ändhylsor i båda ändarna. Rikta kan i princip tillverka ledningarna enligt LKI:s önskemål, men det är främst arbetstiden som påverkar priset från Rikta.



*Figur 19. Exempel på ledning med märkning.*

Förutom märkningen som är printad på ledningen skulle de ordinära Phoenix trådmärkningarna appliceras på ledningarna av montören vid LKI. Detta kräver system för att hitta rätt märkning.

Rikta kan ställa in en hel del information till maskinen som tillverkar ledningarna. Trådmärkningen printas ut i båda ändor. Till detta bör avståndet till ledarens ände från märkningen anges. Mitt på ledningen kan annan information printas, i detta fall varifrån och vart ledaren ska dras. Denna information kan även printas ut kontinuerligt genom vissa avstånd på ledningen.

Ledningarna kan grupperas enligt önskemål. På detta sätt är det enklare för montören vid LKI att hålla reda på ledningarna. Vissa reläer kräver att de nedre kopplingsplintarna kopplas först. En knippa med de nedre ledningarna vore då att föredra. Alla PLC:ns ledningar skulle kunna vara i en grupp, etc. Att gruppera detta i kopplingstabellen i Excel kan bli en utmaning för planeraren, men exempel på dessa grupperingar gavs i rapporten till LKI.

Det fanns även ett annat alternativ som kunde vara aktuellt i produktionen. Att ha ett visst antal standardiserade ledningslängder med färdiga ändhylsor tillgängliga vid monteringen. Ledningarna skulle *inte* ha färdiga märkningar och de skulle vara placerade på ställningar vid elskåpsmonteringen.

Uträkningar gjordes ur kopplingstabell för svagströmsledningarna (24 VDC). Tabell 3 visar antalet av vardera färgen och längd. Längden på ledningarna är avrundade till närmaste 100 mm eller 200 mm för att spara Logistikutrymme. Det som gör det här alternativet bra är att man inte har någon märkning utskrivet på ledningarna. Märkningarna kan uppdateras när ritningen uppdateras.

Tabell 3. Antal röda, blåa och orangea ledningar (24VDC) för ASF-EU Main & Lifter.

Längd (mm)	Röd (st)	Blå (st)	Orange (st)	Totalt (st)
200	2	4	0	6
300	17	3	0	20
400	11	2	0	13
600	7	6	0	13
800	8	3	0	11
1000	22	1	0	23
1200	22	5	0	27
1400	8	4	0	12
1600	12	0	0	12
1800	7	0	0	7
2000	6	0	8	14
2200	7	0	0	7
2400	2	0	0	2
	<b>131</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>167</b>

## 7.1 Fördelar

En sammanställning av de största fördelarna med standardiserade ledningar och kablage:

- Montören har färdiga längder på ledningarna.
- Ledningarna har färdigt enkla ändhylsor som det enkelt går att trä trådmärkningar över.
- Färdiga längder på ledningarna kan göra det enklare att hålla ordning i kabelrännorna med tanke på att kopplingstrådarna inte vrider sig lika lätt som ifall den kommer från kabelrulle.
- I och med att ledningarna har färdiga ändhylsor motverkar man eventuella lösa ändhylsor som Jokari 60000 (se figur 20) kan åstadkomma.
- Färdigt märkta ledare kan göra tabellerna onödiga ifall man har all nödvändig information printad på dem.
- Montören behöver inte använda lika många verktyg.

## 7.2 Nackdelar

Det finns även en del nackdelar med standardiserade ledningar och kablage:

- Det behövs en hel del lagerutrymme för de olika längderna på färdiga ledningar.
- Att ha intervaller mellan längderna medför att överloppsledning göms i kabelrännorna. Detta kan göra montören frustrerad i.o.m. att det är svårare att få visuellt snyggt i rännorna.
- Uppåt avrundade ledningslängder medför att totala längden använd kopplingstråd till elskåpen ökar med cirka 9 procent.
- Färdigt märkta ledare medför att vissa kopplingspunkters märkningar blir felsvängda.
- Otydligt och oestetiskt med eventuellt blandade märkningar.

## 7.3 Tidsbesparing med standardiserade kablage

Det är svårt att avgöra hur mycket tid som sparas vid användning av färdiga längder vid elskåpsmonteringen. Dels har alla montörer utvecklat egna sätt att jobba på och dels har liknande arbetssätt inte testats tidigare.

I monteringen används idag färdiga 30 cm kopplingstrådar som används för korta länkningar. Dessa är blå 0,75 mm<sup>2</sup> och svart 1,5 mm<sup>2</sup>. Länkarna kommer väl till pass vid länkningar mellan närliggande komponenter, t.ex. kontaktorer och radplintar. Genom att använda dessa länkar sparar man en hel del tid. Ett bra exempel är det lilla LST elskåpet där många korta länkar behövs.

De flesta montörer kopplar skåpen genom att dra fram kopplingstråden av rullen och sätter på trådmärkningen. Sedan använder de flesta Jokari 60 000 (se figur 20) för att skala änden och klämma fast ändhylsan. Många tar även en annan ändhylstång efter detta för att klämma ändhylsan ytterligare. Detta för att undvika att hylsan inte sitter löst, vilket har varit resultatet i vissa fall.

Kopplingstråden dras i bana genom kabelrännorna till sin destinationspunkt och klipps oftast av med en sidavbitare. Sedan upprepas proceduren med märkningen och ändhylsa. Genom att använda färdiga, standardiserade längder på kopplingstrådarna och ändhylsor enligt alternativ som diskuterats kommer man undan tidsåtgången med ändhylsorna och alla verktygsbyten.

Om man i framtiden skulle införa märkningar på kopplingstrådarna skulle även processen med att se på ritning/kopplingstabell och sätta på märkningar försvinna vilket *kunde* resultera i väldigt mycket snabbare elskåpsmontering.

När en trådrulle börjar bli slut, blir dess diameter så pass liten att kopplingstråden ofta börjar böja sig i spiraler. Det gör att montören måste välja om ledningen svänger sig kraftigt i kabelrännan eller om den rätas upp för hand. Problemet skulle kunna undvikas genom färdiga längder av ledningar på ställningar.

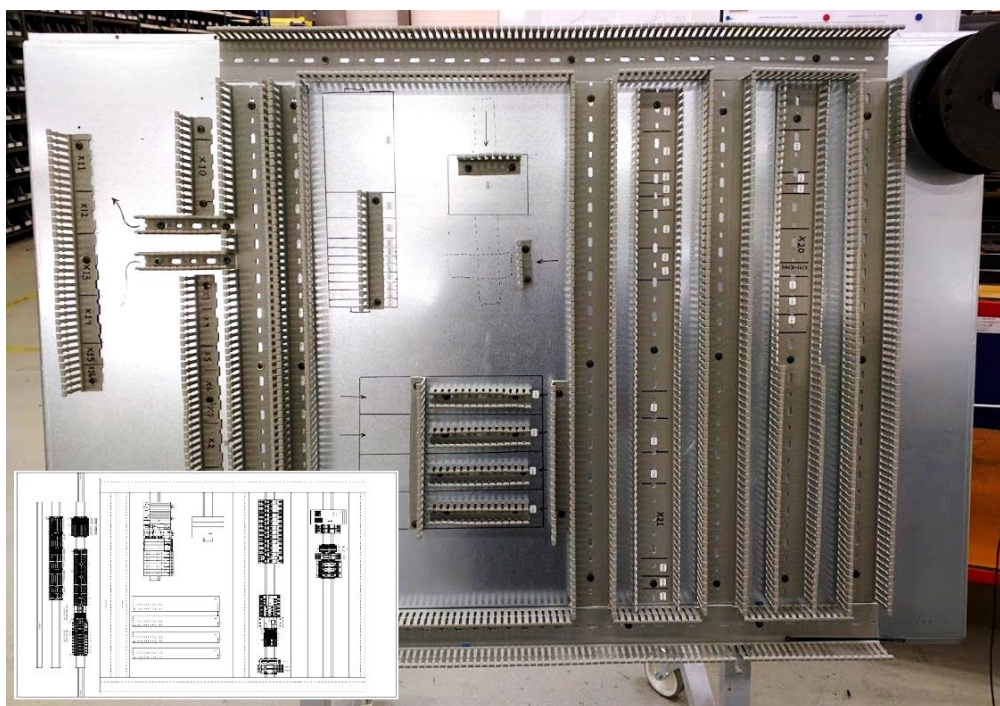


Figur 20. Jokari ändhylstång.

## 8 Användning av mall för elskåpens ledningsdragningar

Grundidén var att utreda om det fanns behov och möjlighet att tillverka kablage som enkelt kan tillverkas och monteras i samband med att montören kopplar eltavlan. Genom att använda sig av en elskåpsmall kunde kablage kopplas på denna och efteråt flyttas över till det verkliga skåpet. Anvisningar för en ledning i gången kunde användas av montören. Dessa anvisningar skulle vara kabelns typ, längd, märkning samt i vilken kabelränna den ska dras. Montören applicerar trådmärkningar och ändhylsor på alla ledningar och justerar dess längder i rätt position. När ett visst antal ledningar dragits kan dessa buntas ihop med buntband och flyttas över samt inkopplas i det riktiga skåpet.

Där komponenterna på eltavlan vanligtvis skulle vara placerade hade det monterats modifierade kabelrännor. För att enkelt se var komponenterna egentligen skulle vara är märkningar utritade på eltavlan. Figur 21 visar elskåpsmallen som en första prototyp.



Figur 21. Elskåpsmallen med referenslayout

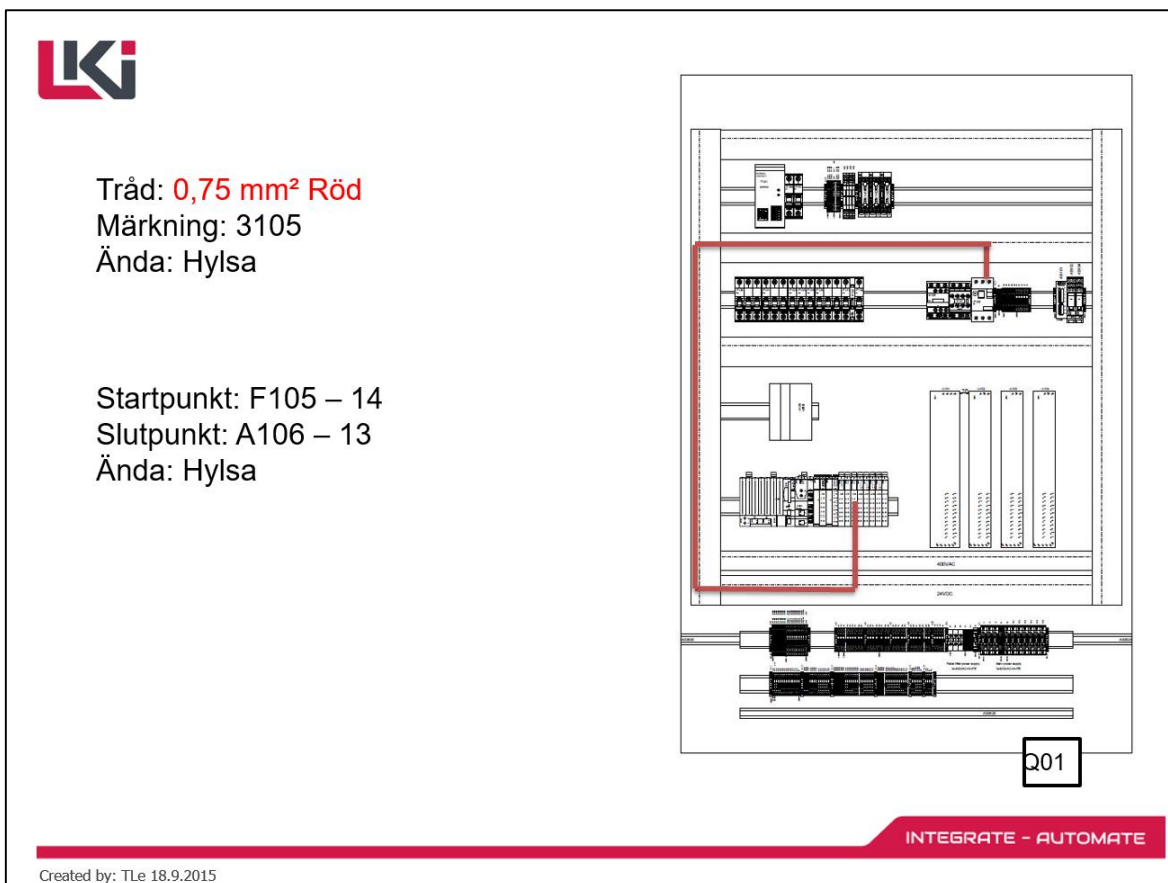
## 8.1 Kopplingsmallen i PowerPoint-format

För att få en inblick i hur arbete med en kopplingsmall kunde arta sig bör utgångspunkten vara att man utgår från kopplingstabeller. En mall i PowerPoint-format har tagits fram, som beskriver varje rad i kopplingstabellen.

Powerpoint-sidorna innefattar en layoutbild över elskåpet med en illustration över kabelrutten mellan komponenter. Via denna kan montören se exakt var ledningen ska dras. Bredvid layouten framgår det även vilken sorts kabel som ska dras, varifrån och vart den ska dras, samt vilken märkning den ska ha.

Det blev ca 200 sidor i denna PowerPoint så det krävs en hel del tid att göra dokument över detta. Idén med PowerPoint är endast att testa principen. Denna princip är testad på ASF-EU:s Main- elskåp.

Figur 22 visar ett exempel på hur en sida i PP kunde se ut. Sidan visar allt som montören behöver veta när eltavlan kopplas. Det enda som fattas är längden på ledningen. Sidorna kompletterades med rätt längd på ledningarna av montören, som mätte dem manuellt. Principen blev testad när ännu inte längden på ledningarna var tillgängliga genom panel+-modulen till E3.



Figur 22. Exempel på uppbyggnad av PowerPoint-sidor.

## 8.2 Tillverkning av elskåp med elskåpsmallen

Mallen i PowerPoint innehåller inga längder på ledningarna. Detta betyder att när elskåpet kopplas med mallen bör montören ha skrivit upp längderna från ett elskåp, där man redan vet och har mätt exakta längder. Längderna ska skrivas upp på PP-sidorna som är utskrivna i pappersversion för att enklare göra anteckningar.

När nästa skåp tillverkades används elskåpsmallen med samma PP-sidor som innan. Tanken är att monteringen skulle underlättas när längderna är med. Kablagen grupperas som i ett vanligt elskåp och buntas ihop med buntband. När kablagen är ihopbuntade flyttas de över till det verkliga elskåpet som redan blivit bestyckat.

Kablagen grupperas och buntas ihop lite olika från person till person men principalsak är att man grupperar enligt jordning, starkström, svagström, svagström utifrån (orange) och PLC ledningar till sist. Att gruppera ledningarna på detta sätt kan i senare skede underlätta väsentligt vid en eventuell felsökning.



## 9 Övriga åsikter från monteringen

Åsikter kring vissa saker kom fram via diskussioner med montörerna. Åsikter som elplanerare och arbetsledare kanske inte alltid tänker på som montörer många gånger reagerar på.

### 9.1 Digitala ritningar på surfplatta

En del montörer har testat att koppla eltavlor med hjälp av ritningar i digitalt format. Ritningarna har då varit utskrivna i PDF-format och enkelt kunna bli öppnade på surfplattor. Det finns en hel del fördelar med de digitala ritningarna jämfört med de som är i pappersformat, men också en del nackdelar.

Man kan enkelt zooma in och ut på ritningarna ifall det finns text som är svår att se. I de fall där en utritad ledare fortsätter på nästa sida kan den som har PDF-ritningen enkelt klicka på pilarna och automatiskt flyttas till sidan där ledaren fortsätter. För denna PDF-export krävs skild licens i E3, vilket verkar vara aktuell på LKI.

Montörer upplever att de surfplattor som används är för små. För att använda sig av digitala ritningarna bör man zooma in en hel del för att se texten, som oftast är ganska liten. Om LKI tänkt gå in för att köra helt med digitala ritningar borde nog större surfplattor beställas, men det finns ingen information om detta i dagsläget.

En annan nackdel med digitala ritningar är att det kräver mer arbete ifall man vill sträcka över det man kopplat i ritningen. Detta görs enkelt med penna på pappersversionen. I Adobe Acrobat Reader borde man kunna sätta in kommentarer och markeringar på en ritning och spara om man har rätt behörighet. Då kunde filen med kommentarer lämnas in till elplanerarna som i sin tur ser kommentarerna/markeringarna och kan åtgärda felen utifrån detta.

## 9.2 Långa trådmärkningar

Via införandet av Zuken E<sup>3</sup>.series vid planering av maskiners elsystem ändrades också märkningar en hel del för att bl.a. underlätta eventuell felsökning. Märkningarna har upplevts mer svårlästa i ritningen och tabeller.

Först och främst anser montörerna att märkningarna blir för långa. När sedan märkningarna ska printas i Phoenix Contact printern blir märkningarna ofta väldigt små för att kunna läsas enkelt.

Om märkningarna är utförda enligt xxxx/xx blir den lång och montörerna har svårt att se logiken i den. Förr var det enkelt att se att plusmatning oftast var 22 medan minus var 10. I dagens läge (E<sup>3</sup>) har alla ledningar i ett projekt egen märkning vilket gör att märkningen blir längre. LKI:s standarder för märkningar borde ändras för att få bukt med detta problem.

Wire number	Colour	Wire cross
2110/16	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>
2110/21	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>
2122/04	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>
2122/06	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>

Figur 23. Exempel på långa trådmärkningar.

### 9.3 Nya märkskyltar till elskåpen

I vintras togs nya märkskyltar i aluminium i bruk till elskåpen. De nya märkskyltarna har storleken av ett kreditkort och går att printa ut i Phoenix- skrivaren. Det verkar inte finnas något negativt att säga om dem. Montörerna gillar dem och de ser mycket bättre ut än de gamla som är fyra gånger större. Det tar minst 15 minuter att stansa de gamla *om* allt går som det ska. De nya finns nu i printerns databas och tar ett par minuter att skriva ut.



Figur 24. Elskåpens nya märkskylt.

## 10 Resultat

Alla syften och mål har så gott som uppfyllts. Det är svårt att avgöra hur väl målen uppfyllts när syftet är att diskutera med anställda och få fram nya åsikter. Vissa saker har folk blivit vana med och arbeten har alltid utförts på samma sätt. Men de största frågeställningarna har fått bra svar.

Resultatet av arbetet blev en rapport till handledarna vid LKI. Rapporten behandlar i princip tre huvudsakliga ämnen. Först allt som har med panel+ tillägget i E3 att göra. Sedan kopplingstabellerna och information som har med dessa att göra, t.ex. hur de genereras, tidsåtgång, för- och nackdelar och montörers åsikter. Tredje stora ämnet som blev utrett i rapporten var olika alternativ kring hur färdiga, standardiserade kablage till elskåpen kunde arta sig.

I rapporten behandlas även lite andra åsikter från montörernas synvinkel, som t.ex. ritningar på surfplatta och trådmärkningarnas ibland svårlästa uppbyggnad. Vartefter examensarbetet framskridit har olika resultat uppkommit. Under hösten 2015 blev fokus lagt på elskåpsmallen och under våren 2016 har fokus lagts på E3:s funktioner och alternativ kring standardiserade kablage.

### 10.1 Kopplingsmallen

Montörerna som var delaktiga i testet av mallen ansåg att det blev rätt knepigt att flytta över kablagen från mallen till det verkliga skåpet. Det blev enklare om montören inte var ensam när kablagen flyttades i och med att ledningarna lätt böjer sig lite som de vill. Enligt montörerna var det även väldigt svårt att veta hur långt ut ur kabelrännorna ledningarnas ändar skulle vara. Detta resulterade i att ledningarna blev en aning olika långa vid inkoppling på den verkliga komponenten, vilket påverkade utseendet.

Elskåpsmallen testades endast ett par gånger. Ritningarna hade uppdaterats så pass mycket vid tillfället att det inte var någon vits att uppdatera PowerPoint-presentationen mera och andra saker hade hädanefter blivit prioriterade. Det konstaterades att man inte vinner så mycket på att först koppla på en mall. Det skulle vara mycket enklare om kablage i huvudsak

går från ett ställe till ett annat, t.ex. som kablage i en bil eller båt. I fallet med LKI:s elskåp fungerar detta inte så värst bra när ledarna dras åt alla möjliga håll.

Mallen finns nog kvar men kommer antagligen inte att testas mer. Det är upp till arbetsledaren om han vill pröva principen igen. Det fanns från början en tanke om att det kanske gick att generera liknande sidor som PP-sidorna ur E3-programmet men det visade sig senare inte vara så enkelt.

## **10.2 Zuken E<sup>3</sup>**

Genom att det fanns tillgång till studerandeversionen av programmet vid Novia kunde ganska många frågetecken rätas ut angående E3. Det var tillägget panel+ och dess funktioner som handledarna vid LKI Källdman var intresserade av i nuläget så utredningar kring detta gjordes. Efter att ha rätt ut hur autoroutingen i modulen panel fungerar och testat olika inställningar hittades arbetssätt som fungerade smidigast i LKI:s fall. Det viktigaste resultatet av autoroutingen i E<sup>3</sup>.panel+ var att man kunde generera exakta längder på ledningarna till kopplingstabellen. Detta resultat leder oss vidare in på kapitel 10.3.

## **10.3 Standardiserade ledningslängder**

När det blev klart att det gick att generera exakta längder på ledningarna i E3 påbörjades utredningar kring hur längderna kunde användas på företaget i praktiken. Ett antal olika alternativ dök upp, summerades och diskuterades i en sammanställd rapport som företaget ville ha.

Alternativen som kom fram diskuterades så småningom med ansvarig ingenjör på Rikta AB, ett företag som har möjlighet att tillverka kablage. Ett alternativ blev mer aktuellt än de andra. I skrivande stund håller Rikta på att räkna på alternativet för att kunna ge LKI en offert över eventuella färdiga kablage.

Alternativet går ut på att LKI köper in färdigt klippta ledningar med exakta längder, märkningar och ändhylsor. De utprintade märkningarna på ledningarna skulle innehålla

samma viktiga information som kopplingstabellerna, så montören eventuellt inte alls skulle behöva använda sig av kopplingstabellerna när elskåpet kopplas.

## 11 Diskussion

Syftet med examensarbetet har ändrat en hel del efter hand. Till en början var det tänkt att examensarbetet inte alls skulle behandla Zuken E3. Åsikter från monteringen skulle framföras till planeringen, som i sin tur skulle kolla om det finns funktioner i E3 som kan lösa problemet.

Ganska snabbt konstaterades att det vore bra att lära sig programmet E3 och vissa funktioner i detta, som elplaneringen var osäkra på. Det resulterade i sin tur att vissa frågor fick svar och syftet styrs om i en annan riktning.

Vid arbete med Zuken E3 uppstod en del problem. Det går inte att öppna projektfiler som är skapade i en nyare version av programvaran än det man själv har. Detta konstaterades efter att LKI hade fått uppdatering till senaste version av programmet medan Novia fortfarande hade den äldre. Detta resulterade i sin tur att det endast var möjligt att arbeta med projekt som var skapade före januari 2016. Det blev inget stort problem i och med att endast små ändringar hade skett i projekten sedan dess. Novia borde också ha tillgång till uppdateringarna men i skrivande stund finns inte den nyaste versionen där.

Under hösten 2015 lades den mesta tiden åt att fundera kring kopplingsmallen och tillverka en prototyp. Ganska snabbt konstaterades att det blir ganska svårt att få systemet att fungera smidigt. Elskåpsmallen drog ut på tiden en aning i och med att det inte tillverkades så många elskåp av den aktuella typen under vintern. Så småningom fick jag E3 att fungera på egen dator och mer tid kunde börja sättas på detta. Autorouting-funktionen benades ut och så småningom konstaterades att längderna som genererades på ledningarna till kopplingstabellerna var mycket bra att ha.

Efter att alternativen kring olika utföranden av standardiserade kablage hade uppdagats blev det aktuellt att diskutera det praktiska med Rikta AB, som skulle fungera som underleverantör till dessa eventuella kablage. Det visade sig att vissa av alternativen skulle fungera riktigt bra för Rikta. Endast vissa modifieringar av kopplingstabellerna behövs. Nu återstår bara att se ifall offerten och beräkningarna som Rikta skickar är värda att satsa vidare på. Åtminstone tror jag att LKI tänker införskaffa panel-modulen. Utan modulen fungerar inte heller det diskuterade samarbetet med Rikta som underleverantör av kablage.

Det intressantaste med arbetet tycker jag har varit att jag har lärt mig den grundläggande funktionaliteten i Zuken E3, även fast jag skulle behöva öva mer för att kunna säga att jag kan programmet. Ritningarna har jag inte behövt rita själv. Jag ser det som en merit att känna till programmet och E<sup>3</sup>.series verkar vara växande i våra trakter inom elplanering. Jag har också lärt mig en del om vissa funktionaliteter i Excel samt hur man hanterar kopplingstabeller.

Resultatet blev jag nöjd med. Företaget fick den rapport de ville ha och de saker som skulle redas ut blev utredda. Jag kommer inte att fortsätta på företaget direkt efter examen. För tillfället finns inte behov av fler elingenjörer vid LKI.



## 12 Källförteckning

Amada Ltd, 2012. *Amada History*. [Online]

<http://www.amadasweden.se/historia>

[Hämtad: April 2016].

Anon., 2004. EMC direktiv 2004/108/EC. i: *Europeiska unionens officiella tidning*.

Björklund, D., 2015. *Kvalitetssäkring av ASF-EU genom analys och optimering av testrutiner*, Vasa: Lärdomsprov inom elektroteknik. Yrkeshögskolan Novia

CE markin Nordic Ab, 2016. *Vad är CE-märkning*, Hällefors, Sverige: CE marking Nordic AB.

Cim-Team, 2016. *E3.series Overview*. [Online]

<http://www.cim-team.com.br/electrical-wiring-design-software/e3-series>

[Hämtad: April 2016].

Finlands Standardiseringsförbund, 2008. *SFS 600:sv Lågspänningselinstallationer och säkerhet vid elarbeten*. Helsingfors: Suomen Standardisoimisliitto.

LKI Källdman Ltd, 2013. *LKI History*. [Online]

[http://www.lki.net/history\\_lki](http://www.lki.net/history_lki)

[Hämtad: Mars 2016].

LKI Sales, 2015. *ASF-EU Technical specifications*. LKI Källdman

OEM Automatic, 2016. *Allmän information Säkerhetsrelä*. [Online]

[http://www.oemautomatic.se/Produkter/Sakerhet/Sakerhetsmoduler/Allman\\_information/Allman\\_information\\_Sakerhetsrela/542764-303693.html](http://www.oemautomatic.se/Produkter/Sakerhet/Sakerhetsmoduler/Allman_information/Allman_information_Sakerhetsrela/542764-303693.html)

[Hämtad: Maj 2016].

SEK, 2007. *Maskinsäkerhet - Maskiners elutrustning - Del1: Allmänna fordringar*. Sverige: Svensk Standard.

Zuken Ltd, 2016. *Costumer Success Stories*. [Online]

<http://www.zuken.com/en/company/customers>

[Hämtad: Maj 2016].

Zuken Ltd, 2016. *Product Portfolio*. [Online]

<http://www.zuken.com/en/products>

[Hämtad: Mars 2016].

Zuken Ltd, 2016. *Zuken History*. [Online]

<http://www.zuken.co.jp/en/company/outline.php>

[Hämtad: April 2016].

# Bilaga 1 – Programmet Zuken E<sup>3</sup>.series

The screenshot displays the Zuken E3 software interface for creating an electrical schematic. The main workspace shows a detailed circuit diagram for a main circuit, including a motor, various electrical components, and a network of connecting wires. The interface is organized into several key areas:

- Project Tree (Left):** Shows the hierarchy of the project, including folders for 'ASFEU\_6\_4\_2016', 'EC1-MAIN', and '01-MAIN CIRCUIT'. A list of components is shown with checkboxes, including 'Power supply', 'Suction cup unit', 'Unloading unit', 'Unloading chains', 'Material pallet', and 'Unloading forks up'.
- Component Library (Right):** A list of available components from the 'LKI database', such as 'Auxiliary contacts', 'Brake cable', 'Circuit breaker', and 'Main contactor 3-pole'.
- Schematic Workspace (Center):** The main area where the electrical circuit is drawn, showing a grid, components, and connecting wires. A table at the bottom of this workspace provides a summary of the components and their connections.
- Preview Window (Bottom Right):** A smaller version of the schematic diagram, providing a quick overview of the entire circuit.

NO	COMPONENT	VALUE	SYMBOL	LIBRARY	DESCRIPTION
1	ASFEU				
2	01-MAIN CIRCUIT				
3	Suction cup unit				
4	EC1-MAIN				
5	EC1				

## Bilaga 2 – Exempel på del av kopplingstabell i Excel

From	To	Wire number	Colour	Wire cross section	Length (mm)	Avrundad Längd (mm)	Cable duct's routing path
=EC1-X11 :6110	A101 :12	6110	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	851	1000	U109; U106; U110
=EC1-X11 :6111	A101 :22	6111	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	859	1000	U109; U106; U110
=EC1-X11 :6113	A101 :14	6113	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	843	1000	U109; U106; U110
=EC1-X12 :6114	A102 :12	6114	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	940	1000	U109; U106; U110
=EC1-X12 :6115	A102 :22	6115	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	949	1000	U109; U106; U110
=EC1-X12 :6123	A109 :16	6123	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1005	1200	U109; U106; U110
=EC1-X12 :6124	A107 :16	6124	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	984	1000	U109; U106; U110
=EC1-X12 :6125	A107 :26	6125	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	978	1000	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3104	A106 :22	3104	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1047	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3106	A106 :23	3106	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1032	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3107	A106 :14	3107	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1086	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3108	A106 :24	3108	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1080	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3109	A106 :15	3109	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1075	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3110	A106 :25	3110	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1069	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3113	A107 :11	3111	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1107	1200	U109; U106; U110
=EC1-X13 :3114	A107 :21	3112	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1102	1200	U109; U106; U110
=EC1-X14 :4103A	K141 :11	4103A	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1846	2000	U109; U106; U113
=EC1-X14 :4103B	K141 :14	4103B	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1857	2000	U109; U106; U113
=EC1-X14 :4103C	K141 :12	4103C	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1847	2000	U109; U106; U113
=EC1-X14 :4104A	K142 :11	4104A	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1862	2000	U109; U106; U113
=EC1-X14 :4104B	K142 :14	4104B	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1874	2000	U109; U106; U113
=EC1-X14 :4104C	K142 :12	4104C	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1864	2000	U109; U106; U113
=EC1-X15 :24V	A103 :15	2122/22	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1145	1200	U109; U106; U110
=EC1-X15 :5101A	A103 :11	5101A	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1140	1200	U109; U106; U110
=EC1-X15 :5101B	A103 :12	5101B	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1126	1200	U109; U106; U110
=EC1-X16 :2126	K143 :11	2126/1	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1939	2000	U109; U106; U113
=EC1-X16 :P2	K144 :14	P2/07	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1961	2000	U109; U106; U113
=EC1-X16 :P22	K144 :11	P22/01	Orange	0.75 mm <sup>2</sup>	1956	2000	U109; U106; U113
=EC1-X20 :2110/1	KB101 :A2	2110/02	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	1135	1200	U112; U107; U111
=EC1-X20 :2110/1	X11 :2110/1	2110/12	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	1267	1400	U112; U106; U109
=EC1-X20 :2110/2	K101 :A2	2110/14	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	1244	1400	U112; U106; U111
=EC1-X20 :2110/3	K105 :A2	2110/22	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	1223	1400	U112; U106; U111
=EC1-X20 :2121	F150 :2	2121	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	249	300	U112
=EC1-X20 :2121	X11 :2121	2121/3	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1402	1600	U112; U106; U109
=EC1-X20 :2122/1	X20 :2122/3	2122	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	181	200	U113
=EC1-X20 :2122/1	X10 :2122/1	2122/03	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1299	1400	U112; U106; U109
=EC1-X20 :2122/2	K144 :A1	2122/15	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	211	300	U112
=EC1-X20 :2122/2	F132 :14	2122/18	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	984	1000	U112; U106; U111
=EC1-X3 :2131	U101 :L11	2131	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1225	1400	U109; U106; U110
=EC1-X4 :2133	U102 :L11	2133	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1347	1400	U109; U106; U110
=EC1-X5 :2134	U103 :L11	2134	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1449	1600	U109; U106; U110
=EC1-X6 :2136	U104 :L11	2136	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	1562	1600	U109; U106; U110
=EC3-A301 :24	A301 :14	#4028	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	358	400	U309
=EC3-A301 :25	X10 :2322/4	2322/5	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	302	400	U309
=EC3-A301 :26	X10 :2310/2	2310/6	Blå	0.75 mm <sup>2</sup>	314	400	U309
=EC3-A302 :11	X2 :3301	3301	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	333	400	U309
=EC3-A302 :13	X2 :3303	3303	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	290	300	U309
=EC3-A302 :21	X2 :3302	3302	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	320	400	U309
=EC3-A302 :22	X3 :6315	6315	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	261	300	U309
=EC3-A302 :23	X2 :3304	3304	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	277	300	U309
=EC3-A303 :11	X3 :6310	6310	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	297	300	U309
=EC3-A303 :12	X3 :6309	6309	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	283	300	U309
=EC3-A303 :21	X3 :6311	6311	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	285	300	U309
=EC3-A303 :23	K321 :A1	4303	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	491	600	U309; U303
=EC3-A304 :13	K361 :Y1	6303	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	747	800	U309; U303; U307
=EC3-F304 :11	X06 :2331	2331/1	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	401	600	U306
=EC3-F304 :14	X10 :2322/2	2322/3	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	449	600	U306; U303; U307
=EC3-F304 :14	X10 :2322/3	2322.1	Röd	0.75 mm <sup>2</sup>	456	600	U306; U303; U307