

Design av produktionscell Kandidatarbete

JOHAN BERZÉN
NIKLAS BODESTEDT
MARTIN BÄCK
EDVARD LEWENHAUPT
CHRISTIAN MALMBERG

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Avdelningen Produktionssystem
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2012

Abstract

This bachelor thesis is conducted on the behalf of the Department of Product and Production Development at Chalmers University of Technology. The thesis is performed, in cooperation with other thesis-groups, to design a production cell. Within the cell a product is supposed to be assembled and disassembled with different levels of automation. Both manual and automatic assembly will be possible but also a semi-automatic assembly. The production cell will in the future be used for research.

The bachelor thesis has got four main goals:

- Develop a product for manual assembly.
- Manual assembly station shall be designed.
- Develop an information system and implement this within the production cell.
- Create the logic for a Flexlinktrack and determine where to place sensors.

The four above mentioned goals will as they are reached contribute in making sure that the production cell meets the demands on flexibility and complexity. These demands are meant to ensure the diversity of the production cell so that research can be conducted in it.

Sammanfattning

Kandidatarbetet har utförts på uppdrag av *Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling* vid Chalmers Tekniska Högskola. Arbete syftar till att i samarbete med fyra andra kandidatgrupper färdigställa en produktionscell. I cellen ska en produkt monteras och demonteras med olika automationsnivåer. Det skall både vara manuell och automatisk montering samt blandningar däremellan, till exempel genom att människa och robot tillsammans arbetar på samma produkt. Produktionscellen kommer sedan att användas i forskning och undervisning.

Detta kandidatarbete har fyra huvudmål:

- En produkt för manuell montering ska tas fram.
- Manuella arbetsstationer ska utformas.
- Ett informationsförsörjningssystem skall utvecklas samt implementeras i cellen.
- Skapa logiken till en Flexlinkbana samt bestämma sensorplaceringar.

Dessa fyra mål ska då de uppnås bidra till att den produktionscell som konstruerats uppfyller de flexibilitets- och komplexitetskrav som finns. Kraven ska säkerställa att produktionscellen är tillräckligt mångfacetterad så att forskning och undervisning med olika fokus kan bedrivas i den.

Förord

Denna rapport är ett resultat inom civilingenjörsprogrammen *Maskinteknik* och *Automation och Mekatronik* vid *Chalmers tekniska högskola*. Kandidatarbetet har bedrivits på uppdrag av *Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling*.

Utan hjälp från kompetens utanför gruppen hade kandidatarbetets goda resultat inte åstadkommit. Vi vill därför passa på att tacka vår handledare Hans Sjöberg för det stöd och hjälp vi fått. Vi vill också passa på och rikta ett stort tack till Tommy Fässberg som varit ett stort stöd och en inspirationskälla under projektets gång. Speciellt hjälpsam har också Jon Andersson varit, som kommit med mycket praktisk hjälp och inspiration.

Slutligen vill vi också tacka kandidatgrupperna Intelligent lagerstyrning för lego, Styrning av servicerobot 1, Styrning av servicerobot 2, Tillverkning och styrning av rörlig fixtur, Programmering av robotar och tillverkning av verktyg för produkthantering och personerna Per Nyqvist, Petter Falkman, Kristofer Bengtsson, Peter Berggren och Björn Johansson.

Johan Berzén, Niklas Bodestedt, Martin Bäck, Christian Malmberg, Edvard Lewenhaupt

Göteborg, Maj 2012

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.1.1 Upplägg.....	1
1.1.2 Kompetenser.....	5
1.2 Uppgift.....	6
1.3 Mål med kandidatarbetet.....	6
1.4 Avgränsningar.....	6
2 Teori.....	7
2.1 Produktframtagning.....	7
2.2 Produktionsförluster.....	7
2.4 Linestyning.....	8
2.4 Kvalitetssäkring.....	10
2.5 Monteringsinstruktioner.....	10
2.5.1 Utformning av monteringsinstruktioner.....	11
2.6 Materialfasad.....	11
2.7 Styrssystem.....	11
3 Genomförande.....	13
3.1 Produktionscellen.....	14
3.1.1 Automatiserad zon.....	14
3.1.2 Semiautomatiserad zon.....	14
3.1.3 Manuell zon.....	14
3.2 Produkten.....	15
3.3 Kvalitetssäkring.....	15
3.4 Monteringsstationer.....	16
3.4.1 Materialfasad.....	16
3.5 Monteringsinstruktioner.....	17
3.6 Styrssystem.....	17
3.7 Produktionsförluster.....	18
4 Resultat.....	19
4.1 Produktionscellen.....	19
4.1.1 Automatiserad zon.....	19
4.1.2 Semiautomatiserad zon.....	20
4.1.3 Manuell zon.....	20
4.2 Produkten.....	20
4.2.1 Moduler.....	20

4.2.2 Byggmaterial.....	22
4.2.3 Modulutförning.....	22
4.3 Kvalitetssäkring	24
4.4 Monteringsstationer	24
4.4.1 Materialfasad	26
4.4.2 Monteringsinstruktioner	28
4.5 Informationsstyrning.....	31
4.6 Styrssystem.....	33
4.6.2 Systemlogik	33
4.7 Produktionsförluster	35
5 Diskussion och slutsatser.....	36
5.1 Genomförande	36
5.2 Produkt.....	36
5.3 Monteringsstationer	36
5.4 Informationsstyrning.....	37
5.5 PLC-styrning.....	37
5.6 Semiautomerad zon.....	37
5.7 Produktionsförluster	37
5.8 Organisation.....	38
6 Rekommendationer för framtida arbeten.....	39
7 Referenslista	40

Appendix A – Plockfrekvens

Appendix B – Materialplacering

Appendix C – Kravspecifikation Automatiserad zon

Appendix D – Kravspecifikation Monteringsstation

Appendix E – Konstruktionsritningar materialställ

Appendix F – Monteringsstudie

Appendix G – Komponentlista

Appendix H – Kopplingschema

Appendix I – Variabellista

Appendix J – PLC-kod

Appendix K – Produktionsförluster

Appendix L – Monteringssekvens

Appendix M – Instruktionstyper

Förkortningslista

AGV - Automated guided vehicle

BOM - Bill of materials

BPMN – Business Process Model and Notation

CAD - Computer aided design

GUI - Graphical user interface

I/O - Input/Output

OPC - Object linking and embedding for process control

PLC - Programmable Logic Control

PPU - *Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling*

RFID - Radio frequency identification

SSY - *Institutionen för Signaler och System*

UML – Unified Modeling Language

XML - Extensible markup language

1 Inledning

Detta kandidatarbete har genomförts vid *Chalmers Tekniska Högskola* i Göteborg på *Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling* (PPU). Arbetets tillkomst kan ses som ett resultat av att PPU även i fortsättningen vill vara starka inom styrkeområdet produktion. Kandidatarbetet har genomförts i projektform och resultatet har resulterat i en fysisk fullskalig produktionscell vilken finns tillgänglig inne i PPU:s produktionslaboratorium.

1.1 Bakgrund

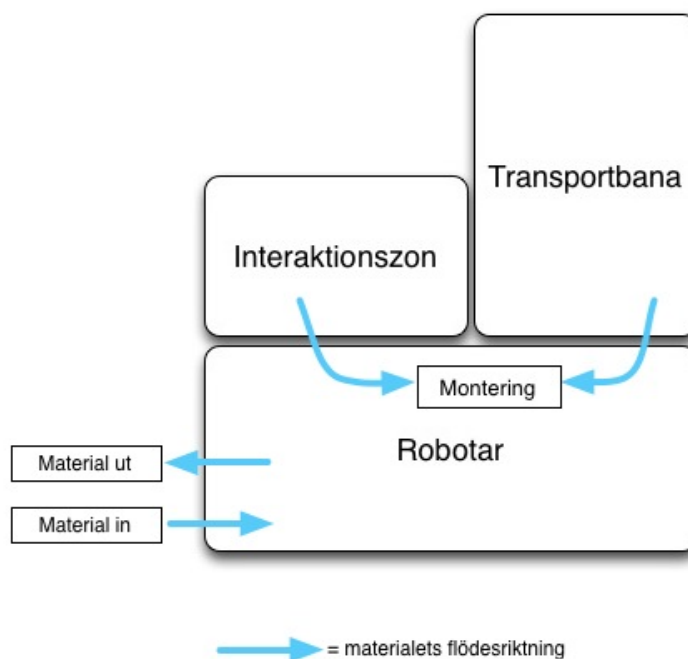
Ända sedan människan började handla varor i ett kommersiellt syfte snarare än i överlevnadssyfte har det sökts efter sätt att optimera produktionen av varor. Ett viktigt steg i denna optimering var att konstruera verktyg som underlättade arbetet. Uppkomsten av maskiner var något som ytterligare underlättade arbetsbördan och det var tack vare dessa som den industriella revolutionen kunde slå igenom med en sådan kraft. Under 1800-talet industrialiserades en stor del av Europa och detta mycket tack vare den tidens mest kraftfulla maskin, ångmaskinen (More, 2002). Den banade väg för bland annat järnvägen som i sin tur möjliggjorde transporter av stora volymer över långa sträckor. Ett väl fungerande distributionsnät är viktigt för att nå ut till kunder men även för att kunna centralisera produktionen. Utan ett väl fungerande distributionsnät kommer inte råvaror att nå fabriken i den utsträckning som är nödvändig.

Under tidigt 1900-tal började Henry Ford tillämpa “löpandebandprincipen” och fokus låg inte bara i utveckling av produkten utan även på utveckling av produktionsmetoder (More, 2002). Historien fortsätter så småningom med att Toyota utvecklar Toyota Production System vilket senare ledde till Lean Production. Optimering av produktionssystem blir idag ett allt viktigare konkurrensverktyg. Ämnet är relevant inom styrkeområdet produktion på *Chalmers tekniska högskola* och för att öka möjligheten att fortsatt ligga i framkant inom området.

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling (PPU) ska skapa ett nytt lab inom styrkeområdet produktion. Under våren 2012 ska ett antal kandidatarbeten hjälpa till att utforma detta lab, i laboratoriet ska en produktionscell ingå. I cellen ska en produkt monteras och demonteras med olika automationsnivåer. Det skall både vara manuell och automatisk montering samt blandningar däremellan, till exempel genom att människa och robot tillsammans arbetar på samma produkt. Produktionscellen kommer sedan att användas i forskning- och undervisningssyfte. Det är därför viktigt att de krav på komplexitet och flexibilitet som finns från framtida användare uppfylls. Under hösten 2012 kommer representanter från näringslivet att bjudas in för att, tillsammans med representanter från *Chalmers tekniska högskola*, få en demonstration på den färdigbyggda produktionscellen.

1.1.1 Upplägg

En grundläggande idé över produktionscellen är upprättad av de projektägande institutionerna PPU samt SSY (*Institutionen för signaler och system*). I denna grundläggande idé är de övergripande områdena uppritade, se *figur 1*. Ett område där robotar kommer vara verksamma, ett område där transportbanan kommer att stå samt ett område där det är tänkt att människor och robotar ska kunna interagera. Pilarna i *figur 1* visar en första tanke om hur materialet ska flöda i cellen.



Figur 1 - Grundläggande upplägg

Det finns totalt sex kandidatgrupper som arbetar med utvecklingen av produktionscellen och alla grupper har ett eget ansvarsområde. De grupper som finns är:

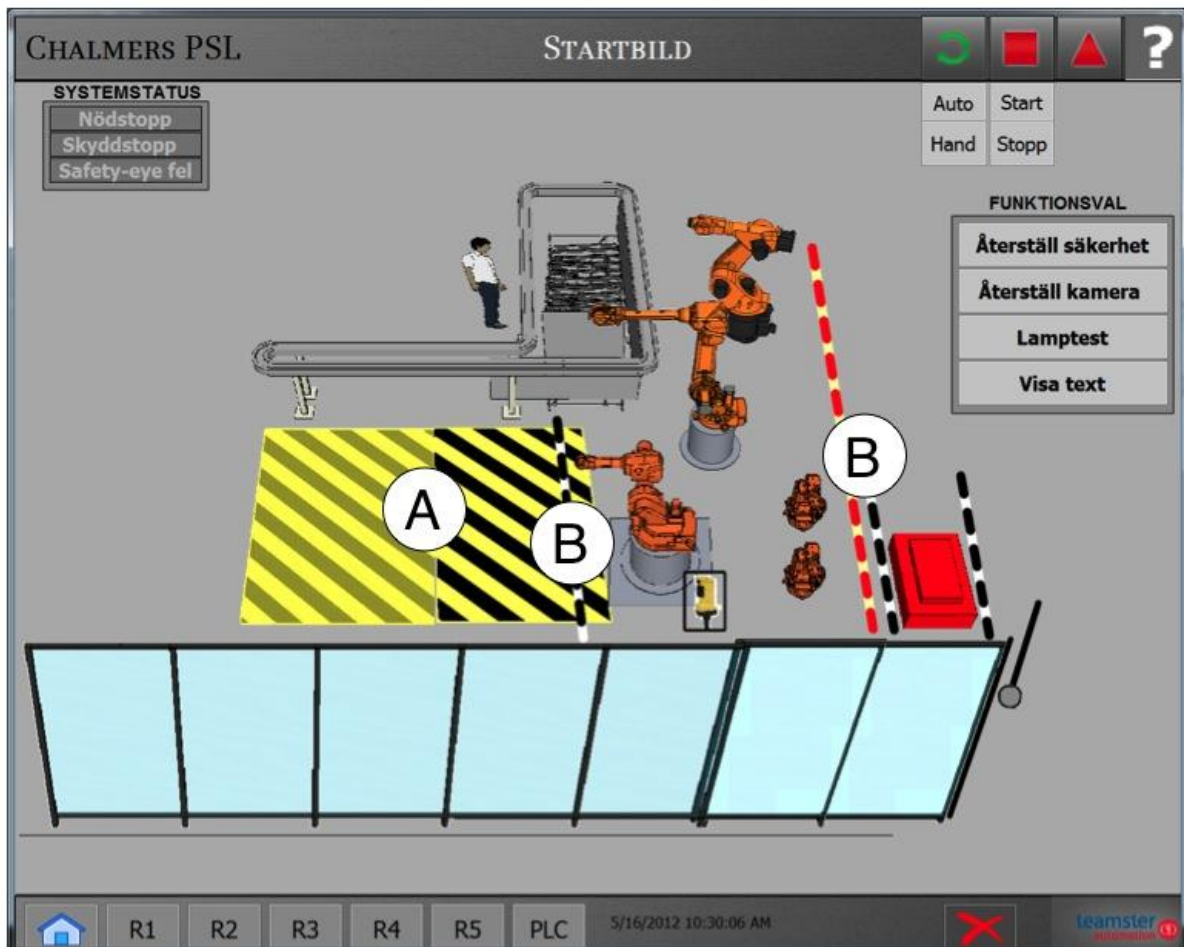
- Programmering av robotar och tillverkning av verktyg för produkthantering (Robotgruppen)
- Styrning av servicerobot (AGV 1)
- Styrning av servicerobot (AGV 2)
- Tillverkning och styrning av rörlig fixtur (Fixturgruppen)
- Intelligent lagerstyrning för Lego (Legogruppen)
- Design av Produktionscell (undertecknad)

Produktionscellen ska producera en modell av en bil i mindre skala. Robotgruppen är ansvarig för de robotar som finns i produktionscellen. De ska bland annat utforma ett gripdon för att förflytta delar och programmera robotarna så att de utför rätt rörelser. De måste kommunicera med undertecknad grupp samt med AGV-grupperna då de delar som kommer hanteras levereras antingen med AGV:er eller via transportbanan. AGV-grupperna hanterar de förarlösa transportfordon som ska transportera in karosdelar till produktionscellen. De möter en mängd utmaningar runt hur de ska programmera AGV:er så de gör som önskat. Fixturgruppen har till uppgift att designa och konstruera en fixtur som klarar att hålla ihop bilens olika karosdelar innan dessa har sammanfogats av robotarna. Det är även de som tagit fram designen på karossen i samråd med de resterande kandidatgrupperna. Legogruppen skall konstruera en sorteringsrobot som sköter sortering av visst materiel efter demontering.

1.1.1.1 Säkerhetssystem

I produktionscellen kommer ett avancerat säkerhetssystem att installeras. Detta kommer att installeras utav *Teamster*, ett konsultföretag specialiserat på Automation och Bonding. Systemet består av bland annat ljusbommar som när de bryts indikerar att någonting befinner

sig i osäkert område. En funktion i produktionscellen är en 3D-kamera som installeras ovanför produktionscellen. I en dator konstrueras sedan ett 3D-rum och med hjälp av kameran detekteras om någon rör sig inom detta rum och systemet nödstoppas, se *figur 2*.



Figur 2 - Påvisar var säkerhetssystem kan verka

Förklaring till *figur 2*:

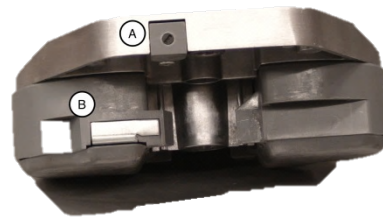
- A. Gul-svart randigt område – Kameraövervakad zon
- B. Ljusbommar

1.1.1.2 Transportbanan

Transportbanan kommer huvudsakligen att användas för delen där manuell montering kommer ske. Den är tillverkad av *FlexLink AB*. De är en av de 20 största leverantörerna av materialhanteringssystem i världen (Modern materials handling, 2012). Transportbanan är ca 15 m lång och ser efter ombyggnation ut enligt *figur 2*. På transportbanan drivs slädar fram av ett band och totalt finns det 21 slädar att använda samtidigt, se *figur 3*.

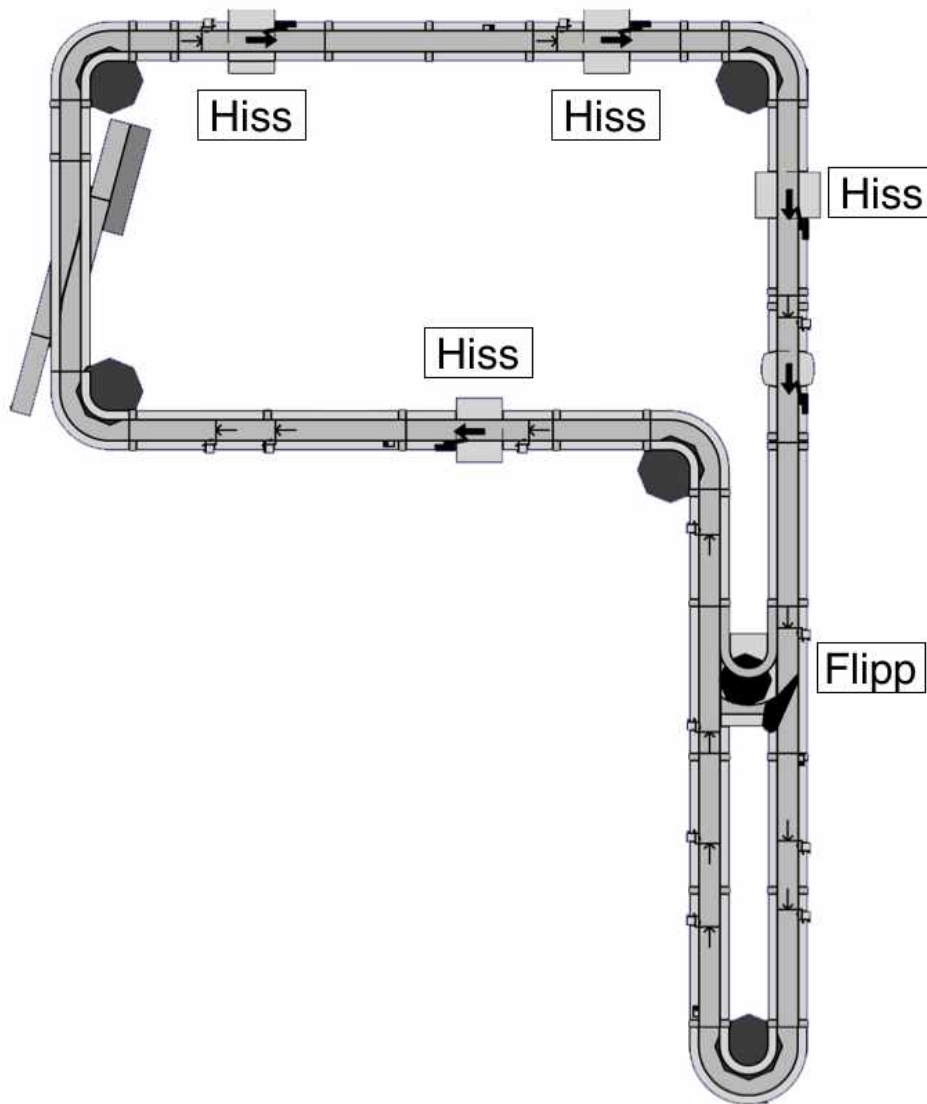


Figur 3 - Släde från FlexLink AB



Figur 4 - Släde, A = RFID tagg, B=Metallbit för induktiv avläsning

Transportbanan har fyra hissar och en flipp. Hissarna kan hissa upp en släde så att andra slädar kan passera under. När en släde sitter fast i en hiss har den en fix position vilket är relevant då en robot ska hämta en produkt från en släde. Flippen kan fördela slädarna till olika delar av transportbanan. Transportbanan styrs av ett PLC-system (Programmable Logic Control) som hämtar sin information från sensorer som placerats ut. Det finns en rad av olika typer av sensorer att använda till transportbana. Projektet kommer använda ljussensorer, induktiva sensorer och RFID-läsare (Radio Frequency Identification). Ljussensorerna känner av om det är något för tillfället vid deras position, de kan därför till exempel användas för att se var slädar befinner sig för tillfället. De induktiva sensorerna känner av om det är någon typ av metall framför sensorn. Slädarna är försedda med en metallbit på sin främre och bakre ände vilket möjliggör att de induktiva sensorerna kan detektera dessa slädar, se *figur 4*. Ett RFID är en unik identifikation som varje släde har. Genom radiovågor så kan en RFID-läsare på transportbanan känna av vilken släde som är på plats och anpassa transportbanans agerande efter vilken produkt som är på släden. Detta är användbart då det kan finnas många olika produkter på bandet och både montör och robot måste veta vilken typ av modul det är. Slädarna är utrustade med RFID taggar, se *figur 2*. En ytterligare komponent som används är stopp. Dessa används för att skapa buffertar och skapa stopp vid monteringsstationerna. Transportbanan drivs av en elmotor på 0,11-0,25 kW som sitter längst till vänster i *figur 5*.



Figur 5 - Layouten på transportbanan från FlexLink AB

1.1.2 Kompetenser

Utöver kandidatgruppens egna kompetenser har det funnits tillgång till utomstående expertis, nedan listas de mest bidragande personerna.

- Andersson, Jon, Doktorand vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling
- Bengtsson, Kristofer, Doktorand vid Inst. Signaler och System
- Berggren, Peter, System and Software Designer, Teamster AB
- Fässberg, Tommy, Doktorand vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling
- Johansson, Björn, Assistant professor vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling
- Nyqvist, Per, Research Engineer vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling
- Sjöberg, Hans, Research Engineer vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling

1.2 Uppgift

Kandidatarbetets uppgift är att designa den produktionscell som *Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling* tillsammans med *Institutionen för Signaler och System* under våren 2012 bygger för att kunna forska på produktion och använda vid undervisning. Specifikt ska kandidatarbetet bidra till att skapa ett produktionstänk i hur produktionscellen utformas och designa det övergripande flödet i produktionscellen. Det ska även konstruera delar av den produkt som ska produceras samt skapa de manuella arbetsstationer där produkterna monteras. Produktionscellen ska designas för att ständigt kunna utvecklas och det ska uppnås en hög grad av flexibilitet i produktionsprocessen så att forskning och undervisning på många olika scenarion kan bedrivas.

1.3 Mål med kandidatarbetet

Mål med kandidatarbetet är att:

- Ta fram en produkt för manuell montering.
- Utforma manuella arbetsstationer.
- Skapa en kanal för informationsförsörjning.
- Ta fram logiken till ett styrsystem för en transportbana av märket Flexlink.

Sammantaget ska dessa mål bidra till skapandet av produktionscellen.

1.4 Avgränsningar

Projektbeskrivningen för detta kandidatarbete var relativt öppen och därför har kandidatgruppen på egen hand kunnat ställa upp större delen av målen och problemen som ska lösas. Det enda kravet var att leverera ett fungerande system vid kandidatarbetets slut. Avgränsningarna som gjordes i kandidatarbetet var:

- Låg komplexitet - För att kunna leverera ett fungerande produktionssystem har komplexiteten i vissa moment hållits på en lägre komplexitetsnivå än vad som kanske är möjligt.
- Ingen materialförsörjning - Materialflödet till och från monteringsstationerna anses inte höra till det vitala för att få en fungerande produktionscell. Därför kommer inte kandidatarbetet innefatta detta.
- Miljöpåverkan - Ingen miljöanalys för produktionscellen kommer utföras. Det beror till stor del på att målet är att få en fungerande produktionscell som går att utveckla och forska på.
- Röststyrda monteringsinstruktioner används ej - För att inte öka komplexiteten har röststyrning av monteringsinstruktioner ej berörts av detta kandidatarbete.
- Ingen omformning av givna förutsättningar - parametrar som är låsta avses helt arbetas utefter.

2 Teori

I avsnittet nedan presenteras delar av den grundläggande teori som finns för hur ett produktionssystem bör utformas. Syftet med avsnittet är att presentera de produktionsteorier som ligger till grund för metoder som används i kandidatarbete samtidigt som det ska ligga till grund för de resultat som presenteras.

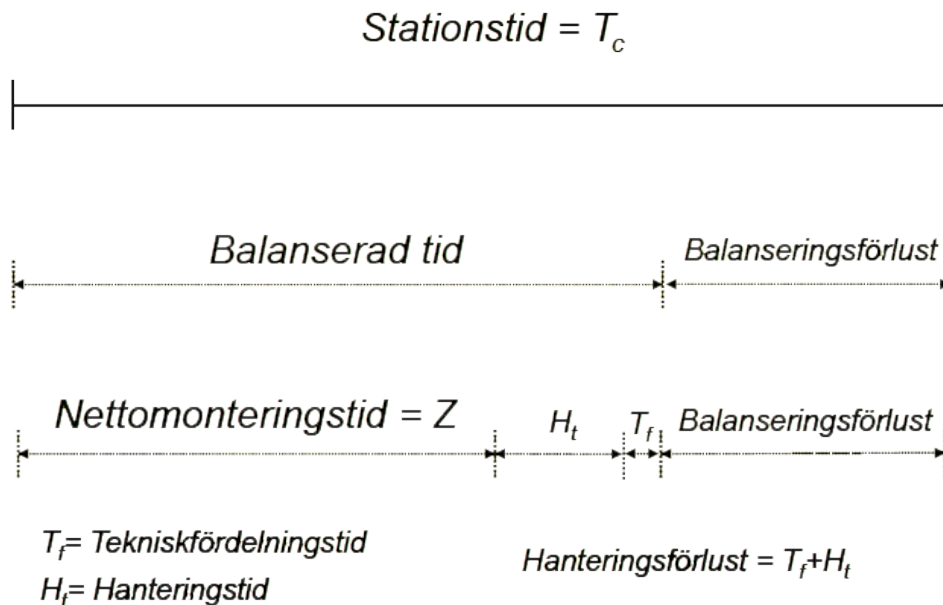
2.1 Produktframtagning

I takt med att datorprestandan har ökat och teknikutvecklingen har gått framåt har även andelen simuleringar i virtuell miljö stigit kraftigt. Allmänt kan sägas att i modern produkt- och produktionsutveckling är virtuella hjälpmedel en förutsättning för att hålla nere kostnaderna och samtidigt bibehålla kvalitet (Gustafsson, 2011). Simuleringar i virtuell miljö ger möjlighet att utvärdera funktioner av lösningar utan dyra och tidskrävande prototyper. Dagens trend är att tiden ägnad åt simuleringar av nya produkter och system ökar samtidigt som implementeringstiden i industrin minskar. Omställningstiden för nya produkter och system ute i industrin kan alltså minskas och dessutom kan upplärning ske i virtuell miljö vilket minskar upprampningen av en ny produkt ytterligare. Dessa tidsbesparingar kan minska kostnaderna dramatiskt samtidigt som mer tid kan läggas åt faktisk produktion vilket ökar intäkterna. Dessa är några av fördelarna med att använda virtuella hjälpmedel i sin produktframtagning.

2.2 Produktionsförluster

I serieflöden med driven line är takten bestämd. Produkten finns lika lång tid på varje station längs linan. Denna tid benämns stationtid. En nyckelfråga är då hur arbetsuppgifterna optimalt fördelas på arbetsstationerna längs linan (Ellegård, 1992).

I praktiken är det inte möjligt att dela arbetet i lika delar och fördela dem mellan alla arbetsstationerna längs en line. Den tid som beläggs med arbete på en viss station kallas balanserad tid. Det uppstår förluster för att viss tid inte kan beläggas med arbete (Ellegård, 1992). Dessa förluster kallas balanseringsförluster, se *figur 6*.



Figur 6 - Produktionstekniska förluster

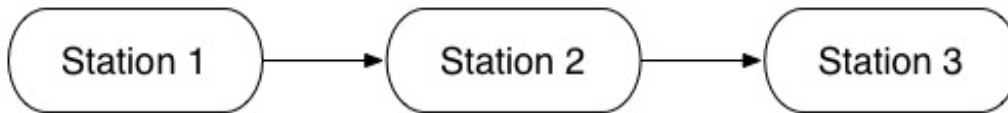
Hanteringsförlust är en annan sorts förlust. Med detta avses tid då montören flyttar sig mellan olika platser på arbetsstationen och hanterar verktyg och material under arbetets gång. Det är alltså tid som inte används för direkt montering. Ju kortare cykeltiden är desto större andel av arbetstiden åtgår för att flytta material och verktyg. När stationstiden förlängs försvinner alltså den extra hanteringstid som uppstår för handhavande av material och verktyg för korta stationstider (Ellegård, 1992).

När vana montörer arbetar efter varandra vid en line finns det vid varje tidpunkt alltid några bland dem som behöver längre tid än de övriga för att utföra sitt arbete. Detta gäller oberoende av balanseringsförluster. Det betyder att även en van montör då och då får svårt att hinna fullfölja sitt arbete. Det därav förorsakade behovet av justering ingår i vad som kallas systemförluster. I systemförluster ingår dessutom exempelvis tid för kontroll, personlig fördelningstid och obelagd tid för eventuell ersättarpol. Detta innebär extra kostnader som följd av produktionssystemets utformning (Ellegård, 1992).

2.4 Linestyning

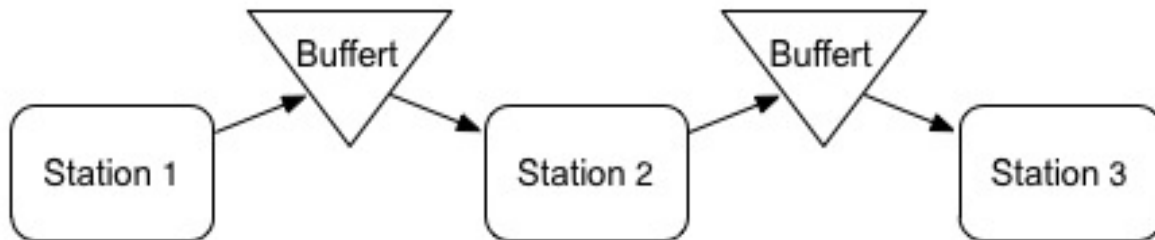
Huvudsakligen kan produktionssystem delas in i taktad och otaktad produktion. Utförandet av dessa finns i en mängd olika varianter. Vissa av dessa har behov av buffert mellan de värdeadderande operationerna och detta är i många fall inte önskvärt ur ett ekonomiskt perspektiv (Liker, 2004). Nedan finns tre av dessa varianter beskrivna, enligt (Leran Produktion, 2012).

1. En seriell och taktad lina där alla stationer styrs av samma takttid. Inga buffertar är nödvändiga då alla stationer ligger i direkt kontakt med varandra och antas hinna montera inom utsatt tid.



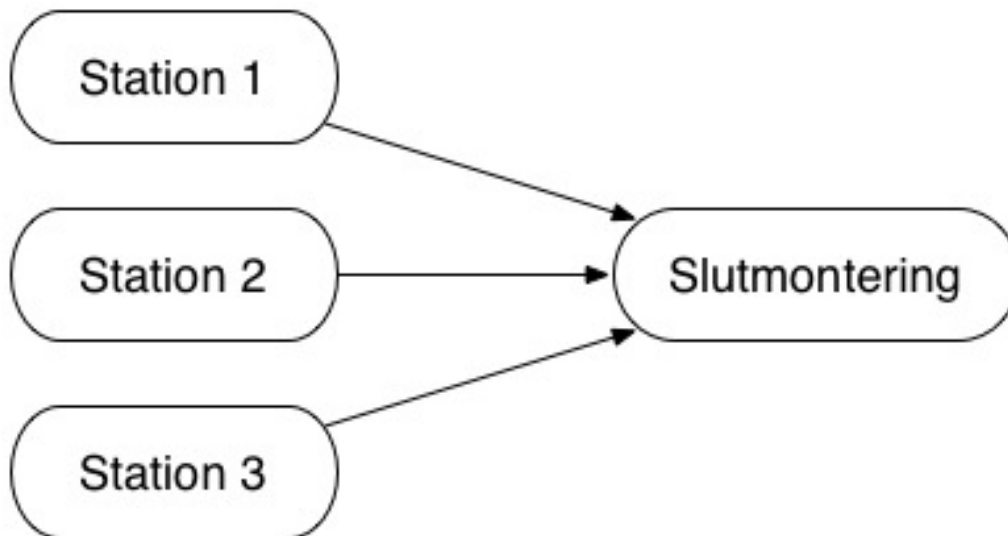
Figur 7 - Rak, taktad lina

2. Vid en rak otaktad lina utförs de värdeadderande operationerna under den tid som krävs. Cykeltiden kommer troligtvis att variera, vilket kan skapa ett behov av buffertar mellan stationerna för att åstadkomma en hög nyttjandegrad.



Figur 8 - Rak, otaktad lina med buffertar

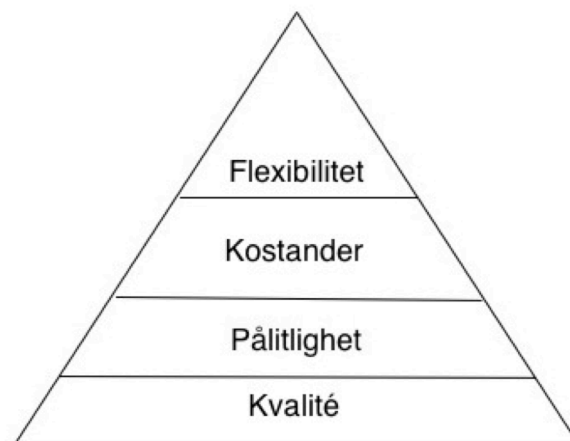
3. En otaktad produktion med separata värdeadderande operationer som bidrar till en och samma slutprodukt. Kan liknas vid en cell-layout där varje cell har sin egen produktion.



Figur 9 - Otaktad lina med separat slutmontering

2.4 Kvalitetssäkring

Inom produktion talas det ofta om konkurrensfördelar och ordervinnare för att beskriva ett företags produktionsmål. Dessa kan också användas för att ge mätetal på hur bra t.ex. en produktion anses vara. Som de fyra starkaste faktorerna räknas kostnader, flexibilitet, pålitlighet och kvalitet (Bellgren & Säfsten, 2010). Den så kallade sandkons-modellen som utvecklades under 1990-talet är en bra beskrivning av hur faktorerna är kumulativa och bygger på varandra, se *figur 10*. Flertalet studier visar att grundfaktorerna är kvalitet följd av pålitlighet och sedan kostnader (Ferdows & de Meyer 1990; Berggren 1993).



Figur 10 - Sandkonsmodellen

2.5 Monteringsinstruktioner

En trend inom dagens tillverkningsindustri är en allt större grad av kundorderanpassning vilket ställer ett allt högre och högre krav på en flexibel produktion. En produktion där snabba förändringar och snabb anpassning till förändringar kan ske (Bellgren & Säfsten, 2010). Detta leder i sin tur till ökad komplexitet i produktionen. En ökande komplexitet måste motarbetas annars riskerar produktens kvalitet och systemets produktivitet att försämrars. Genom att använda kognitiv automation, dvs. teknisk support i form av arbetsinstruktioner som ger montörer information om vad som ska göras och hur det ska göras kan den ökade komplexiteten hanteras. Information som presenteras i rätt tid, med rätt innehåll och via ett tydligt gränssnitt underlättar och minskar arbetsbördan vid monteringsmomentet (Wilson, 1999).

Genom att använda sig av papperslösa instruktioner i form av pekskärmar underlättas framförallt arbetet med uppdateringar (Webber, 2007). Enligt James Anderson¹ är en av de största fördelarna med papperslösa instruktioner kvalitet. Med digitala instruktioner är det lättare att förebygga att gamla versioner av instruktionerna finns kvar i systemet menar Andersson. Ytterligare en fördel med digital informationsstyrning är att all information kan uppdateras simultant på alla stationer.

¹ James Andersson, Production manager för den västra regionen hos Lista International Corp (Plano, TX)

2.5.1 Utformning av monteringsinstruktioner

Genom forskning är det bevisat att människor uppväxta i västerländska länder tack vare sitt naturliga sätt att läsa från vänster till höger, söker de automatiskt information från övre delen av ett material i en rörelse från vänster till höger (Copp, 2012). En för hög informationsbelastning kan ofta medföra att montörer utför monteringsfel eller att den mentala arbetsbelastningen blir för hög och monteringsfel begås på grund av detta (Bäckström, 2009)

2.6 Materialfasad

Vid varje station där manuell montering genomförs behöver material presenteras för montören för att möjliggöra hantering och sammansättning av produkten. Materialet bör placeras så att montören på ett enkelt sätt kan använda sig av det utan risk för skada. Vid montering av lätta produkter, som är fallet i produktionscellen, förekommer ofta besvär med axlar, rygg och armar. Skador av den typen kan minskas genom att undvika repetitiva och låsta rörelsemönster i monteringen (Dahlqvist, 1988). Materialfasaden måste inte bara vara anpassad efter människans anatomi utan även efter hur den inhämtar information och agerar. En väl utformad fasad kan minska både kvalitetsproblem och monteringsstiden genom att presentera materialet på ett tydligt och enkelt sätt. Det som är bäst ur en ergonomisk synvinkel är dock inte alltid detsamma som är bäst ur en produktionsteknisk. Därför måste alltid en avvägning mellan dessa två intressen göras.

När en monteringsstation ska designas så ska den konstrueras runt montörens förutsättningar. Det är viktigt att konstruera med målen att både öka produktiviteten och minimera risken för skador på montören. Människor ser väldigt olika ut och därför är det svårt att skapa en arbetsplats som passar alla. Det finns tre olika alternativ för hur man skapar en monteringsstation (Freivalds, 2009).

- Design för extremfall - Här designas det för det mest extrema fallen, till exempel en dörr designas för att även väldigt långa personer ska kunna passera igenom.
- Design för anpassningsbarhet - Designen ska kunna anpassas av operatören för att passa dennes personliga preferenser, till exempel en förarplats i en bil där både stol och ratt kan justeras.
- Design för medelfallet - Designen utgår från föreställningen om hur medelmänniskan ser ut, ytterst få människor ser dock ut så. Det görs för att det kan vara dyrt att designa anpassningsbart eller för extremfall.

2.7 Styrssystem

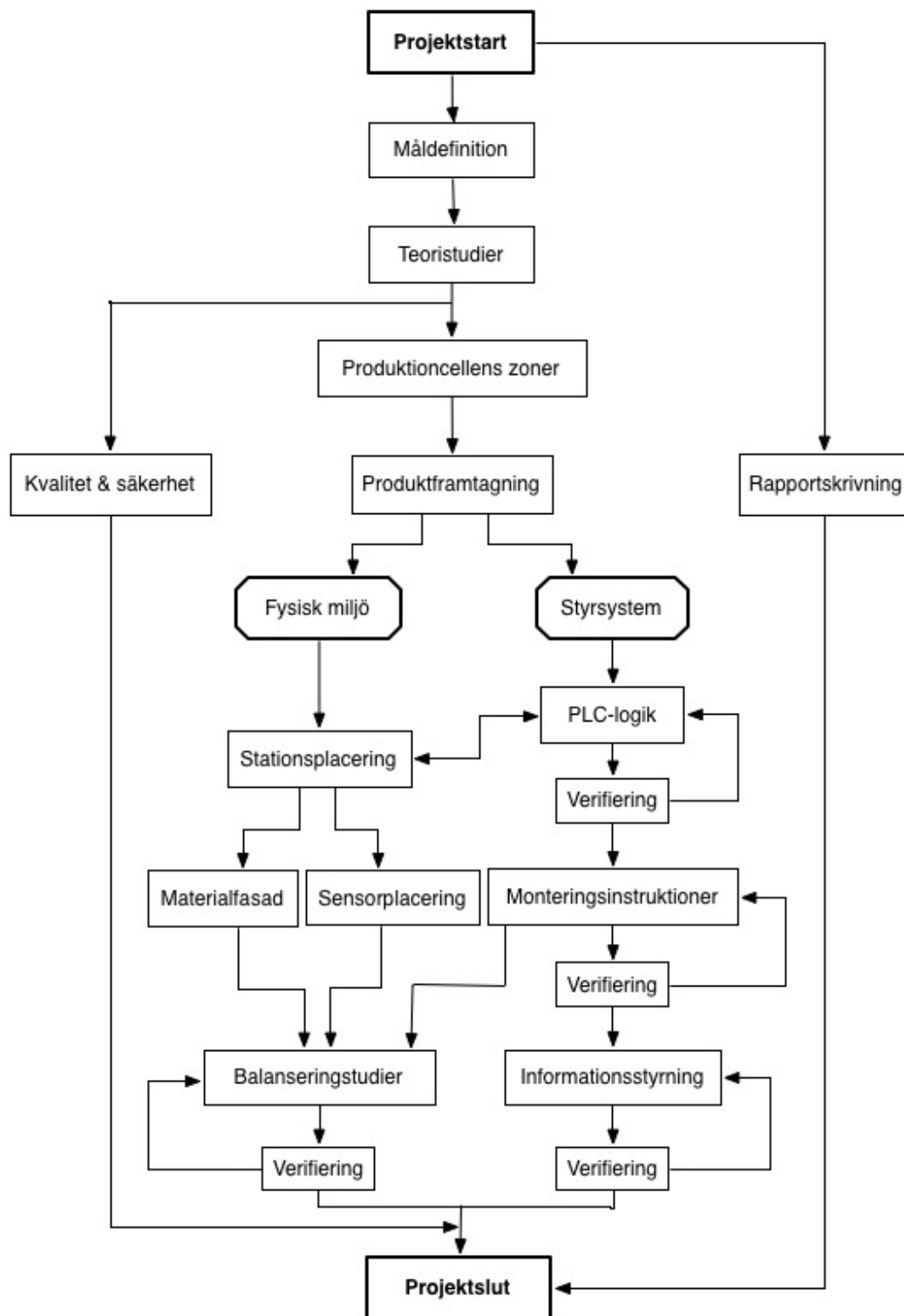
Styrssystem har genom åren varit en viktig del inom automatiserad produktion. De behövs för att styra maskiner i rätt sekvenser och för att överföra insignaler i form av till exempel en knapptryckning till utsignaler som till exempel startar en motor, transportbana etc. När styrsystemen först introducerades bestod de av en mängd sammankopplade reläer. Dessa var skrymmande och relativt högljudda. Under slutet av 60-talet visade General Motors ett intresse av att kunna använda den då relativt nya datortekniken för att styra sina fabriker. De första koncepten som togs fram bestod av en dator, (central processor), samt ett antal input-kort och output-kort monterade i ett rack. Detta gjorde det valbart och möjligt att enkelt ändra utförandet på detta styrssystem (Laughton, 2003).

Ovan beskrivna system var den första generationen av det som idag är känt som PLC-system. Den stora skillnaden med PLC som styrsystem gentemot att använda kommersiella datorer är programmeringsspråket. I och med PLC introducerades ett revolutionerande sätt att programmera, nämligen ett sätt där det mesta är schematiskt. Det vill säga, programmet byggs upp på mer eller mindre samma sätt som om det skulle styrts av faktiska reläer. Koden ser ut som ett kopplingsschema vilket underlättar i många avseenden (Laughton, 2003).

Dagens PLC-system är betydligt större och komplexare och för att undvika att dra alla signalkablar introducerades Remote I/O:s. Dessa fungerar som en lokal Central Processor och dessa kommunicerar i sin tur med huvuddatorn. Systemen kan genom dessa byggas större och blir lättare att bygga ut (Laughton, 2003).

3 Genomförande

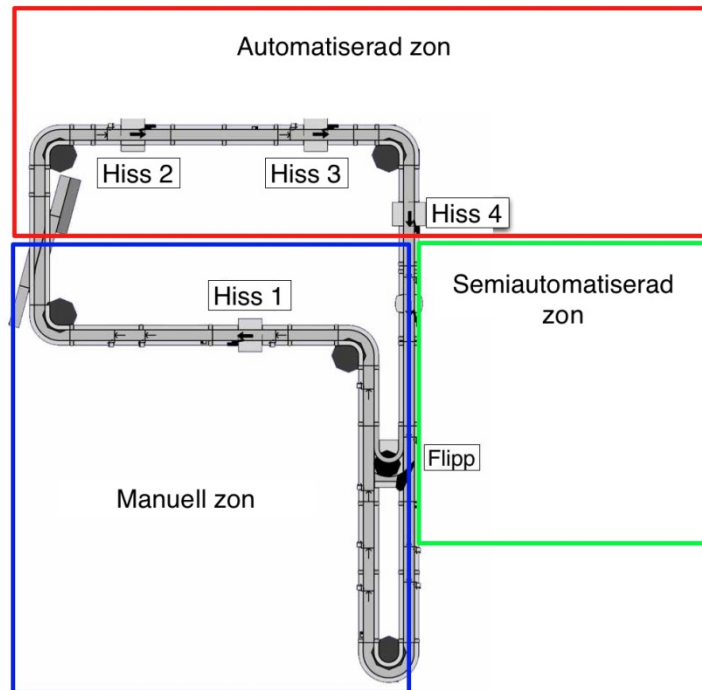
I följande avsnitt beskrivs de metoder som använts under kandidatarbetet. För att bringa klarhet har arbetsgången delats upp i tre huvudavsnitt: produktframtagning, arbete med att ta fram styrsystemen samt arbete i den fysiska laboratoriemiljön. Nedan presenteras i *figur 11* en schematisk översiktsbild för arbetsgången i kandidatarbetet.



Figur 11 - Schematisk arbetsgång för kandidatarbetet

3.1 Produktionscellen

Tack vare produktionscellens säkerhetssystem blir cellen naturligt uppdelad i tre olika zoner: en helt automatiserad zon, en semiautomatiserad zon och en manuell zon.



Figur 12 - Översiktsbild av de tre zonerna i produktionscellen

3.1.1 Automatiserad zon

I den automatiserade zonen, se *figur 12*, ska robotarna montera ihop produktionscellens slutprodukt. Utformningen av zonen är i huvudsak robot- och fixturgruppens uppgift, se avsnitt *1.1.1*. Det huvudsakliga kravet undertecknad kandidatgrupp ställer på den automatiserade zonen är att robotgruppen ska hämta produkten från två fixa positioner på transportbandet, alltså vid någon av hissarna i zonen. För fullständig kravspecifikation se *Appendix C*.

3.1.2 Semiautomatiserad zon

I den semiautomatiserade zonen ska det vara möjligt med interaktion mellan människa och robot. Här ska en montör till exempel kunna montera tillsammans med en robot vilket möjliggörs genom ett säkerhetssystem som anpassar robotarnas hastighet efter avståndet till människa. I denna zon ska det även vara möjligt att demontera moduler när transportbandet körs utan inverkan från den automatiserade zonen.

3.1.3 Manuell zon

Den zon som kallas manuell zon kan ses i *figur 12*. I den här zonen kommer den manuella delen av arbete i produktionscellen att utföras.

Den manuella zonen ligger så gott som helt utanför den säkerhetszon som skapas av den 3D-kamera som är monterad ovanför produktionscellen, se avsnitt *1.1.1.1*. Det är i den manuella zonen största delen av undertecknad kandidatgrupps arbete har utförts.

När det skulle fastställas om transportbanan skulle vara taktad eller otaktad är det

huvudsakligen utformningen av denna som är begränsande. Produkten sätter inte några direkta krav på om produktionen bör vara taktad eller otaktad. Dock så påverkar produktens komplexitet hur stationerna kan balanseras. Transportbanans utformning är begränsande för hur stationerna är placerade, i serie eller parallellt, och hur många stationer som kan finnas.

3.2 Produkten

I produktionscellen som upprättas är det tänkt att det ska produceras en bil i mindre skala. Bilen ska endast fungera i ett visuellt syfte och kommer alltså endast bestå av delar som uppfyller dessa egenskaper. Kandidatgruppen: *Design av Produktionscell* skall designa en produkt som passar till denna bil samt att produkten kan illustrera arbetet vid en manuell monteringsstation.

De krav som fanns på produkten som skulle passa i bilens kaross kom från PPU och bestod av komplexitets- och flexibilitetskrav. Vad som menades var att produkten behövde vara tillräckligt komplex och flexibel för att ett verkligt monteringsscenario skulle kunna iscensättas. Detta i linje med PPU:s mål med forskning på produktion. (Produkt- och Produktionsutveckling, 2012)

För att utveckla produkten på ett så effektivt sätt som möjligt har kandidatgruppen tagit hjälp av en virtuell utvecklingsmiljö. Detta i linje med moderna arbetssätt för produktframtagning för att minska utvecklingstid och i förlängningen utvecklingskostnad, se avsnitt 2.1.

För att montera produkten undersöktes två principiellt olika sätt. Antingen kunde bilens chassi färdas på transportbandet och montering av produkterna ske direkt på chassit. Alternativt monteras produkten separat på transportbanans slädar för att sedan monteras i bilens chassi. Från kandidatgruppen ställdes krav på hur bilens karossutförande skulle designas runt produkten. Dessa krav ställdes till fixturgruppen som ansvarar för karossens design och konstruktion.

Det var inte enbart komplexiteten på produkten som skulle monteras som det togs hänsyn till i utformningen av produktens konstruktion. Hänsyn togs även till hur en monteringsstations utformning praktiskt skulle påverkas av en större variantflora. För att tillgodose materialbehovet vid en större variantflora har olika materialfasader utvärderats. En ytterligare aspekt var hur monteringsinstruktioner skulle tillhandahållas vid montering. Det blir mer komplext desto fler varianter som finns, vilket ökar risken att göra fel.

3.3 Kvalitetssäkring

För att erhålla en slutprodukt med hög kvalitet bör varje steg i produktionen utformas på ett sådant sätt att möjligheterna till fel minimeras. Då det undertecknade kandidatarbetet levererar moduler till slutprodukten har fokus lagts på att kvalitetssäkra överlämningen mellan manuell och automatiserad zon. Detta innefattar att produkten överlämnas monterad på ett korrekt sätt och att rätt produkter överlämnas vid rätt tidpunkt.

Genom att arbeta med en produkt som bygger på standardiserade komponenter och en moduluppbyggnad minimeras risken för fel. Utöver produkten har det också strävats mot ett standardiserat arbetssätt vid monteringsstationen. Genom att kartlägga plockfrekvenser har rörelsemönstret hos montören kunnat optimeras, mer om detta under avsnittet 3.4.1.3. Även stationernas monteringsinstruktioner bygger på en standardiserad modell med hög användarvänlighet vilket ska bidra till att minimera risken för fel, se avsnitt 3.5.1.

En del i ledet att kvalitetssäkra slutprodukten är säkerställandet av att rätt produkt levereras vid rätt tidpunkt till den automatiserade zonen. Detta ställer krav på hur transportbanan styrs av styrsystemet. För att garantera att styrsystemet levererar rätt sekvens av transportslädar utnyttjas sensorer och RFID-läsare som är utplacerade längs banan, mer om deras placering i avsnittet 3.6.

3.4 Monteringsstationer

En del i produktionscellen är den manuella monteringen, vilken ställer krav på att det utformas stationer längs transportbanan vid vilka montörer kan montera en produkt. För att i framtiden också ha möjligheten att skapa en variation i monteringen så var det nödvändigt med flera stationer, detta så att möjligheten finns att kunna dela upp monteringen på olika stationerna på olika sätt.

Den huvudsakliga begränsningen för antalet monteringsstationer, hur monteringsstationerna kunde utformas och var de placerades låg i transportbanans och produktionscellens utformning. Varje monteringsstation utformades för att tillgodose materialkrav från produkten och ergonomikrav från montören, se *Appendix D*.

3.4.1 Materialfasad

I arbetet med att konstruera den materialfasad som passar produktionscellens syfte och förutsättningar bäst har ett antal alternativ övervägts. Banans utformning och önskemål från PPU påverkade hur val och konstruktion av materialfasad genomfördes. PPU hade önskemål om att inkludera ett materialställ av märket *Trilogic* i produktionscellen, se avsnitt 3.4.1.2. Det *Trilogic*-ställ som var avsett för cellen kunde dock inte utgöra materialställ för alla monteringsstationer, därför behövdes ytterligare ställ. På grund av det begränsade utrymme som fanns att tillgå för monteringsstationer så var det svårt att använda ytterligare *Trilogic*-ställ och därför var det nödvändigt att konstruera egna materialställ för dessa stationer.

3.4.1.1 Egendesignade materialställ

Utformningen av de egendesignade materialställen togs fram genom flera iterationer av olika konstruktionsförslag. En CAD-modell togs fram i *Autodesk Inventor* för att kunna kontrollera måttsättning och montering. För att kunna genomföra enklare funktionstester byggdes en modell av materialstället i kappa-board. Det gav möjligheten att visuellt utvärdera materialställets konstruktion och se att placeringen inte störde andra operationer vid transportbanan. Byggnationen av materialställen slutliga utförande genomfördes i Prototyplaboratoriet vid *Chalmers tekniska högskola*.

3.4.1.2 *Trilogiq*-materialställ

Trilogiq arbetar med att konstruera och sälja materialställ som ska möjliggöra arbete enligt Lean-principer inom produktion. Deras ställ är innovativt designade vilket medför att ett fåtal olika komponenter kan generera många olika materialställsutföranden, vilka kan användas till

monteringsstationer, lagringhållning samt transport av komponenter. Det ställ som PPU köpt in för att använda i produktionscellen var avsedda att användas som materialfasad.

3.4.1.3 Materialplacering

För att erhålla en bra materialfasad är det utöver materialställens utformning av stor vikt hur materialet placeras i ställen. Materialet ska vara lättåtkomligt och logiskt placerat för att minska risken för att montören gör fel och minimera tiden denne behöver för att genomföra sin uppgift, genom detta underlättas montörens arbete. När produktens utformning var bestämd, se avsnitt 4.2, genomfördes en plockfrekvensstudie av hur ofta olika komponenter plockades av montören vid montering av produkterna. Det analyserades per produkt hur många olika komponenter som behövdes. Montering sker dock med flera olika moduler på samma station, det påverkar då hur ofta olika komponenter plockas. Ett antagande om att alla olika moduler förekommer lika ofta gjordes, med den informationen kunde sedan en plockfrekvens per station sammanställas.

3.5 Monteringsinstruktioner

I projektet har fokus lagts på visuella monteringsinstruktioner, dvs. instruktioner som intas genom att studera bilder eller texter. Röststyrda monteringsinstruktioner tillämpas alltså inte, se avsnitt 1.4. För att hitta den instruktionstyp som är bäst lämpad för ändamålet har ett utkast på tre olika instruktionsmodeller, se *Appendix N*, fram. En instruktionstyp som baseras enbart på text, en som baseras på enbart film och en där en bildinstruktion kombinerats med en BOM-lista (Bill Of Materials). Instruktionsmodellerna har sedan utvärderats genom en monteringsstudie där en testgrupp på 23 personer har provmonterat modulerna enligt instruktionerna samtidigt som monteringstid, antal monteringsfel och ifall monteringsmomentet har upplevts som stressigt av montören har bokförts.

Oavsett vilken instruktionstyp som tillämpas i ett produktionssystem är det viktigt att instruktioner förmedlas till den berörda montören på ett så effektivt sätt som möjligt. För att hitta det interaktionsalternativ som är väl lämpat för produktionscellen har två olika typer tagits fram och utvärderats. En variant där instruktionerna presenteras på digitala skärmar och en där de presenteras i pappersform.

3.6 Styrsystem

Sensorernas utplacering och programmets utformning utvecklades i början parallellt. Detta för att sensorernas placeringen bygger på programmets utformning och programmets utformning begränsades av sensorernas placering. Sensorernas placering byggde också på vart monteringsstationerna var utplacerade, se avsnitt 4.4. Det fanns även önskemål från kandidatgruppen om att PLC-koden enbart skulle innehålla en timer för att underlätta strukturen.

Initialt upprättades en första sensorplacering på en pappersskiss. Denna gjordes i samband med att en första struktur till PLC-program stolpades upp. Med grund i dessa utkast monterades sensorer och stopp upp på Transportbanan. Ett PLC-program skrevs och optimerades genom metoden trial-and-error.

Den största utmaningen var att få RFID-systemet att fungera som önskat. Idealt var om de materialbärande slädarnas ID listas i ett register vilket vid överlämningen till robotarna kontrollerades för att rätt produkt skulle levereras. Denna del av programmet var den som behövde vara mest flexibel då den skulle kunna hantera att slädarna kom i oordning.

3.7 Produktionsförluster

För att mäta produktionsförluster filmades en montör i produktion. Samtliga nio varianter filmades och filmerna analyserades sedan i AviX. Det är en videobaserad mjukvara för att stödja produktionstekniskt arbete (Avix, 2011) där varje arbetsmoment delades in i tre kategorier: förlust, hantering och värdeadderande tid. Förlust definierades som den tid montören kollade på instruktionsskärmen. Hantering definierades som den tid montören sträckte sig efter legobitar. Värdeadderande tid räknades som den tid montören monterade legobitar direkt på bottenplattan men även i delmontage av legobitar. Av dessa kategorier definierar kandidatgruppen förlust och hantering till hanteringstid. Värdeadderande tid definieras till just värdeadderande tid. Summan av alla tider från kategorierna ger en total tid på hur lång tid varje variant tar att montera. Erfarenheten hos montören i studien kan beskrivas som medelmåttlig.

4 Resultat

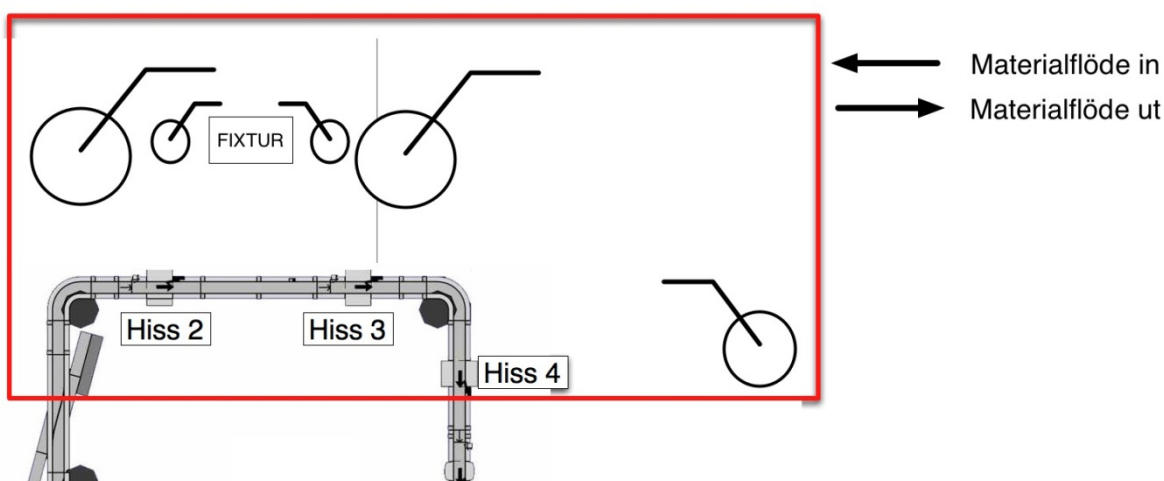
En stor del av resultatet från undertecknat kandidatarbete består i den fysiska produktionscell som upprättats inne i PPU-laboratoriet. Där finns fysiska och skalenliga modeller av monteringsstationer, materialställ och materialfasader. Arbetet som handlat om att ta fram styrsystem för transportbanan och instruktionsmodeller finns att tillgå genom Hans Sjöberg² och Tommy Fässberg³ på *Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling* på *Chalmers tekniska högskola* samt delvis i *Appendix J* och *Appendix L*. Avsnittet nedan presenterar mer ingående de delresultat som uppnåtts under kandidatarbetets gång.

4.1 Produktionscellen

Nedan beskrivs de resultat som kandidatgruppen kommit fram till beträffande produktionscellens utformning och funktion i de tre olika delarna: automatiserad zon, semiautomatiserad zon och manuell zon.

4.1.1 Automatiserad zon

Den automatiserade zonen i produktionscellen genomförs slutmonteringen av bilen som produceras. Det innebär att ett antal robotar sätter i moduler i bilen och monterar ihop bilens kaross. I zonen finns det totalt fem robotar varav fyra arbetar med att montera bilen. Det finns två mindre robotarna som genomför en simulerad svetsning av karosdelarna för att illustrera hur bilen sammanfogas. De två större robotarna genomför montering av moduler och kaross. Två AGV:er levererar karosdelar till produktionscellen genom en port och stannar vid en avlämningsdocka där en robot hämtar materialet. Sedan monteras karossen i en fixtur som konstruerats av fixturgruppen. Modulerna levereras på transportbandet och två hissar används för att hissa upp modulerna till arbetshöjd för robotarna och fixera modulernas position. En fix position krävs för att robotarna ska kunna lokalisera modulerna och sedan greppa dem med sitt verktyg. Det är endast i hissarna som en fix position kan garanteras på transportbanan. Totalt finns det två hissar på transportbanan som ligger i den automatiserade zonen, båda används som överlämningspositioner, se *figur 13*.



Figur 13 - Översiktsbild för den automatiserade zonen

² Hans Sjöberg, Research Engineer vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling

³ Tommy Fässberg, Doktorand vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling

4.1.2 Semiautomatiserad zon

I denna zon vill hög flexibilitet uppnås därför ska även transportbanan kunna köras helt frikopplad från robotarna, det har därför implementerats i PLC:s kod och styrs av en enkel knapptryckning. Vid frikopplad körning sker demontering av moduler här och sedan levereras material tillbaka till monteringsstationerna.

För att människa och maskin ska kunna samverka har ett säkerhetssystem köpts in och installerats. Systemets ögon är en kamera som bevakar om det finns någon person i zonen. Om så är fallet ska robotarna arbeta långsammare desto närmare robotarna personen rör sig, för att stanna helt när ett visst avstånd uppnås, det för att undvika personskador. Zonen kommer främst användas när endast den manuella zonen körs frikopplad från den automatiska.

4.1.3 Manuell zon

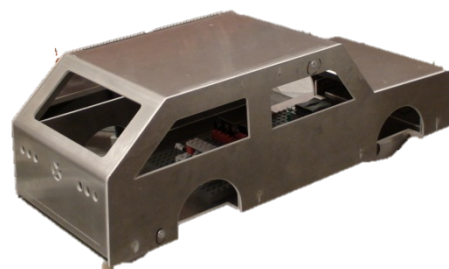
Efter att ha beaktat de olika faktorer som påverkar huruvida det bör vara taktad eller otaktad montering beslutades att den bör vara taktad. Beslutet grundas dels i att varje station kommer att göra hela monteringen på den produkt som byggs. En taktad lina gör det då möjligt att fördela de produktbärande slädarna på ett sådant sätt att stationerna får tomma slädar att montera på i samma skede. Dessutom kommer de färdigmonterade produkterna att komma i rätt ordning för överlämningen till den automatiserade zonen. Transportbanans utformning gör det omöjligt att sända färdigmonterade produkter förbi en station där montering pågår. Därför hade banan blivit mer eller mindre taktad även om stationerna monterade otaktat. Valet faller alltså på en typ av taktad lina som är en sorts mix av typ 1 och typ 2, se avsnitt 2.2.

4.2 Produkten

Karossen till den bil som produktionscellen ska producera är designad av fixturgruppen, se avsnitt 1.1.1. Bilen är 500x200 [mm] och består av ett chassi, två sidor och ett tak, se *figur 14 och 15*. De krav som ställs mot fixturgruppen är att tre stycken moduler ska kunna monteras i chassit och volymmässigt få rum i karossen.



Figur 14 - Färdig kaross, framifrån



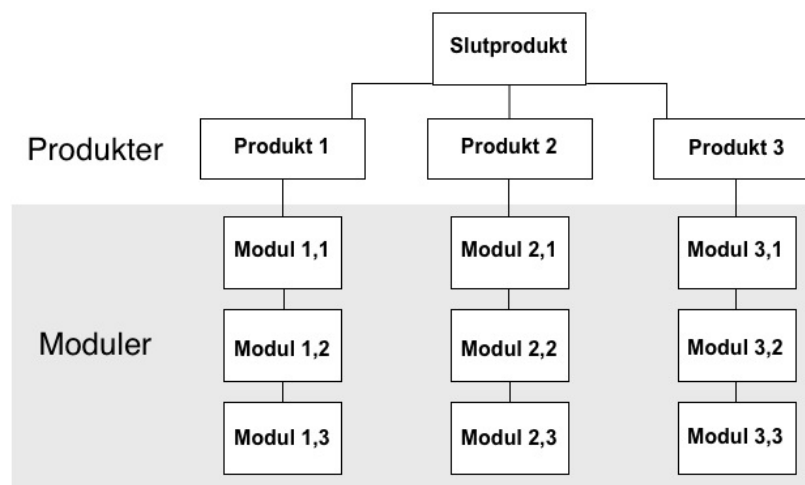
Figur 15 - Färdig kaross, bakifrån

4.2.1 Moduler

För att möta komplexitetskrav på monteringslinan ska tre produkter tillverkas. Varje produkt finns i sin tur i tre olika moduler, se *figur 16*. Detta ger upphov till ett visst antal möjliga varianter:

$$\text{Antal möjliga varianter} = 3^3 = 27 \text{ st}$$

Variationsfloran på 27st varianter och en monteringslina med flera olika produkter anses av uppdragsgivaren tillräckligt komplex för att representera en verklig monteringsituation. Samtidigt som komplexitetsgraden är rimliga inom tids-ramarna för kandidatarbetet.

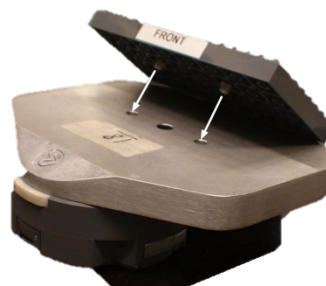


Figur 16 - Strukturträd över produkt och moduler

Alternativet att montera produkten direkt på bilens chassi, se avsnitt 3.2, avfärdats på grund av att chassits storlek ej är anpassad efter transportbanan. Chassits dimensioner är för stora på både längd och bredd vilket leder till att den fastnar i svängar samt att transportbanans hissar ej går att använda som de är tänkta. Hela transportbanans funktion är anpassad efter de slädar som redan finns tillhandahållna. Detta leder till insikten att produkten måste vara anpassad till dimensionerna på en släde, 160x160 [mm]. Lösningen blir att montera en bottenmodul på släden som är anpassad efter dess dimensioner, se figur 17.



Figur 17 - Bottenmodul monterad på släde



Figur 18 - Visar hur bottenmodul ska monteras på släde

Bottenmodulen placeras på släden av montören. Den fixeras i rätt position på släden genom att två stycken styripinnar ska passas ner i två hål på släden, se figur 18. Styrpinnarna sitter inte centrerade under bottenmodulen och därför skulle bottenmodulerna kunna monteras på två olika sätt. För att undvika detta har en etikett klistrats på bottenmodulerna, se figur 18. Att fixera en bottenmodul på slädarna ger inte bara fördelen att transportbanans alla funktioner kan utnyttjas utan även att det underlättar robotgruppens arbete med att styra robotrörelserna då en specifik position alltid garanteras. En specifik position betyder att ett och samma

rörelsemönster alltid kan användas samt att samma robotverktyg alltid kan användas. Standardisering är på så sätt ett steg i att kvalitetssäkra slutprodukten då risken att göra fel minskar (Liker, 2004).

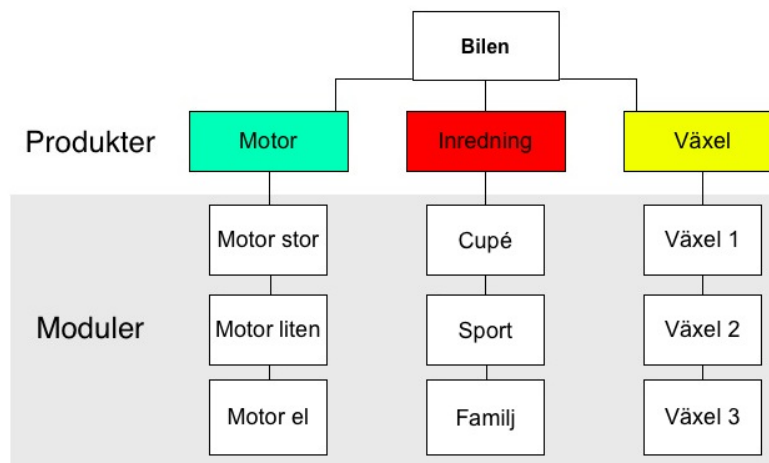
4.2.2 Byggmaterial

För att tillverka en produkt som erbjuder komplexitet och flexibilitet används Lego som konstruktionsmaterial. Projektgruppen använder Lego av flera anledningar:

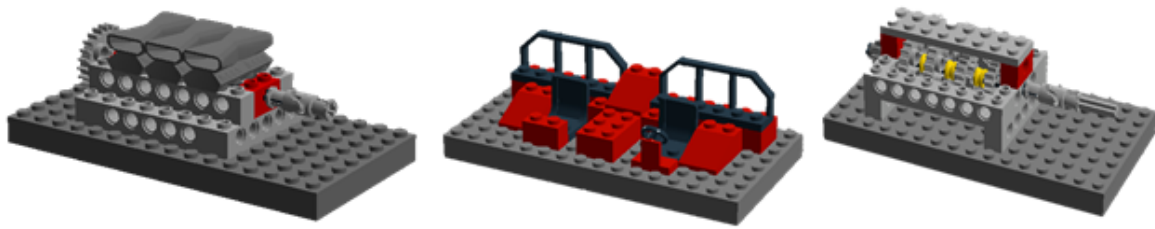
- Lego erbjuder stor variansrikedom då få standardbitar kan monteras ihop på olika sätt.
- Inlärningstiden för en montör kommer minska då Lego är känt och intuitivt för de allra flesta. Vilket leder till att produktionsförlusterna minskar (Rubenowitz, 2004).
- Lego går att montera och demontera utan externa verktyg.
- Billigt material.
- Lego ger möjligheter att enkelt bygga visuella produkter.

4.2.3 Modulutformning

För att utveckla hur de olika produkterna ska se ut och konstrueras används Legos egna program Lego Developer. En programvara som används för att bygga virtuella legomodeller. I programmet finns hela Legos bibliotek på legobitar. Eftersom det är en bil som ska produceras i produktionscellen, se avsnitt 3.2, representerar produkterna väsentliga delar i en bil nämligen motor, inredning och växellåda. Detta i syfte att montören i större utsträckning ska kunna identifiera sig med sin arbetsuppgift och känna ansvar för kvalitén hos slutprodukten (Rubenowitz, 2004). Se *figur 19* som illustrerar strukturträd för produkter och moduler samt *figur 20* för exempel av produkter.



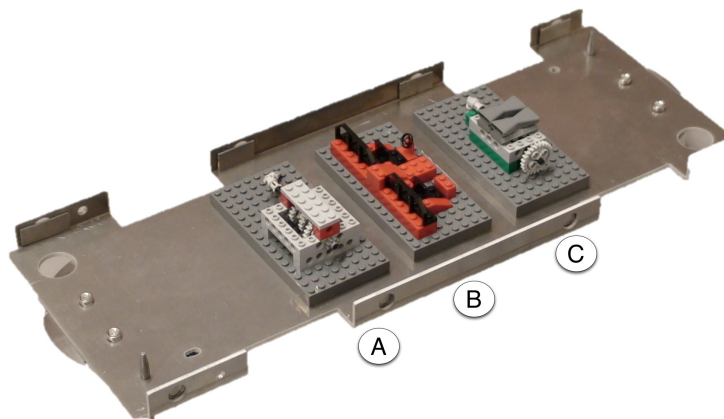
Figur 19 - Strukturträd över produkter och moduler



Figur 20 - Exempel på utformning av produkterna: motor, inredning och växellåda

Varje motor, inredning och växellåda finns i tre olika moduler och består av 15-20 legobitar, se *Appendix G*. De olika modulerna har olika svåra monteringsmoment för att öka variationen och svårighetsgraden i monteringen. Denna variation i monteringsmomentet lämpar sig för analys av balanserings- och hanteringsförluster, se avsnitt 2.3. För dimensionskrav på modulerna se *Appendix C*.

Modulerna monteras på transportbanans slädar och transporteras in i den automatiserade zonen. Där monterar robotarna modulerna i bilens chassi. För ett exempel på färdigmonterade moduler i bilens chassi se *figur 21* nedan:



Figur 21 - Moduler monterade i bilens chassi

Förklaring till *figur 21*:

- A. Monteringsplats för modul *Växel 3*
- B. Monteringsplats för modul *Inredning sport*
- C. Monteringsplats för modul *Motor el*

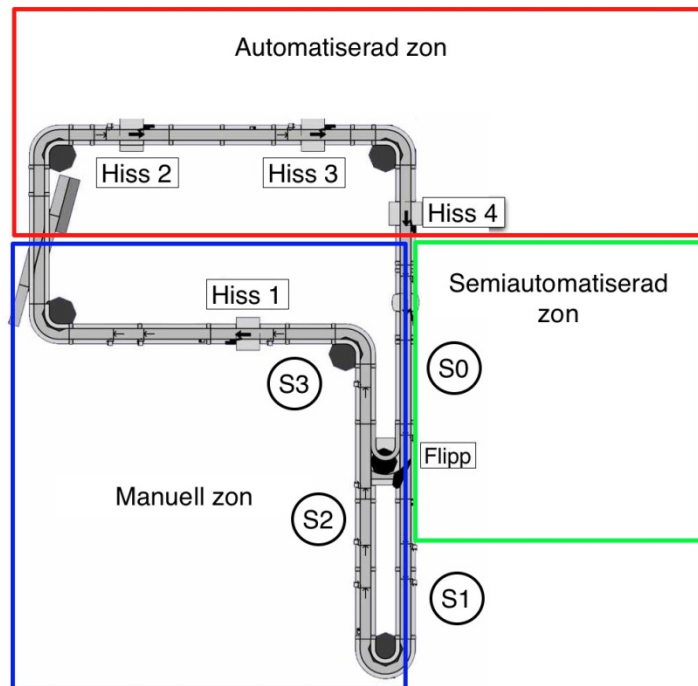
4.3 Kvalitetssäkring

Arbetet vid produktionscellen har genomsyrats av ett kvalitetstänk där fokus legat på att leverera rätt saker i rätt tid med en hög kvalitet. För att åstadkomma detta har en kontrollstation upprättats längs banan samtidigt som styrsystemet har programmerats för att garantera att rätt produkt levereras vid rätt tidpunkt till den automatiserade zonen, se avsnitt 4.6.1.

För att kontrollstationen ska fylla sin fulla funktion och kunna kvalitetssäkra alla produkter som överlämnas till den automatiserade zonen har denna station placerats vid hiss H1 efter monteringsstation S3, se figur 22. Vid stationen är tanken att det ska finnas möjlighet till att justera produkter som märkts med status *inte klar* vid montering. Stationen är uppbyggd kring hiss H1 vilket ger möjligheten att höja upp de slädar som blivit märkta samtidigt som icke märkta slädar kan passera under. Detta är fördelaktigt då produktionen kan hållas vid liv även om justeringar och kontroller måste utföras.

4.4 Monteringsstationer

Transportbanan har tre manuella monteringsstationer utplacerade i den manuella zonen. För att skapa en produktionscell som är maximalt flexibel är många manuella stationer en fördel, då variationsmöjligheterna ökar. På grund av att det vid varje station behövs ett visst rörelseutrymme för montören och det krävs plats för att kunna ha material vid stationerna, kunde transportbanan maximalt ha tre manuella stationer exklusive en kontrollstation. Stationerna benämns i fortsättningen S1, S2 och S3, se figur 22. En fördel med att inte ha för många stationer är att man kan minska balanseringsförlusterna längs linan, se avsnitt 2.3. En ytterligare fördel med att mer arbete görs på samma station är att montören i större utsträckning känner arbetstillfredsställelse i form av att montera klart en hel modul (Rubenowitz, 2004).

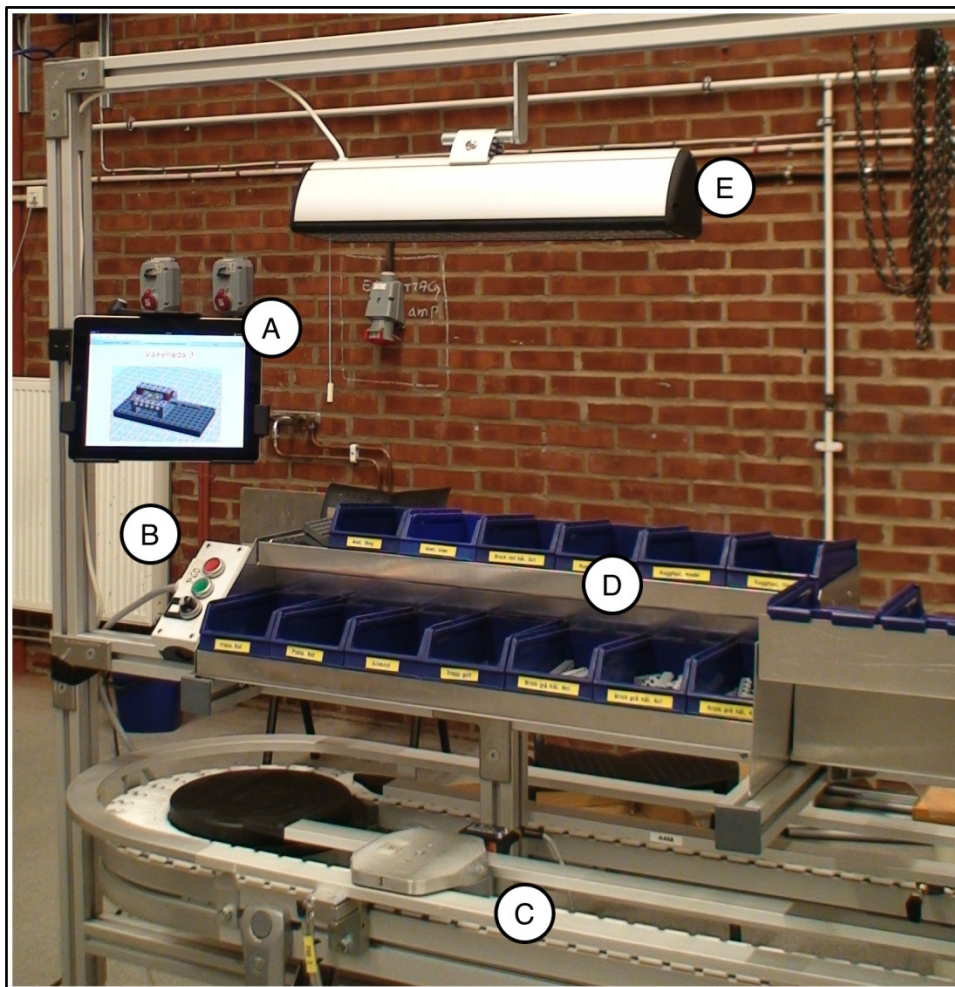


Figur 22 - Stationsplacering på transportbanan

Ett krav som ställts på den manuella zonen från PPU, är att det ska finnas möjlighet att genomföra all montering av moduler på en av stationerna. Den enda plats längs linan som har utrymme att ha allt material är där station S3 har placerats. Där finns det plats att ha ett större ställ i mitten av transportbanan, här placeras Trilogic-stället. Station S1 och S2 placeras längs utlöparen på transportbanan. Denna del behöver inte användas vid montering på endast en station på grund av att dessa stationer sitter efter flippern som kan fördela produkterna till olika vägar. Därför var det lämpligt att placera S1 och S2 här för att kunna köra transportbanan utan deras inblandning.

Ingen station placeras i den semiautomatiserade zonen därför att om en människa befinner sig i zonen arbetar robotarna långsammare eller till och med stannar beroende på hur nära robotarna människan befinner sig. Station S1 har placerats precis utanför den semiautomatiserade zonen av denna anledning. Då materialställen, av ergonomiska skäl valts att placeras framför montören och därmed tar upp plats över transportbanan är det inte möjligt att ha två stationer mittemot varandra. Därför har station S2 placerats precis innan flippern på utlöparen bredvid materialstället från station S1.

Varje station är utformad för att möjliggöra en smidig montering. Totalt finns det tre stationer som har ett liknande utförande, varav två är speciellt lika. De två är de med ett materialställ som är egendesignat för monteringsstationen. För exempel på utformning av en monteringsstation med egendesignat materialställ se *figur 23* nedan:



Figur 23 - Utformning av monteringsstation med egendesignat materialställ

Förklaring till *figur 23*:

- A. Instruktionsskärm – Pekskärm med hållare där monteringsinstruktioner förmedlas.
- B. Knappdosa – Knapp för att meddela styrsystemet om kvalitetsbrister hos monterad produkt.
- C. Monteringsplats – Plats där släde stannar och montering av modul sker.
- D. Materialfasad – Materialställ med lådor som komponenter placerats i.
- E. Belysning – Lampa för belysning av monteringsplats och materialfasad.

4.4.1 Materialfasad

För att kunna förse monteringsstationer med material beslutas att materialställ ska konstrueras till station S1 och S2. Vid station S3 kommer ett befintligt Trilogic-system ställas efter önskemål från PPU. Varje produkttyp består av max 14 unika delar och därför utformas materialställena för att kunna tillhandahålla material till en produkttyp. För att exponera materialet framför montören används en plastlåda med dimensionerna 170x105x75 [mm] tillverkad i polypropen.



Figur 24 - Materiallåda

4.4.1.1 Egendesignade materialställ

Materialstället är placerat framför montören då detta är ergonomiskt bäst ur montörens synvinkel (Freivalds, 2009). Det har två våningsplan för att material ska kunna placeras nära montören och förenkla monteringsarbetet. Det bidrar också till att korta ner tiden för ett moment. Vid arbete har montören sina armar vinklade i 90 grader, vilket är ergonomiskt fördelaktigt (Freivalds, 2009).

Materialstället är byggt i aluminium och sammanfogat med popnit, se *figur 25*. Aluminium valdes för att det passar in utseende mässigt bland produktionscellens övriga utrustning. Det är även en metall med låg densitet, goda korrosionsegenskaper och hög hållfasthet. Det behövs därför att det måste klara den belastning som materialet ger samtidigt som det inte ska belasta ställningen för mycket och även klara miljön det är monterat i. Totalt består stället av fyra delar varav tre är unika. Det är fäst i en ställning av aluminiumprofiler som också större delen av utrustningen på monteringsstationen är fäst vid. Beräkningar på materialställets hållfasthet gjordes ej då det ansågs överflödigt på grund av tjockleken på materialet, 2 mm, kontra den relativt låga lasten. Funktionstester visar att materialstället klarar belastningen som kan uppkomma vid användning. Det testades genom belastning av material och tryckkraft från montör.



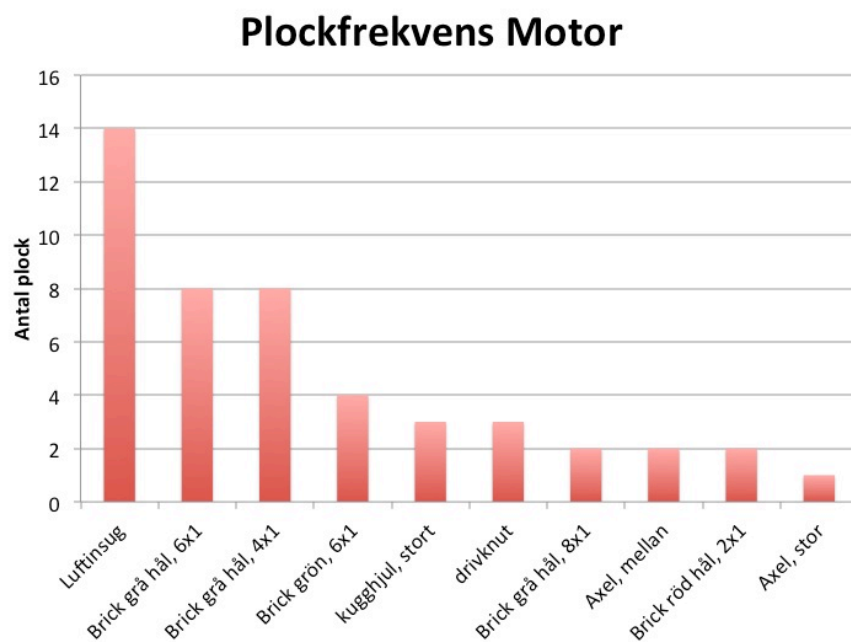
Figur 25 - Egendesignat materialställ i aluminium

4.4.1.2 Trilogic-materialställ

Materialstället skapades för att kunna rymma komponenter till alla varianter av moduler. Detta på grund av att vid station S3, där Trilogic-stället är placerat, så ska möjligheten att montera alla moduler finnas. Trilogic-stället har 24 materialplatser för de 24 olika komponenterna. Då stället är av modulär karaktär går det lätt att utvidga eller omkonstruera om det skulle krävas av framtida användare.

4.4.1.3 Materialplacering

Varje moment som montören genomför innefattar ett avstånd som resulterar i en belastning på montören och en tidsåtgång i produktionen. Båda effekterna av ett moment har försökts minimeras. För att minska belastningen på montören strävas det mot att skapa små och korta rörelser. Därför analyserades hur hög plockfrekvens varje komponent har, se *figur 26* Komponenter med hög plockfrekvens placeras lämpligen mitt framför montören där det blir kortast rörelse och är ergonomiskt bäst (Freivalds, 2009).



Figur 26 - Plockfrekvensstudie för komponenter hos produkten motor

För att även minska risken för att fel uppstår i monteringen strävas det mot att komponenterna placeras i logisk följd både för monteringsordning och komponentens utseende. En sammanvägning av de båda faktorerna gjordes och en materialplacering skapades. Nedan visas materialplaceringen för monteringsstation *Motor*, se *figur 27*. Komponenter som är lika varandra och endast varierar i storlek grupperas och placeras i storleksföljd snarare än plockfrekvens, vilket blir logiskt för montören. Övriga plockfrekvenser och materialplaceringskartor finns i *Appendix A och Appendix B*.

Materialplacering Motor

Modulplatta	Axel, lång	Axel, medel	Kugghjul, stor	Drivknut	EMPTY	EMPTY
Brick röd hål, 2x1	Brick grön, 6x1	Luftintag	Brick grå hål, 4x1	Brick grå hål, 6x1	Brick grå hål, 8x1	EMPTY

Mot montör

Figur 27- Materialplacering för monteringsstation *Motor*

4.4.2 Monteringsinstruktioner

Valet av instruktionstyp för monteringsinstruktionen baseras på resultatet av monteringsstudien som presenteras nedan i *tabell 1*. Instruktioner som enbart är uppbyggda av text visade sig svåra att följa främst vad gäller positionering av komponenter. Följderna av detta blir långa monteringsstider och stor risker för felmonterade komponenter.

Instruktionstyp	Tid	Kvalitetsfel	Stressigt
Text	04:17	82,6%	13,0%
Film	02:01	39,1%	60,9%
Lego	01:22	4,3%	17,4%

Tabell 1 - Resultat av monteringsstudie

Instruktionstypen i form av filmsekvenser ger en väldigt tydlig bild av i vilken sekvens komponenter ska monteras. Följden blir att antalet fel är lågt i förhållande till textinstruktionen. Dock kräver instruktionstypen mycket fokus av montören. Missar montören något element eller hamnar efter den satta takten som råder i filmsekvensen är det inte

ovanligt att testmontören upplever monteringsmomentet som stressigt, se *tabell 1*.

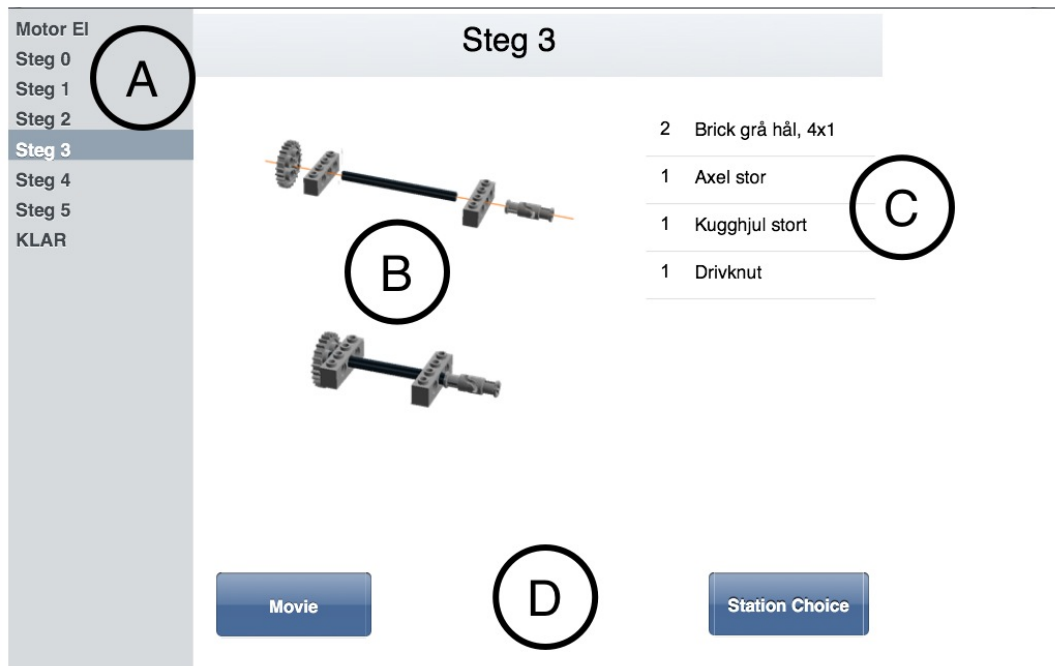
Den tredje instruktionstypen, kombinationen mellan instruktionsbild och BOM-lista visade sig vara bäst lämpad enligt resultatet från monteringsstudien, se *tabell 1*. Flertalet provmontörer upplevde också att de hade större kontroll över monteringsituationen då de själva har möjligheten att välja ner de ska ta sig vidare till nästa moment. Alltså kan tiden för varje enskilt monteringsmoment anpassas till varje monteringsituation även om taktiden hålls till den samma varje gång. En stor anledning till att instruktionstypen lämpar sig väl är att materialet som monteras är Lego. Instruktionens layout grundar sig på Legos bygganvisningar som är anpassade för personer från tre år och uppåt vilket tyder på ett pedagogiskt upplägg. Fortsatt i rapporten kommer denna layout att benämnas Lego-layouten, se avsnitt 4.4.2.2.

4.4.2.1 Informationsinteraktion

En informationsinteraktion som är flexibel lämpar sig ypperligt för produktionscellen där omställningar kommer att ske på regelbunden basis. Monteringsinstruktionerna kommer att förmedlas till montören vid stationerna via en iPad, en 9,7 tums stor skärm med touchfunktion. På varje skärm kommer sedan ett GUI (Graphical User Interface) att visas med monteringsinstruktionerna, mer om detta i avsnitt 4.4.2.2. Kommunikationen mellan skärmarna och cellens övriga delar sker via ett nätverk, mer om detta under avsnittet 4.5.

4.4.2.2 Lego-Layouten

Som konstaterats ovan i avsnittet 4.4.2 valdes en instruktionstyp där en bild kombineras med en BOM-lista. Bilden har placerats uppe i vänster hörn på instruktionen. På så vis kan montören på ett snabbt och effektivt sätt få en uppfattning av vad som ska monteras och hur det ska monteras i den aktuella sekvensen. Som ett stöd till sekvensbilden finns till höger om denna en BOM-lista. För att hålla mängden information som ges till montören i BOM-listan på en lagom nivå, visas enbart vilken komponent och vilket antal av komponenten som ska monteras. Det anses viktigt att hålla informationsbelastningen på en lagom nivå för att undvika en hög arbetsbelastning. Om montören trots informationen från bilden och BOM-listan känner sig osäker på hur momentet ska utföras finns valmöjligheten att genom en knapptryckning få se en filmsekvens för det aktuella monteringsmomentet, se *figur 28*. När montören vill navigera mellan instruktionens olika steg finns valmöjlighetens att välja steg i navigationsfältet. Genom en knapptryckning iscensätts en svepande rörelse vilket indikerar för montören att ett stegbyte har skett. För att se komplett monteringsinstruktioner för exempelmodul se *Appendix L*.



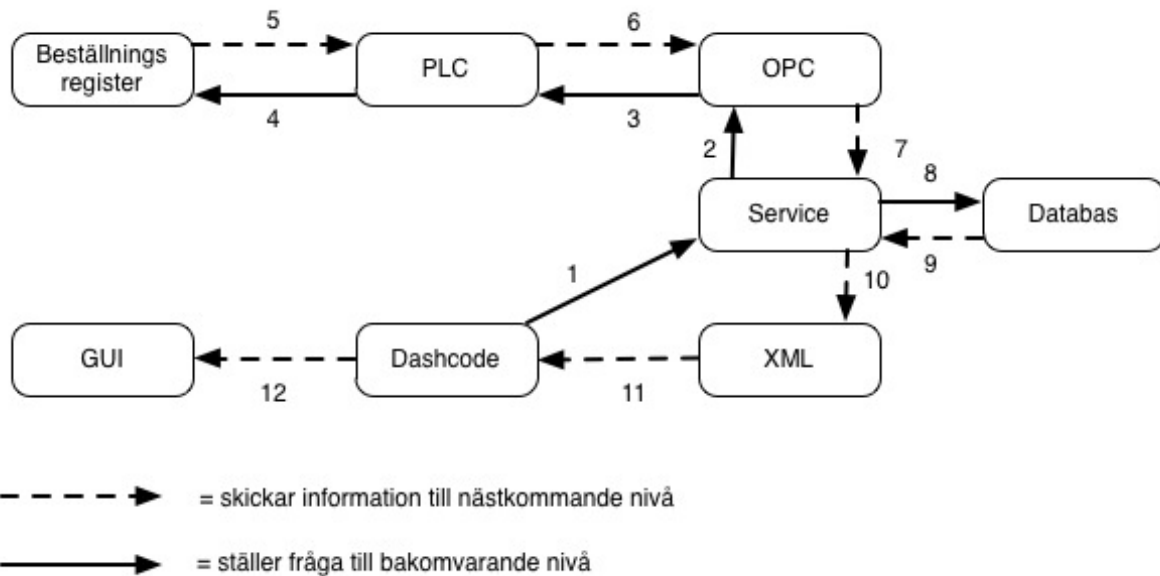
Figur 28 - Layout exempel på monteringssekvens

Förklaring till *figur 28*:

- A. Navigeringsfält – här trycker montören för att bläddra mellan de olika monteringsstegen.
- B. Bild av vad som ska monteras i denna sekvens.
- C. BOM-lista.
- D. Knappar – filmsekvens- och stationsval

4.5 Informationsstyrning

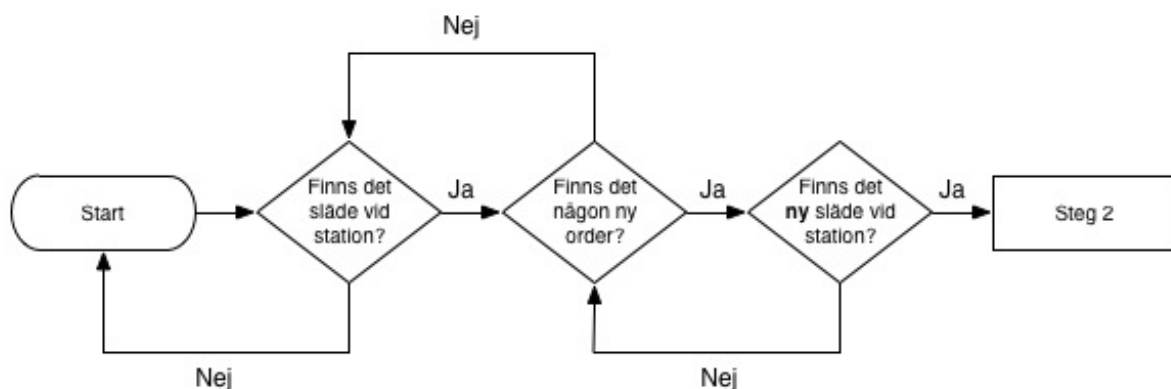
För att en montör ska få rätt monteringsinstruktion på sin pekskärm i rätt tid krävs en hel del koordination av informationen i produktionscellen. Därför har kandidatarbetet utformat ett informationssystem som styr detta.



Figur 29 - UML över en cykel i informationssystemet

Här följer ordningen i steg 1-12 för en cykel i informationssystemet:

1. För att kunna skapa ett GUI på de digitala pekskärmarna används programvaran Dashcode. Dashcode skapar en webapplikation som skärmarna kommer åt genom internet. För att Dashcode ska veta vilken monteringsinstruktion som ska visas på pekskärmen är den kopplad till en webserver, som är fylld med information om monteringsinstruktioner. Jon Andersson⁴ har skapat denna webserver åt kandidatgruppen. Det dashcode gör är att fråga tre frågor till webservern:



Figur 30 - BPMN för beslutsprocess i en informationscykel

⁴ Jon Andersson, Doktorand vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling

2. För att webservern ska få kontakt med styrsystemet i produktionscellen och genom detta veta vilken modul som ska tillverkas används en OPC-server (Object linking and embedding for Process Control). Det en OPC-server gör är just att den kopplar ihop information mellan olika delar av produktionscellen. OPC:n översätter många olika dataspråk till ett som många klienter kan läsa. Vilket då gör att hög flexibilitet i systemet kan åstadkommas och processerna inom cellen fungerar väl tillsammans. Steg 2 i bilden ovan, se *figur 29*, är att webservern frågar OPC-servern om ny monteringsinformation finns.

3. För att styra hela produktionscellen används en PLC (Programmable Logical Controller). PLC är ett programmerbart styrsystem som används inom automation, till exempel för att styra en monteringslina. I steg 3 frågar OPC-servern PLC:n om ny information med vad som ska monteras finns.

4. I PLC-koden finns ett register inprogrammerat med monteringsinformation. PLC:n berättar alltså vilken modul som ska byggas på vilken släde. När PLC:n får frågan om ny monteringsinformation finns går den in i sitt register och läser av vilken modul det är som ska monteras på vilken släde.

5. PLC:ns register skickar informationen om vilken modul som ska monteras på vilken släde.

6. Nu har PLC:n information om vilken modul som ska monteras på vilken släde. Som sagts tidigare för att denna information ska kunna komma till pekskärmen används en OPC-server som gör om monteringsinformationen till ett format som många olika klienter kan läsa. I steg sex skickar PLC:n monteringsinformationen till OPC-servern.

7. Information om vilken modul som ska monteras på vilken släde skickas vidare från OPC-servern till webservern.

8. Kopplad till webservern finns en databas som innehåller all information som krävs för ett monteringsmoment, i form av bilder och text på bestämda platser. När OPC-servern har skickat informationen om vilken modul som ska monteras vet webservern på vilken plats i databasen som det finns relevant monteringsinformation. Steg 8 är att webservern frågar databasen vilken monteringsinformation som finns på de platser i databasen webservern är intresserad av.

9. Databasen skickar monteringsinformationen som webservern har frågat efter.

10. För att Dashcode ska kunna läsa monteringsinformationen som finns på webservern bygger webservern en XML-struktur. En XML-struktur är ett universellt format för hur dokument byggs upp. Med hjälp av denna struktur kan data utbytas mellan olika informationssystem.

11. Webservern skickar XML-strukturen till Dashcode

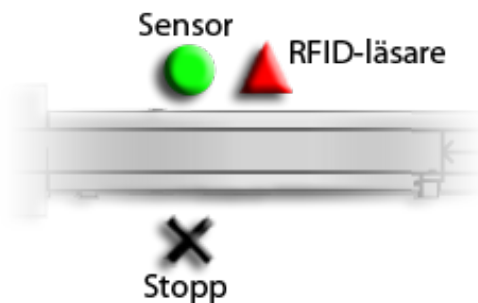
12. Dashcode läser XML-strukturen, som nu innehåller rätt monteringsinformation, och bildar det GUI som används på pekskärmarna.

4.6 Styrssystem

PLC-programmet är väldigt enkelt och är gjort för att verkligen säkerställa att transportbanan kommer att snurra i slutet av kandidatarbetet.

4.6.1 Sensorplacering

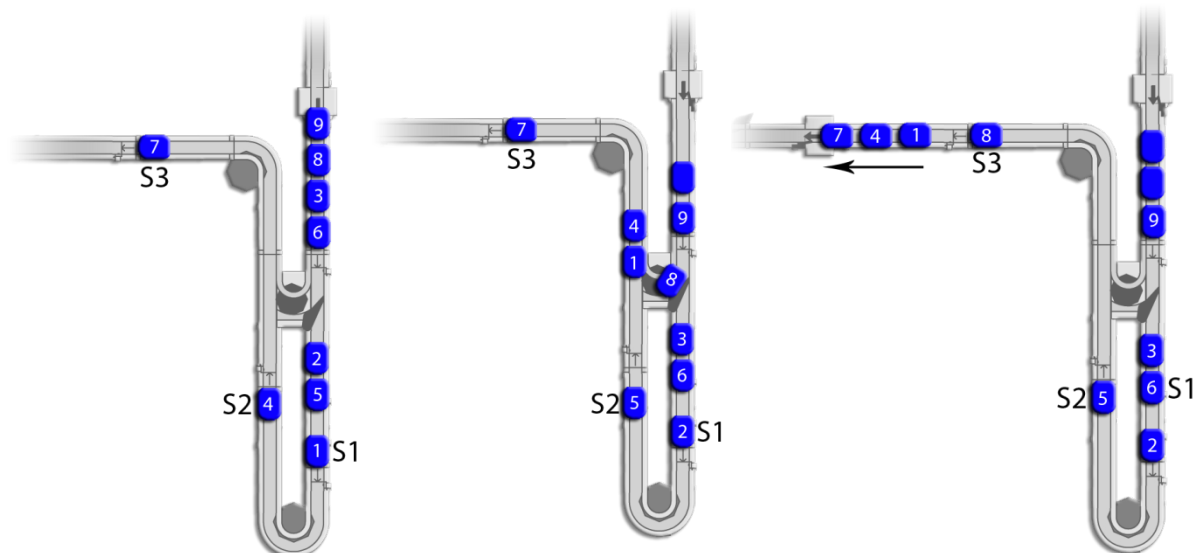
Totalt på banan finns 14 induktiva sensorer, sju RFID läsare och nio stopp utplacerade. Av dessa är fyra induktiva sensorer och stopp inkluderade i de fyra hissarna och har därmed förbestämda positioner. De övriga är utplacerade enligt målet att endast behöva en timer i styrsystemet, den timern som styr takttiden och är kopplad till stoppet på station S1. Alla stationer, med undantag för station S0, har samma utformning vad gäller placering av sensorer, läsare och stopp, se *figur 31*. I stycket nedan kommer sensorer, läsare och stopp betecknas enligt de variabelnamn vilka står specificerade i variabellistan, se *Appendix I*.



Figur 31- Sensorplacering på en monteringsstation

4.6.2 Systemlogik

Begynnevillkoren vid start av en taktcykel ser ut enligt *figur 32*. När en cykel startar töms buffertzonen vid station S1, samtidigt som station S0 matar på med två nya slädar och fyller på bufferten. Även stoppet vid station S1 öppnar och skickar vidare släden. Av de två slädarna från buffertzonen fortsätter släde 5 mot station S2 och släde 2 stannar vid station S1 i väntan på montering. När släde 1 passerar S2_IS1 öppnar S2_ST1 och släde 4, vars produkt monterades i förra taktcykeln, fortsätter på bandet. Samtidigt öppnar S0_ST1 som endast släpper igenom släde 8 och tar den kortare vägen, via flippern, direkt till station S3. Se *figur 33*. När släde 8 åker förbi S0_IS2 stänger flippern och S3_ST1 öppnar upp för släde 7, 4 och 1. När släde 1 passerar S3_IS1 stänger S3_ST1 igen och släde 8 stannar på station 3 för montering, därmed har station S1, S2 och S3 fått nya slädar att arbeta på. Se *figur 34*.



Figur 32 - Systemlogik innan cykel

Figur 33 - Systemlogik under cykel

Figur 34 - Systemlogik avslutad cykel

Om en produkt inte blir färdigmonterad under en taktcykel, trycker montören på en röd knapp för att anmäla att en ofullständig produkt finns i rörelse på bandet. Kontrollanten vid hiss 1 blir då uppmärksam på problemet genom att en knapp lyser rött vid kontrollstationen. Systemet går då in i felsökningsläge och stationen vid hiss 1 läser då av varje förbipasserande släde tills den felaktiga släden har identifierats. Hiss 1 lyfter då upp den felaktiga släden och kontrollanten bygger klart produkten. När produkten är klar kvitterar kontrollanten med grön knapp och hiss 1 åker ned och släden fortsätter på bandet mot röd zon. Proceduren upprepas tills alla felaktiga slädar är åtgärdade.

För att styrsystemet ska hålla reda på vilken produkt som ligger på vilken släde, har en typ av register skapats i PLC:n. Registret består av ett antal arrayer som kopplar släde nummer till produkt nummer och håller reda på orderkön. Avstämningen från den fysiska miljön till styrsystemet sker med hjälp av RFID läsare. Vid avläsning från en släde skickar läsaren ett nummer mellan 1 och 21 till PLC:n, vilket representerar slädens faktiska nummer. När läsaren inte känner av en släde returnerar den värdet 0. Den siffran används till indexeringen av en array, vars värde innehåller ett nummer, mellan 0 och 9, som representerar vilken produkt som finns på släden. Värdet 0 symboliserar en tom släde. När en släde stannar vid stationerna 1, 2 och 3 läser RFID läsaren av slädens nummer och skickar det till en funktion som matchar släden och dess värde med orderlistan. Beroende på vilken station släden befinner sig vid, tilldelas arrayen för slädarna det värde som beskriver produkten (1-3 för station 1, 4-6 för station 2 och 7-9 för station 3).

När slädarna åker in i automatiserade zonen stannar de vid hiss 2 för avstämning. En funktion kollar, med hjälp av registret, om det är någon av de tre slädarna som står på tur för slutmontering i en bilkaross. Efter bekräftelse från ordersystemet kollar funktionen om hiss 2 är ledig. Om så är fallet åker släden upp i hiss 2 och en robot lyfter produkten från släden till karossen, vilket kvitteras mot orderlistan. Om hiss 2 är upptagen kollar funktionen om hiss 3 är ledig. Om så är fallet skickas släden till hiss 3 och en robot lyfter sedan produkten från släden. Om både hiss 2 och hiss 3 är upptagna väntar släden framför hiss 2 tills någon av hissarna är lediga. När en släde fått produkten avlyft åker hiss 2 ner och släden fortsätter mot station S0. Efter att de tre aktuella produkterna i orderlistan blivit slutmonterade i karossen och robotarna kvitterat, flyttar pekaren i orderlistan ned ett steg och nästa order behandlas. Om funktionen finner en släde vid hiss 2 som inte tillhör aktuell order, skickas den vidare

genom båda hissarna och fortsätter mot station S0.

För vidare förståelse, se *Appendix J*.

4.7 Produktionsförluster

Tidsstudien för produkterna visar att det är inredning cupé på 2778 TMU som tar längst tid att montera. Därmed bör cykeltiden sättas till 2778 TMU. Dock så är cykeltiden på station S3 två sekunder (56 TMU) kortare på grund av transportbanans utformning. Värdena för nettomonteringstid (värdeadderande tid), hanteringstid och tiden för montören att kolla på instruktioner tas genom att ta medelvärdet av varje produktfamilj, se *tabell 2*.

<i>Total tid:</i>	<i>sekunder</i>	<i>TMU</i>
Liten motor	53,2	1478
Stor motor	67,4	1872
Grön motor	62,4	1733
<hr/>		
Växellåda 1	99,4	2761
Växellåda 2	82,5	2292
Växellåda 3	76,7	2131
<hr/>		
Inredning sport	76,8	2133
Inredning familj	94,7	2631
Inredning cupé	100,0	2778

Tabell 2 - Monteringstider för produktvarianter

Personlig fördelningstid och teknisk fördelningstid har inte kandidatgruppen några specificerade värden på och sätts därför till noll. Dessa värden har ändå inte någon betydande roll för resultatet i sammanhanget. En kontrollant har tagits med i beräkningarna, vilket räknas som ren förlust för systemet. I och med att den personliga fördelningstiden är satt till noll blir kontrollanten den enda systemförlusten. För en summering av tiderna se *tabell 3* nedan:

Station	T _c	Balanserad tid	Obalanserad tid	H _t	T _f	H _f	Z
1	2778	2514	264	1335	0	1335	1179
2	2778	2394	383	1069	0	1069	1326
3	2722	1694	1028	829	0	829	866
Totalt	8278	6603	1675	3232	0	3232	3370

Tabell 3 - Indelning av monteringstider

Omräkning av tiderna från *tabell 3* till produktionsförluster i *tabell 4* nedan:

Balanseringsförluster	Hanteringsförluster	Systemförluster	Totalt
51%	96%	82%	230%

Tabell 4 - Procentuell fördelning av produktionsförluster

5 Diskussion och slutsatser

I avsnittet nedan följer en diskussion kring kandidatarbetet med utgångspunkt från de mål som sattes upp vid projektstarten.

5.1 Genomförande

Mycket av den teori som finns kring produkt- och produktionsutveckling bygger på att man utformar produktionen efter den produkt som ska produceras. Vårt arbetssätt har till stor del varit det motsatta då vi hade mycket i produktionscellen som initialt var låst. Vår uppgift var att utforma en produkt som var lämplig att producera i cellen. Det har lett till att många delar av produktionsteorin har varit svåra applicera då vårt arbete har skett bakvänt relativt till teorin.

5.2 Produkt

Lego visade sig vara ett väldigt bra materialval. Inte minst för att monteringen och variansmöjligheterna blev stora utan även för att det var passande för legosorteringsgruppen att sortera just Lego. Produkterna blev representativa för det som önskats och möjligheterna att skapa nya produkter med detta lego som grund är stora. Det som kan tänkas som negativt med att välja Lego som material är att det går väldigt snabbt att montera.

5.3 Monteringsstationer

Utformningen av de manuella arbetsstationerna har varit begränsade i vissa avseenden på grund av yttre faktorer. Den främsta begränsningarna har varit utformningen av banan samt säkerhetssystemen som var bestämda redan vid kandidatarbetets början. Runt dessa begränsningar har vi skapat arbetsstationer som uppfyller de krav vi ställts men som inte är ergonomiskt perfekta i alla avseenden. Till exempel har banans höjd varit begränsande i anpassningen av arbetshöjd för montören.

Materialplaceringen har gjorts efter en subjektiv rankning av de faktorer som teorin tyckt vara viktiga. Placeringen har inte analyserats i detalj då det visade sig att placeringen hade liten påverkan på monteringstiden.

Utvecklingen av den GUI som används i monteringsinstruktionerna är gjord i dashcode vilket med facit i hand kunde gjorts effektivare. Till en början utvecklades GUI:n i mobile safari-läget vilket är Apples mobila nätverk. Detta gränssnitt är optimerat för iPhone-format vilket visade sig ställa till med komplikationer då formatet som används är iPad. Framförallt blev det komplicerat att göra den grafiska layouten på ett smidigt sätt för att passa rätt format då många fält i layouten är låsta för redigering. Anledningen till att vi intuitivt valde det mobila nätverks-läget var att det fanns en sådan exempelstruktur som visat sig fungera. Dock blev det problem med vår struktur då denna var mer komplicerad än exempelstrukturen och var i och med detta tvungna att välja safari-läget (nätverksläget). Hade vi istället valt att arbeta i safari-läget från början hade vi kunnat spara många timmars utvecklingsarbete.

Under utformningen av GUI-layouten har vi valt färger och gränssnitt utefter vad vi själva ansett vara lämpligt. Som grund till dessa beslut ligger alltså ingen direkt teori eller under någon undersökning. Rent vetenskapligt kanske detta kan anses som bristfälligt men då mycket av arbetet har dragit ut på tiden har denna prioritering gjorts.

5.4 Informationsstyrning

Då det förekommit problem med inköp av utrustning har systemet inte helt kunnat färdigställas. Gruppen har i skrivande stund inte kunnat skapa det informationssystem som är önskvärt på grund av avsaknad av en OPC-server. Detta beror på att SSY har haft svårigheter med Siemens som inte har kunnat leverera i tid. Det har påverkat oss i det avseendet att gruppen inte har kunnat färdigställa det system som vi konstruerat och det har lett till en hel del väntetid.

5.5 PLC-styrning

Från början hade gruppen för avsikt att endast arbeta med att ta fram logiken för cellen och ej arbeta med att implementera den i PLC:n. Det var något som ändrades under projektets gång och en PLC-grupp skapades där vi hade en representant. Det har gjort att det tagit tid från andra fokusområden som därav har blivit lidande. På grund av att djupare kunskaper inom PLC-programmering saknades inom gruppen behövdes det utbildning på området genomföras. Tillgång till programvara och utbildningsmateriel gavs inte förrän efter 12 veckor in i kandidatarbetet, något som gjort att vi var tvungna att förenkla vårt flöde i cellen till att endast innefatta ett scenario. Det då ett fungerande system var av större prioritet än hög flexibelt

Även om PLC-programmeringsmomentet har tagit mycket tid från andra moment i kandidatarbetet har det också varit till en stor fördel. Det faktum att vi själva programmerat och givits möjlighet att göra det vi tidpunkter som passar oss har vi kunnat utveckla ett PLC-program enligt våra egna krav och önskemål.

5.6 Semiautomatiserad zon

Den semiautomatiserade zonen i vilken det var tänkt att människa och robot skulle arbeta tillsammans har som tidigare konstaterats utelämnats till stor del. Det säkerhetssystem som var tänkt att användas och skulle gjort denna interaktion möjlig fungerade inte på samma sätt som var utlovat från leverantören ABB. Av den anledningen har vi inte kunnat utveckla den semiautomatiserade i den utsträckning vi ville från början. Anledningen till att detta inte åtgärdats är att problemet faller inom området robotprogrammering vilket ligger utanför gruppens kompetens- och ansvarsområde. Via rådföring med Per Nyqvist⁵ har det framkommit att svårigheten är att robotens säkerhetssystem inte vill kommunicera med säkerhetskameran på ett tillfredställande sätt.

5.7 Produktionsförluster

Vid jämförelse mot till exempelvis bilindustrin kan totalförlusterna tyckas vara höga, framför allt hanteringsförlusten. Detta beror på att tiden för faktisk montering, värdeadderande tid, är såpass liten. Det går nästan lika fort att sträcka sig efter en legobit som att montera fast den. Hade arbetsmomentet till exempel varit att skruva fast legobitarna istället bara för att trycka fast de hade hanteringsförlusten varit betydligt lägre. Däremot har inte några ersättare tagits med i beräkningarna, vilket antagligen skulle behövts vid montering under en längre tid, typ en arbetsdag. Dock tror vi inte att den typ av verksamhet kommer bedrivas i någon större utsträckning i produktionscellen. Resultatet bör användas för att jämföra förändringar i produktionen och inte mot andra typer av produkter.

⁵ Per Nyqvist, Research Engineer vid Inst. Produkt- och Produktionsutveckling

5.8 Organisation

I arbetet med produktionscellen har det varit oklart vem som ansvarar för vilka delar i byggandet av cellen. En tydlig organisationsstruktur har saknats av gruppen och lett till förseningar då ansvarsfördelningen har varit oklar. Gruppen skulle lagt mer tid på att förbygga detta genom att sätta press på intressenter i ett tidigt skede så en klar plan för cellens byggnation hade upprättats. Det har tyvärr inte gjorts och lett till att resultatet som producerats inte ligger på den nivå som gruppen hade velat.

6 Rekommendationer för framtida arbeten

Det finns stora möjligheter till framtida utveckling av produktionscellen. Alla området har designats för att vara skalbara och anpassningsbara. Något som skulle behöva utvecklas för att nå en tillfredställande nivå är interaktionen mellan människa och maskin i den semi-automatiserade zonen. I dagsläget finns begränsad möjlighet för detta och därför har inte några operationer utvecklats.

Materialflödet i cellen skulle även detta kunna utvecklas. Materialets väg är efter detta projekt uppstyrd från montör till färdig produkt. Till och från legosorteringsmaskinen saknas ett definierat flöde. För ett produktionssystem där materialflödescykeln sluts borde materialhanteringen mellan legosorteringen och monteringsstationerna utvecklas. Något som skulle kunna undersökas är möjligheten att använda AGV:er i detta syfte.

För att uppnå en så flexibel produktionscell som möjligt skulle det vara önskvärt att kunna köra transportbanan utan att robotarna samt säkerhetssystemet för den delen av cellen aktiveras. I nuläget går det, genom att använda ett säkerhetshandtag, att köra transportbanan separat. Detta är dock långt ifrån optimalt då det krävs att en person hela tiden håller knappen på handtaget intryckt för att kunna köra cellen. Då forskning förhoppningsvis kommer bedrivas i produktionscellen är det lämpligt att olika delar av cellen kan köras separat.

7 Referenslista

Böcker

Bellgran, M. & Säfsten, K. (2010). *Production Development, Design and Operation of Production Systems*. London: Springer

Reflektiv Produktion, K. Ellegård, AB Volvo 1992)

Freivalds, A. (2009), *Niebel's Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill

Liker, J. (2004). *The Toyota Way*, McGraw-Hill

More, C. (2002). *Understanding the industrial revolution*, Routledge

Rubenowitz, S. (2004). *Organisationspsykologi och ledarskap*. Lund: Studentlitteratur

Avhandlingar

Bäckstrand, G. *Information Flow and Product Quality in Human Based Assembly*, Doctoral Thesis, Loughborough University, (2009)

Copp, C. *Visuell kommunikation, Sammanställning av föredrag*,(2012)

Dahlqvist, P. & Severinsson, K. (1988), *Ergonomiska synpunkter på arbetsplatsutformning vid manuell montering av små, lätta produkter*, Institutet för verkstadsteknisk forskning

Wilson, *Models in information behaviour reaserch*. J. Doc. Vol.55 (1999), 249-270

Elektroniska dokument

Avix (2011). *Avix – Metod- och tidsstudier*. [Hämtat: 2012-05-15]. Tillgänglig:

<http://www.avix.eu/se/vaara-produkter.html>

Gustafsson, Bertil (2011). *Virtual manufacturing engineering*. [Hämtat 2012-05-14]

Tillgänglig: www.pingpong.chalmers.se

Lean production (2012). *Lean production - taktat flöde* [Hämtat 2012-05-08] Tillgänglig:

www.leanproductions.suse/index.php/sv/taktat-flode-lean-production.html

M. A. Laughton, D. J. Warne (red), (2003) *Electrical Engineer's Reference book, 16:e utgåvan*, Newnes, Kapitel 16 *Programmable Controller* (Elektronisk). [Hämtad: 2012-05-15]

Tillgänglig: <http://www.scribd.com/doc/7748300/Electrical-Engineers-Reference-BookM-a-Laughton-and-D-J-Warne>

Modern materials handling (2012). *Top 20 system suppliers*. [Hämtad: 2012-02-23]
Tillgänglig: http://www.mmh.com/article/top_20_systems_suppliers/

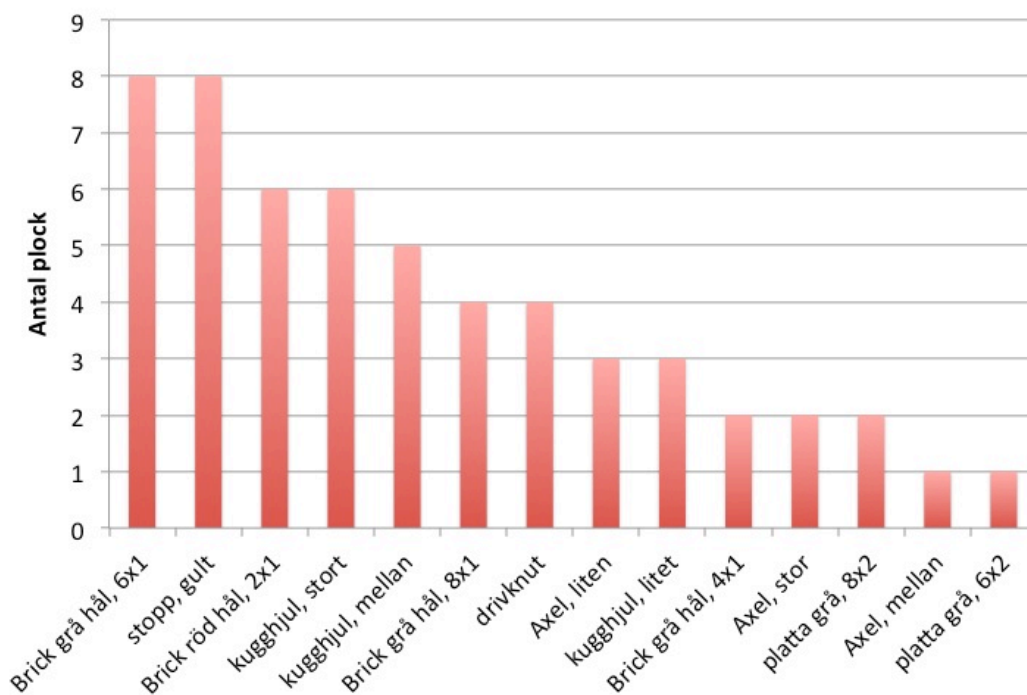
Produkt- och Produktionsutveckling (2012). *Produkt- och Produktionsutveckling - styrkeområden*. [Hämtat 2012-05-14]. Tillgänglig:
<http://www.chalmers.se/ppd/SV/styrkeomraden>

Teamster (2011). *Teamster - startsida*. [Hämtat 2012-05-05]. Tillgänglig:
<http://www.teamster.se>

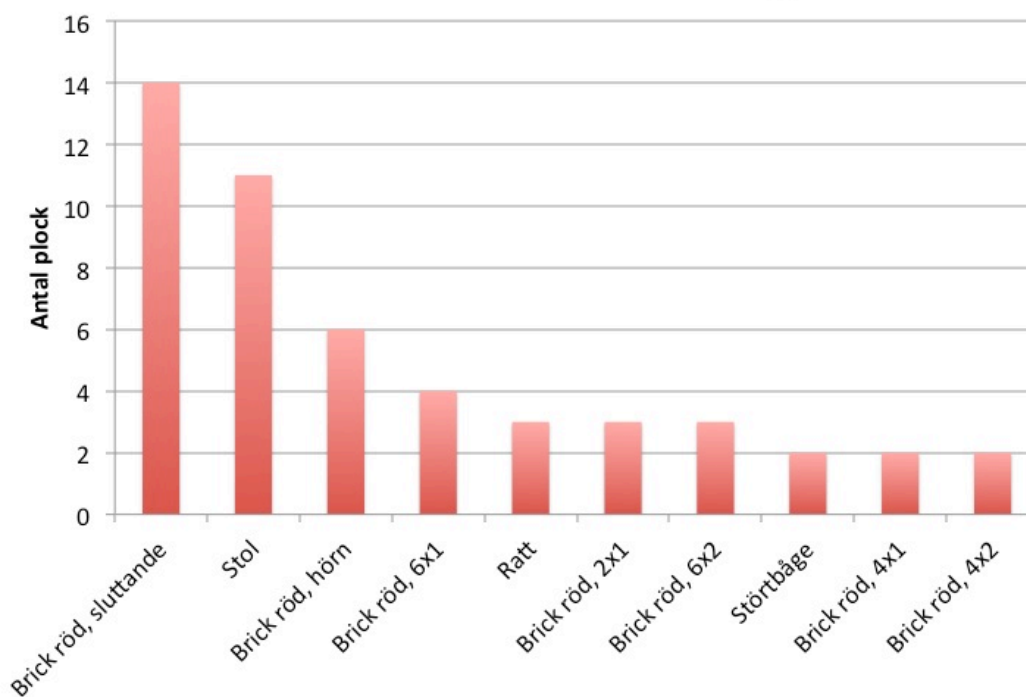
Appendix A – Plockfrekvens

I detta appendix finns diagram över plockfrekvenserna för de olika produktgrupperna.

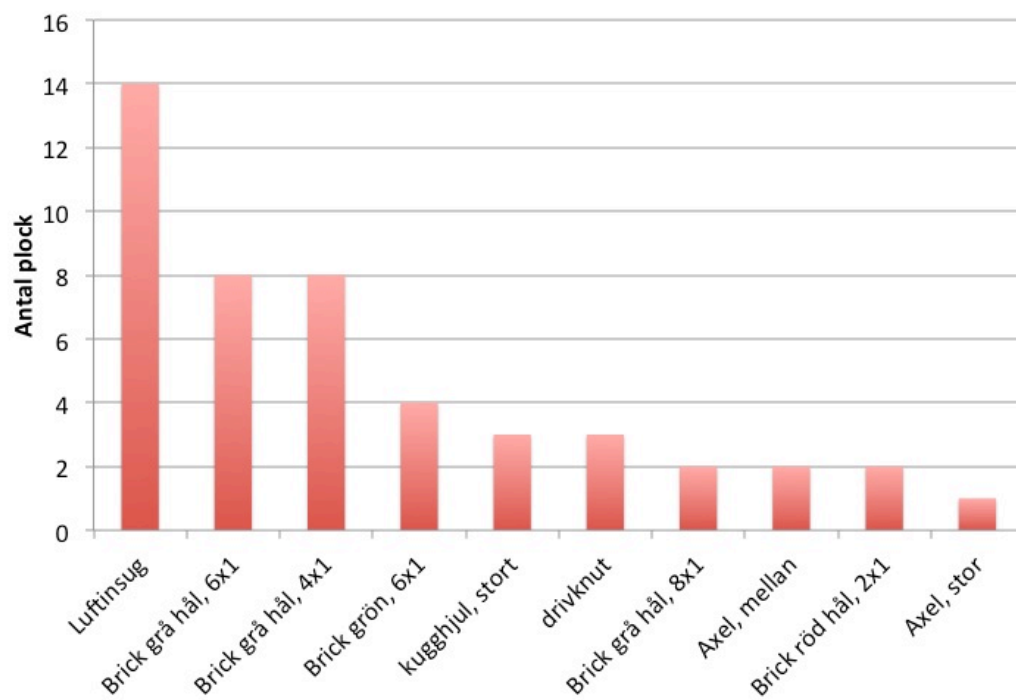
Plockfrekvenser Växel



Plockfrekvens Inredning



Plockfrekvens Motor



Appendix B – Materialplacering

I detta appendix finns kartor över materialplacering för de olika produktgrupperna.

Materialplacering Inredning

EMPTY	Modulplatta
Störtbåge	Brick röd, 6x2
Brick röd, hörn	Brick röd, 4x2
Brick röd, sluttande	Brick röd, 6x1
Stol	Brick röd, 4x1
Ratt	Brick röd, 2x1
EMPTY	EMPTY

Mot montör

Materialplacering Växel

Platta, 6x2	Axel, lång
Platta, 8x2	Axel, mellan
Stopp gult	Axel, liten
Brick grå hål, 8x1	Brick röd hål, 2x1
Brick grå hål, 6x1	Kuggjul, stor
Brick grå hål, 4x1	Kuggjul, medel
Drivknut	Kuggjul, liten

Mot montör

Materialplacering Motor

Brick röd hål, 2x1	Modulplatta
Brick grön, 6x1	Axel, lång
Luftintag	Axel, medel
Brick grå hål, 4x1	Kuggjul, stor
Brick grå hål, 6x1	Drivknut
Brick grå hål, 8x1	EMPTY
EMPTY	EMPTY

Mot montör

Appendix C – Kravspecifikation automatiserad zon

En kravspecifikation för de krav och önskemål som ställdes på hur den automatiserade stationen skulle fungera.

	Händelse	Position	Kritikalitet
1	Överlämning av modul	Hiss 2	3
2	Överlämning av modul	Hiss 3	3
3	Veta vilken modul som kommer	Hiss 2 & 3	3
4	Kunna lyfta in bottenplatta i Grön Zon	Grön Zon	1
5	Plocka bottenplattor ur materialställ	Röd Zon	2
6	Sätta rätt modul på rätt plats	Röd Zon	3
7	Lyft modulen i botten.	Hiss 2 & 3	3
8	Montera flera bottenplattor samtidigt	Röd Zon	1
9	Kvittera utplockade bitar	Hiss 2 & 3	2
10	Givare som talar om när modul kan tas	Hiss 2 & 3	3

Kritikalitet

1	Önskemål
2	Starkt önskemål
3	Krav

Appendix D – Kravspecifikation

Materialstation

En kravspecifikation för hur monteringsstationerna skulle utformas ställdes upp initialt i projektet för att skapa en utgångspunkt i utformningen av materialstationen.

	Krav	Kritikalitet	Verifikation
1	Utrymme att manövrera	3	35cm i alla riktningar
2	Utrymme att manövrera	1	60cm i alla riktningar
3	Utrymme för material	3	73,5cm x 2 rader
4	Plats för material	3	Max 100cm från montör
5	Arbetshöjd	2	Maximal höjd 150cm
6	Placering av monteringsstation	3	Placering i blå zon

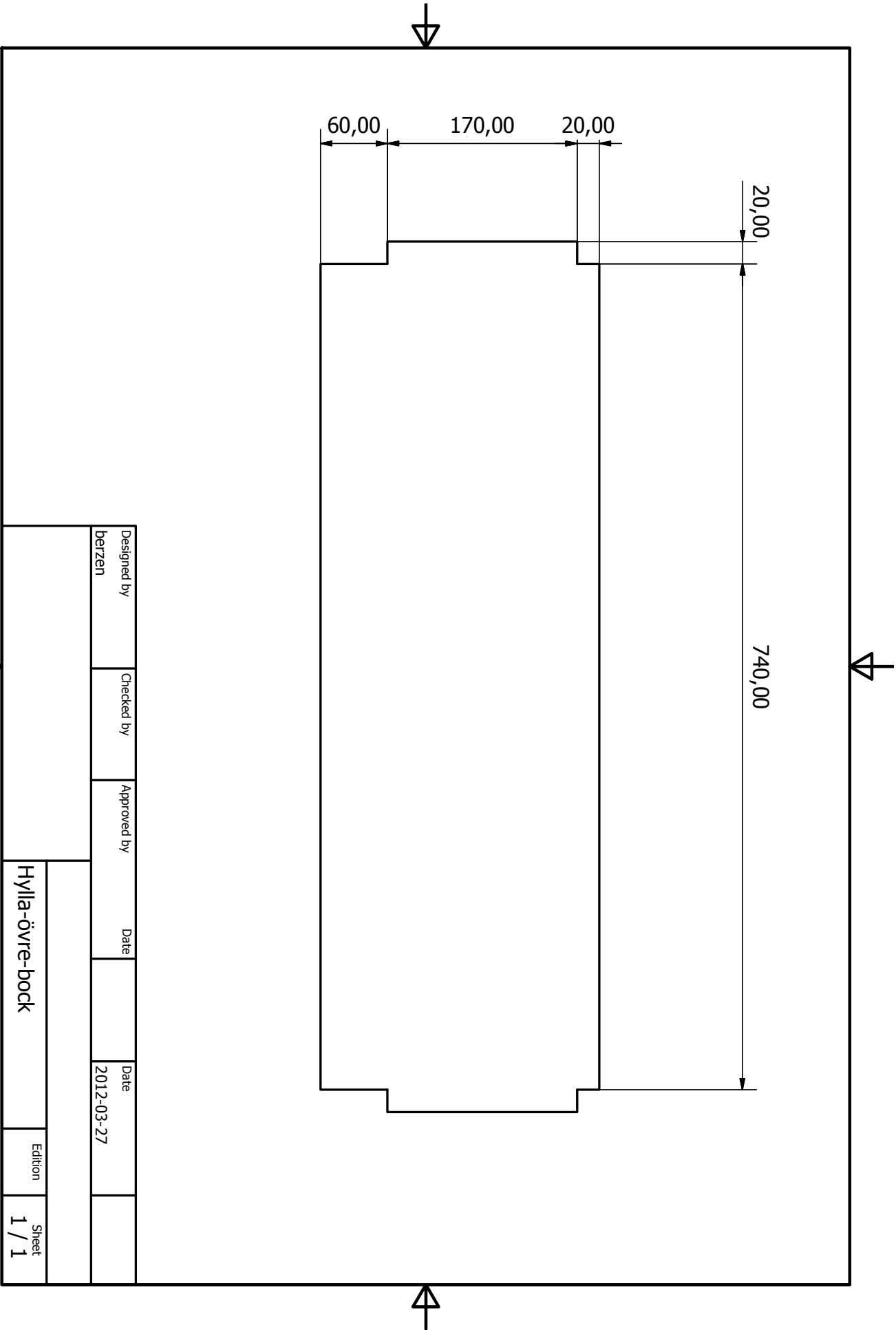
Kritikalitet	
1	Önskelmål
2	Starkt önskemål
3	"krav"

Appendix E – Konstruktionsritningar

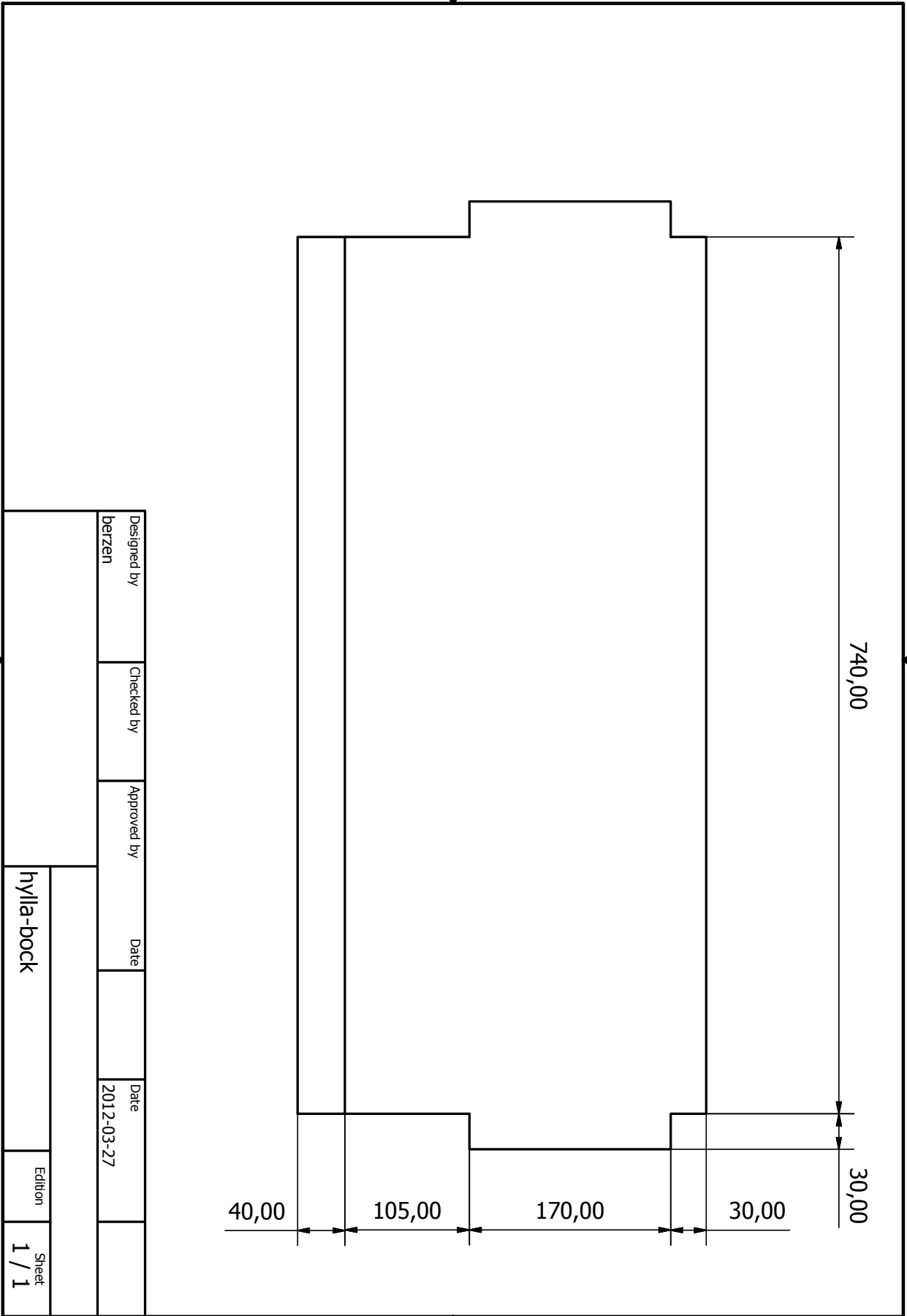
Materialställ

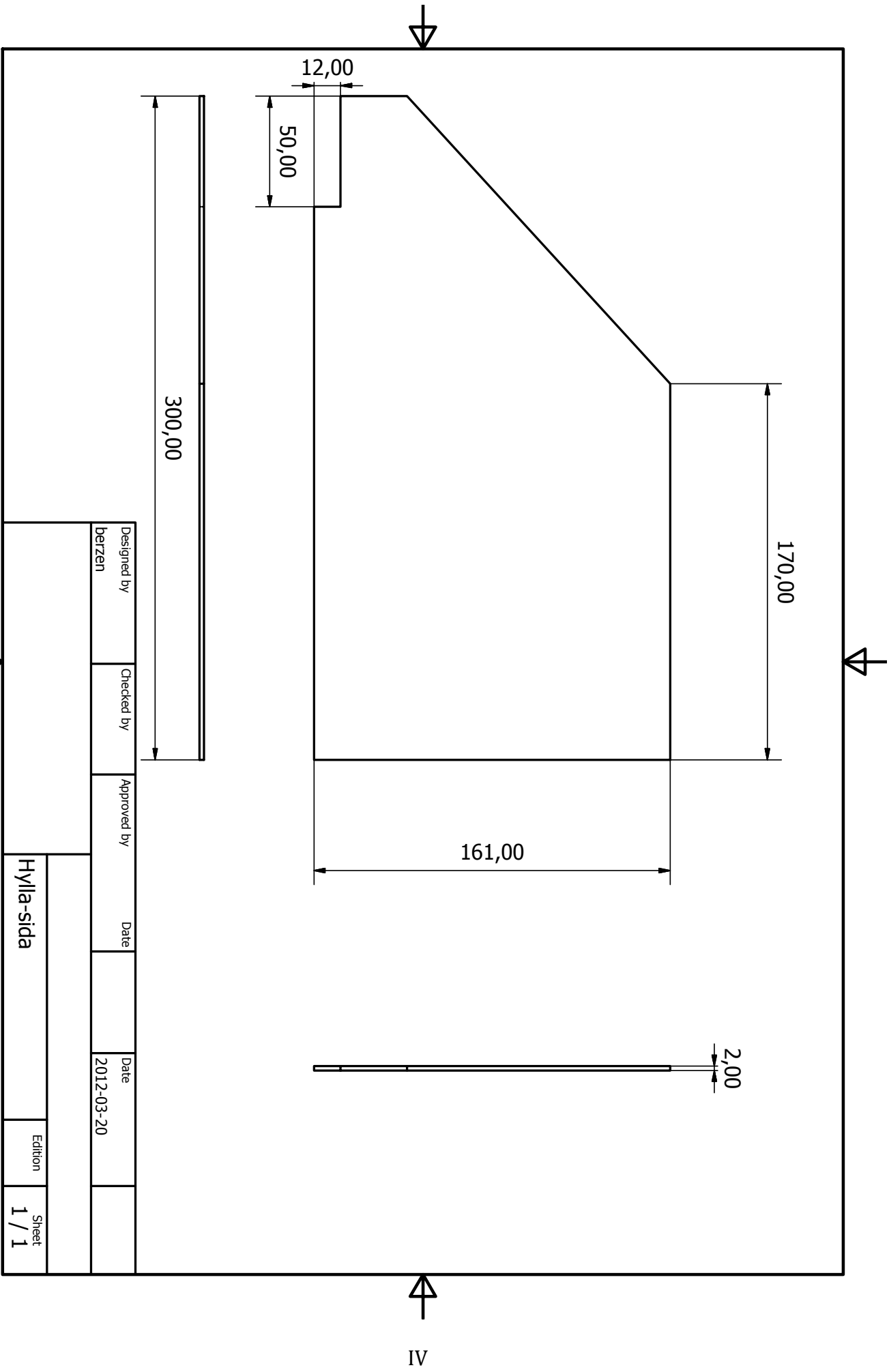
Ritningar för konstruktionen av materialstället för station S1 och S2. Det är sju ritningar totalt. Det finns ritningar för både bockning och konstruktion.

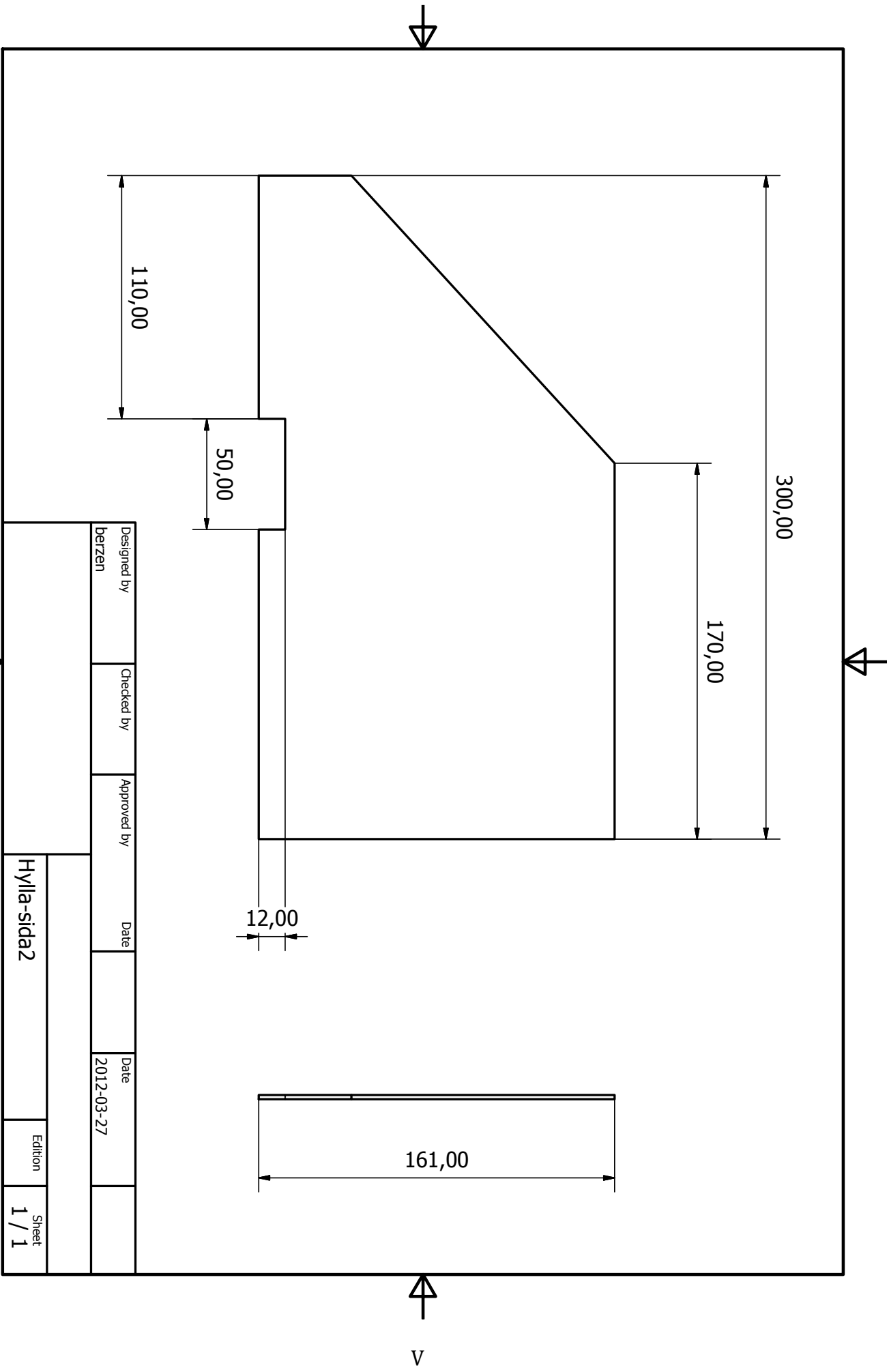
- Hylla-Bock – Bockning undre del
- Hylla-övre-bock – Bockning övre del
- Hylla-sida – Sida för hylla 1
- Hylla-sida2 – Sida för hylla 2
- Hylla-station – Undre del hylla 1
- Hylla-station2 – Undre del hylla 2
- Hylla-station2-övre lock – Övre del



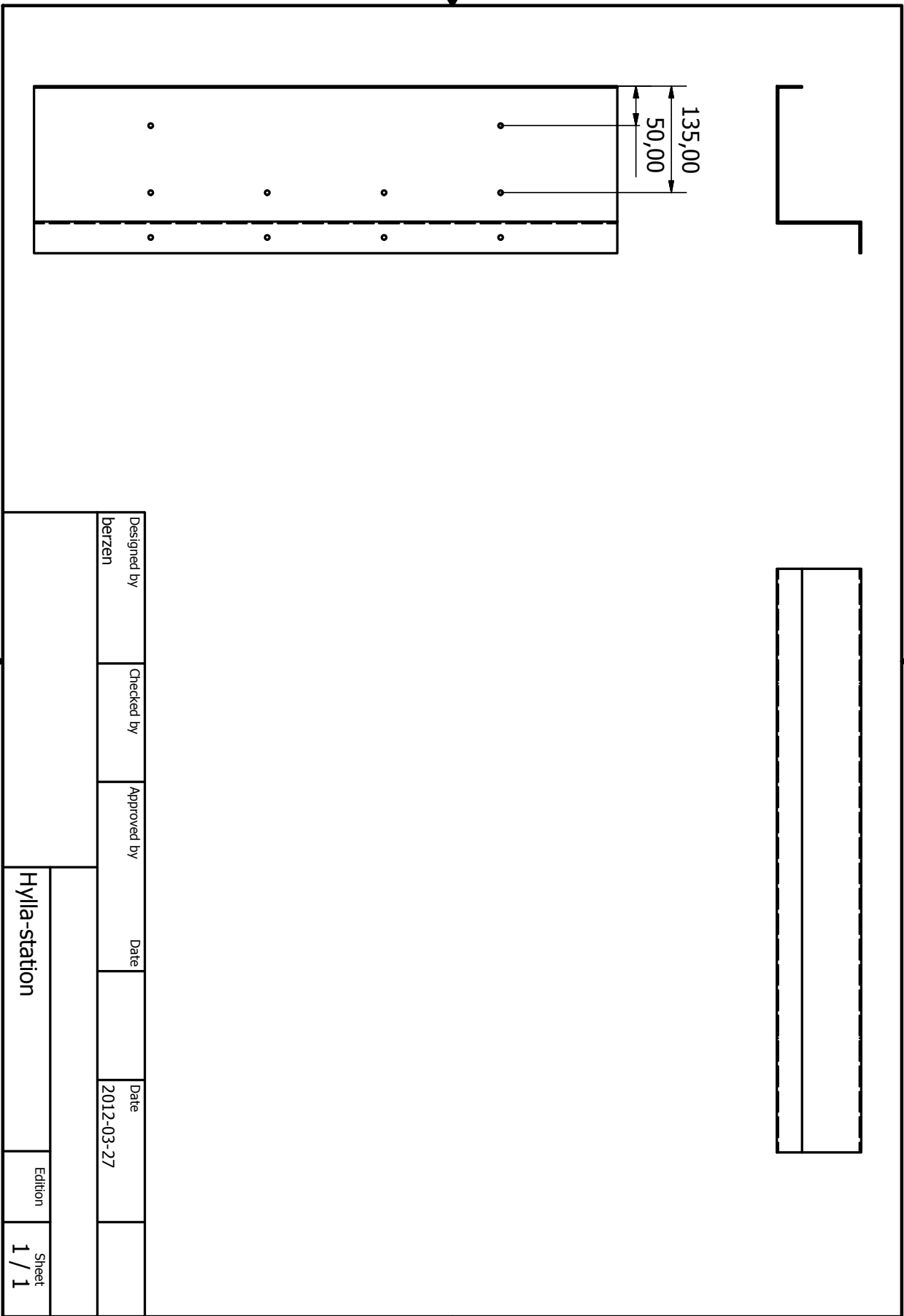
Designed by berzen	Checked by	Approved by	Date	Date	2012-03-27
Hylla-övre-bock			Edition		
1 / 1			Sheet		



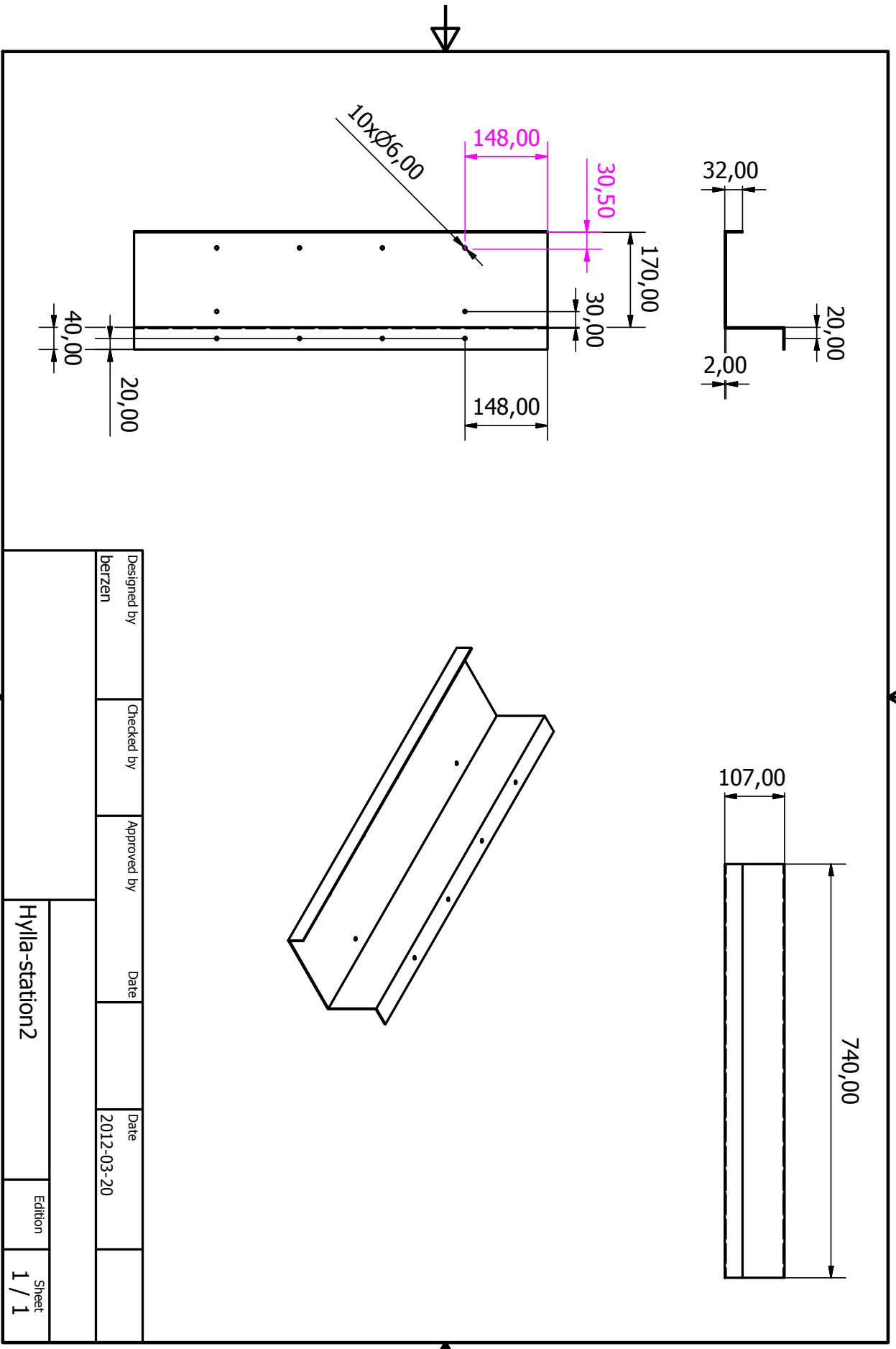


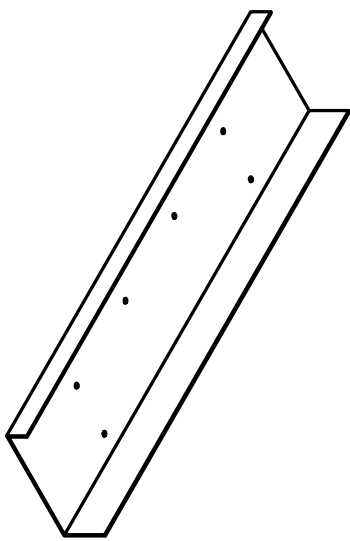
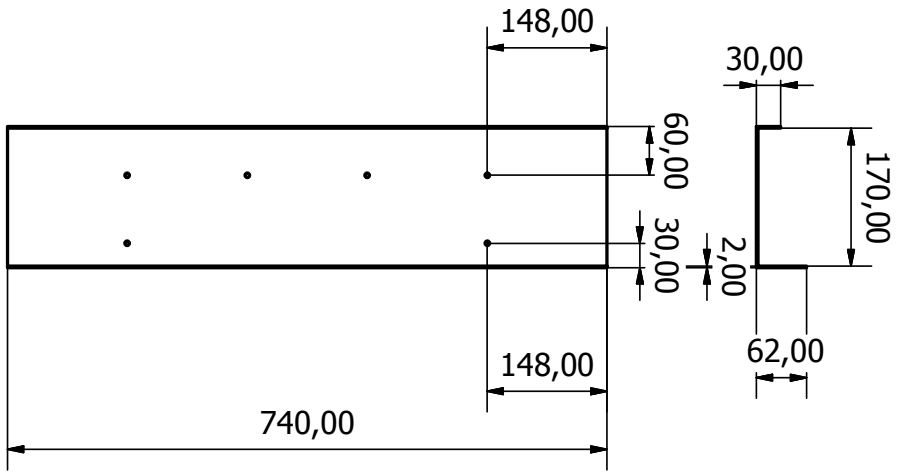


Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	Edition	Sheet
beizen				2012-03-27		1 / 1
Hylla-sida2						



Designed by	berzen	Checked by		Approved by		Date		Date	2012-03-27
Hylla-station					Edition	1 / 1	Sheet	1 / 1	





Designed by berzen	Checked by	Approved by	Date 2012-03-20	Date	Hylla-station2-övre lock	Edition	Sheet 1 / 1

Appendix F – Monteringsstudie

I bilagan nedan presenteras data från den monteringsstudie som utfördes under kandidatarbetet. En 1:a under rubriken kvalitetsfel illustrera att den finns kvalitetsfel på den monterade modulen medan en 0:a illustrerar en modul som är korrekt monterad. Ett snarlikt system gäller för rubriken, Upplevde montören sig ha full kontroll över momentet. En 1:a betyder att montören ansett sig ha full kontroll och 0:a betyder att montören upplevt någon form av ovisshet.

Instruktionstyp text			
Montör	Tid	Kvalitetsfel	Upplevde montören sig inte ha full koll över momentet
1	04.30	1	0
2	04.22	1	0
3	04.26	1	0
4	04.12	1	0
5	04.46	0	0
6	04.02	1	1
7	04.13	1	0
8	04.07	1	0
9	03.44	1	1
10	03.56	1	0
11	04.17	0	0
12	04.28	1	0
13	04.13	1	1
14	04.39	1	0
15	04.44	1	0
16	04.23	1	0
17	03.54	0	0
18	04.01	1	0
19	04.03	1	0
20	04.16	1	0
21	04.37	1	0
22	04.42	0	0
23	04.11	1	0
	04.17	82,61%	13,04%

Instruktionstyp film

Montör	Tid	Kvalitetsfel	Upplevde montören sig inte ha full koll över momentet
1	02.01	0	1
2	02.01	0	1
3	02.01	0	1
4	02.01	0	1
5	02.01	1	0
6	02.01	1	0
7	02.01	0	1
8	02.01	0	0
9	02.01	1	1
10	02.01	0	1
11	02.01	0	0
12	02.01	0	0
13	02.01	1	1
14	02.01	1	1
15	02.01	0	1
16	02.01	0	1
17	02.01	1	0
18	02.01	0	0
19	02.01	1	0
20	02.01	0	1
21	02.01	0	1
22	02.01	1	1
23	02.01	1	0
	02.01	39,13%	60,87%

Instruktionstyp bild & BOM-lista

Montör	Tid	Kvalitetsfel	Upplvde montören sig inte ha full koll över momentet
1	1.15.3	0	1
2	1.15.06	0	0
3	1.47.02	0	0
4	1.34.03	0	0
5	1.26.05	0	0
6	1.13.06	0	0
7	1.57.00	0	0
8	1.19.05	0	0
9	1.22.02	0	0
10	1.51.06	0	0
11	1.57.09	0	1
12	1.39.07	0	0
13	1.06.09	0	0
14	1.30.02	0	0
15	1.28.04	0	0
16	1.09.01	0	1
17	1.10.07	0	0
18	1.38.02	0	0
19	1.27.00	0	0
20	1.31.03	0	0
21	1.27.06	0	0
22	1.06.08	0	1
23	0.50.02	1	0
	1.22.46	4,35%	17,39%

Appendix G – Komponentlista

I appendixet nedan presenteras tabeller med de ingående komponenterna var varje enskild modul. De presenteras enligt följden motor, inredning och sist växellåda.

Motor

Modul	Variant	Komponent	Antal
Motor	Liten	Brick grå, hål 1x6	4
Motor	Liten	Brick grå, hål 1x4	4
Motor	Liten	Axel mellan	1
Motor	Liten	Kugghjul stort	1
Motor	Liten	Drivknut	1
Motor	Liten	Luftinsug	4
Totalt antal komponenter			15

Motor	El	Brick grön, 1x6	4
Motor	El	Brick grå, hål 1x4	4
Motor	El	Axel mellan	1
Motor	El	Kugghjul stort	1
Motor	El	Drivknut	1
Motor	El	Luftinsug	4
Totalt antal komponenter			15

Motor	Stor	Brick grå, hål 1x6	4
Motor	Stor	Brick grå, hål 1x8	2
Motor	Stor	Brick röd, hål 1x2	2
Motor	Stor	Axel stor	1
Motor	Stor	Kugghjul stort	1
Motor	Stor	Drivknut	1
Motor	Stor	Luftinsug	6
Totalt antal komponenter			17

Inredning

Modul	Variant	Komponent	Antal
Inredning	Sport	Brick röd, hörn	2
Inredning	Sport	Brick röd 2x6	1
Inredning	Sport	Brick röd 1x2	1
Inredning	Sport	Brick röd 1x6	2
Inredning	Sport	Brick sluttande	6
Inredning	Sport	Brick röd 1x4	2
Inredning	Sport	Störtbåge	2
Inredning	Sport	Ratt	1
Inredning	Sport	Stol	2

Totalt antal komponenter 19

Inredning	Cupé	Brick röd, hörn	2
Inredning	Cupé	Brick röd 2x6	1
Inredning	Cupé	Brick röd 1x2	1
Inredning	Cupé	Brick röd 1x6	2
Inredning	Cupé	Brick sluttande	4
Inredning	Cupé	Ratt	1
Inredning	Cupé	Stol	4

Totalt antal komponenter 15

Inredning	Familj	Brick röd 1x2	1
Inredning	Familj	Brick röd, hörn	2
Inredning	Familj	Brick röd, 2x6	1
Inredning	Familj	Brick röd, sluttande	4
Inredning	Familj	Ratt	1
Inredning	Familj	Stol	5
Inredning	Familj	Brick röd, 2x4	2

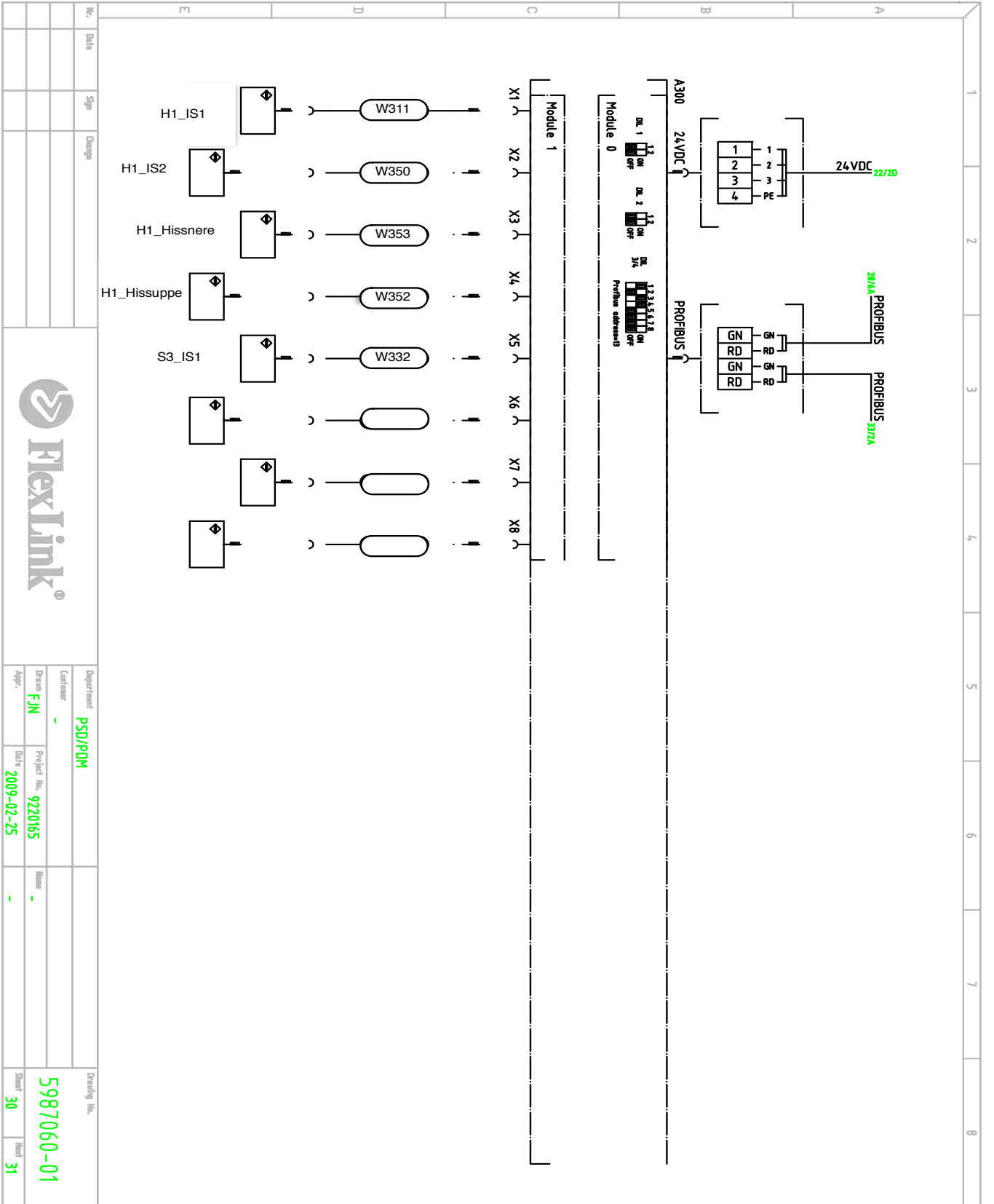
Totalt antal komponenter 16

Växellåda

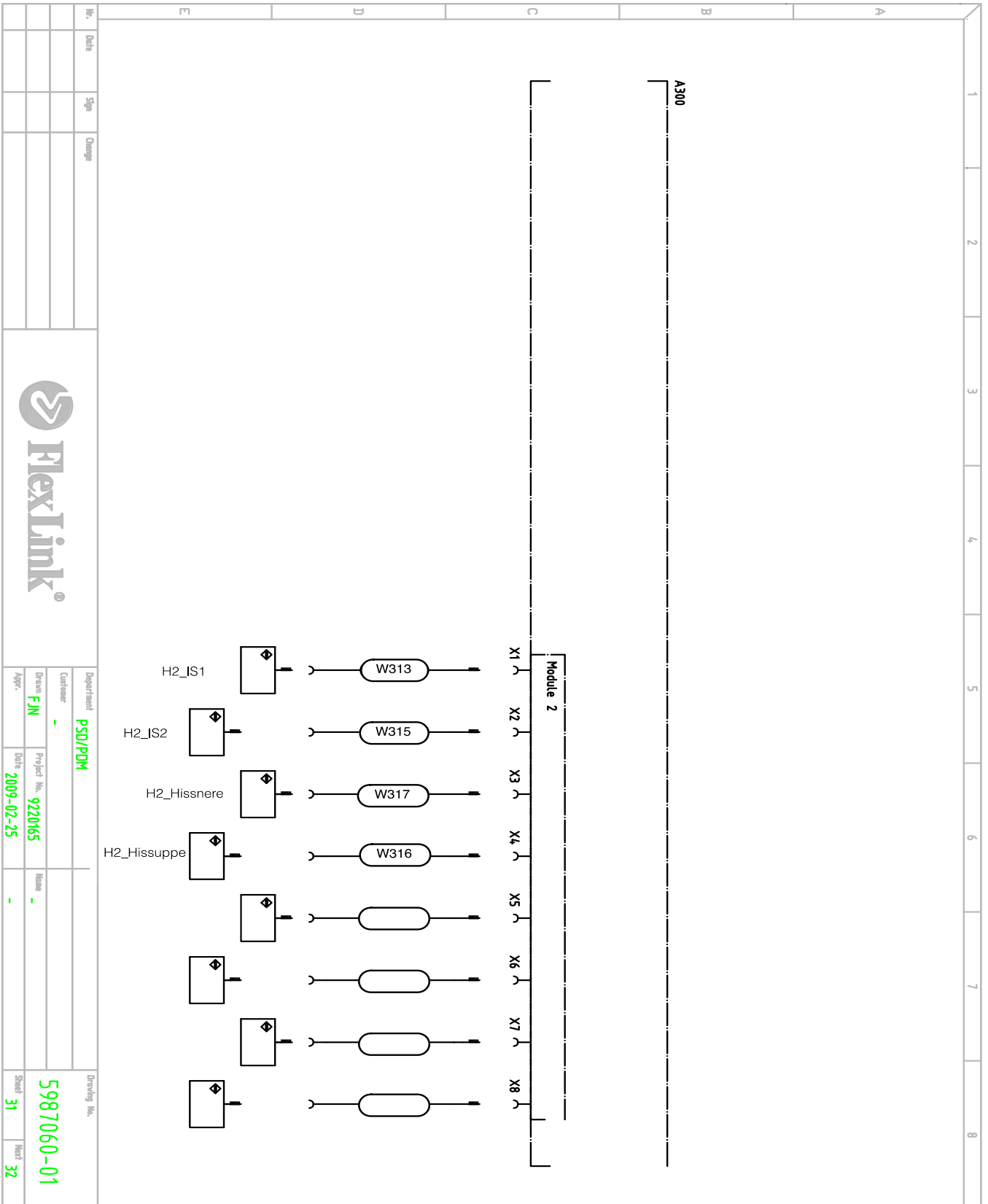
Modul	Variant	Komponent	Antal
Växellåda	1	Brick grå, hål 1x4	2
Växellåda	1	Brick grå, hål 1x6	2
Växellåda	1	Brick grå, hål 1x8	2
Växellåda	1	Brick röd, hål 1x2	2
Växellåda	1	Axel liten	1
Växellåda	1	Axel stor	1
Växellåda	1	Stopp, gult	3
Växellåda	1	Kugghjul litet	1
Växellåda	1	Kugghjul mellan	2
Växellåda	1	Kugghjul stort	2
Växellåda	1	Drivknut	1
Växellåda	1	Platta, 2x8	1
Totalt antal komponenter			20
Växellåda	2	Brick grå, hål 1x4	2
Växellåda	2	Brick grå, hål 1x6	2
Växellåda	2	Brick grå, hål 1x8	2
Växellåda	2	Brick röd, hål 1x2	2
Växellåda	2	Axel liten	1
Växellåda	2	Axel stor	1
Växellåda	2	Stopp gult	3
Växellåda	2	Kugghjul litet	1
Växellåda	2	Kugghjul mellan	2
Växellåda	2	Kugghjul stor	2
Växellåda	2	Drivknut	1
Växellåda	2	Platta 2x8	1
Totalt antal komponenter			20
Växellåda	3	Brick grå, hål 1x4	2
Växellåda	3	Brick grå, hål 1x6	4
Växellåda	3	Brick röd, hål 1x2	2
Växellåda	3	Axel liten	1
Växellåda	3	Axel mellan	1
Växellåda	3	Stopp gult	2
Växellåda	3	Kugghjul litet	1
Växellåda	3	Kugghjul mellan	1
Växellåda	3	Kugghjul stor	2
Växellåda	3	Drivknut	1
Växellåda	3	Platta 2x6	1
Totalt antal komponenter			18

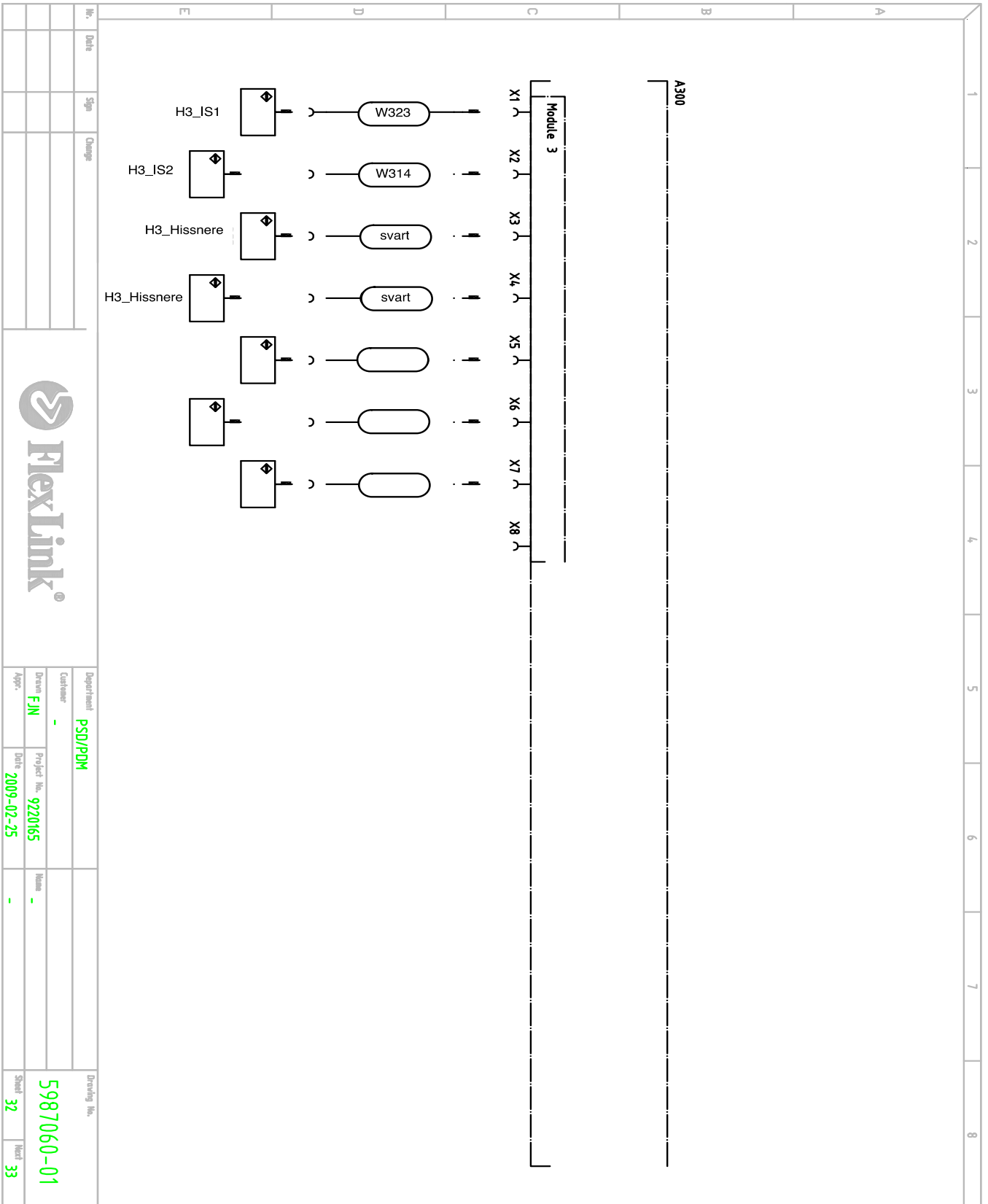
Appendix H - Kopplingschema

I denna bilaga finns information om var sensorerna samt luftslangar sitter inkopplade i de två Remote I/O. Märkningen på sladdarna finns även den med för att enkelt felsöka i framtiden. Det finns två I/O:n utplacerade, A300 samt A330.

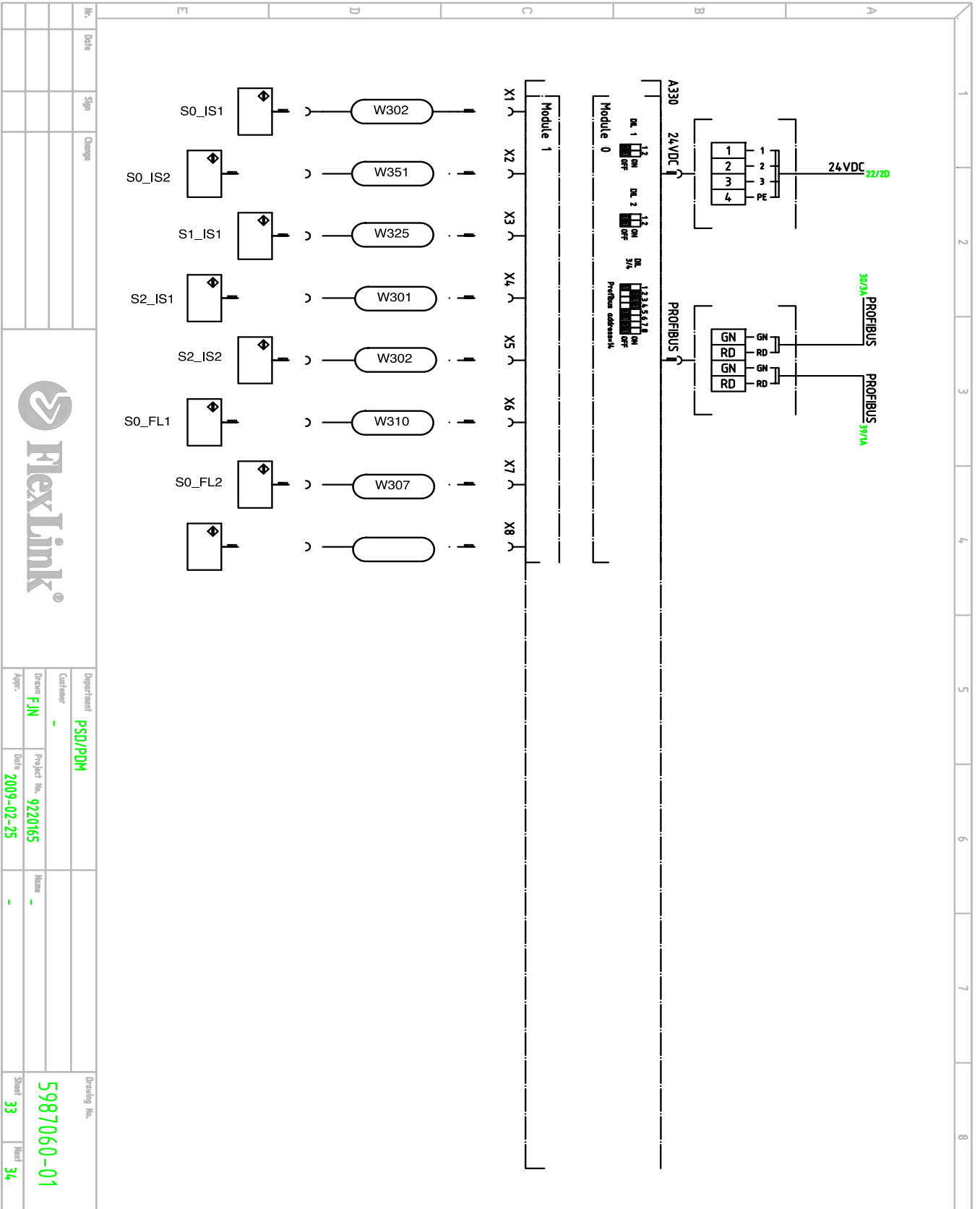


Department: PSD/PDM		Drawing No. 5987060-01	
Customer: -	Project No. 9220165	Sheet: 30	Total: 31
Drawn: FJM	Date: 2009-02-25		
Appr: -			

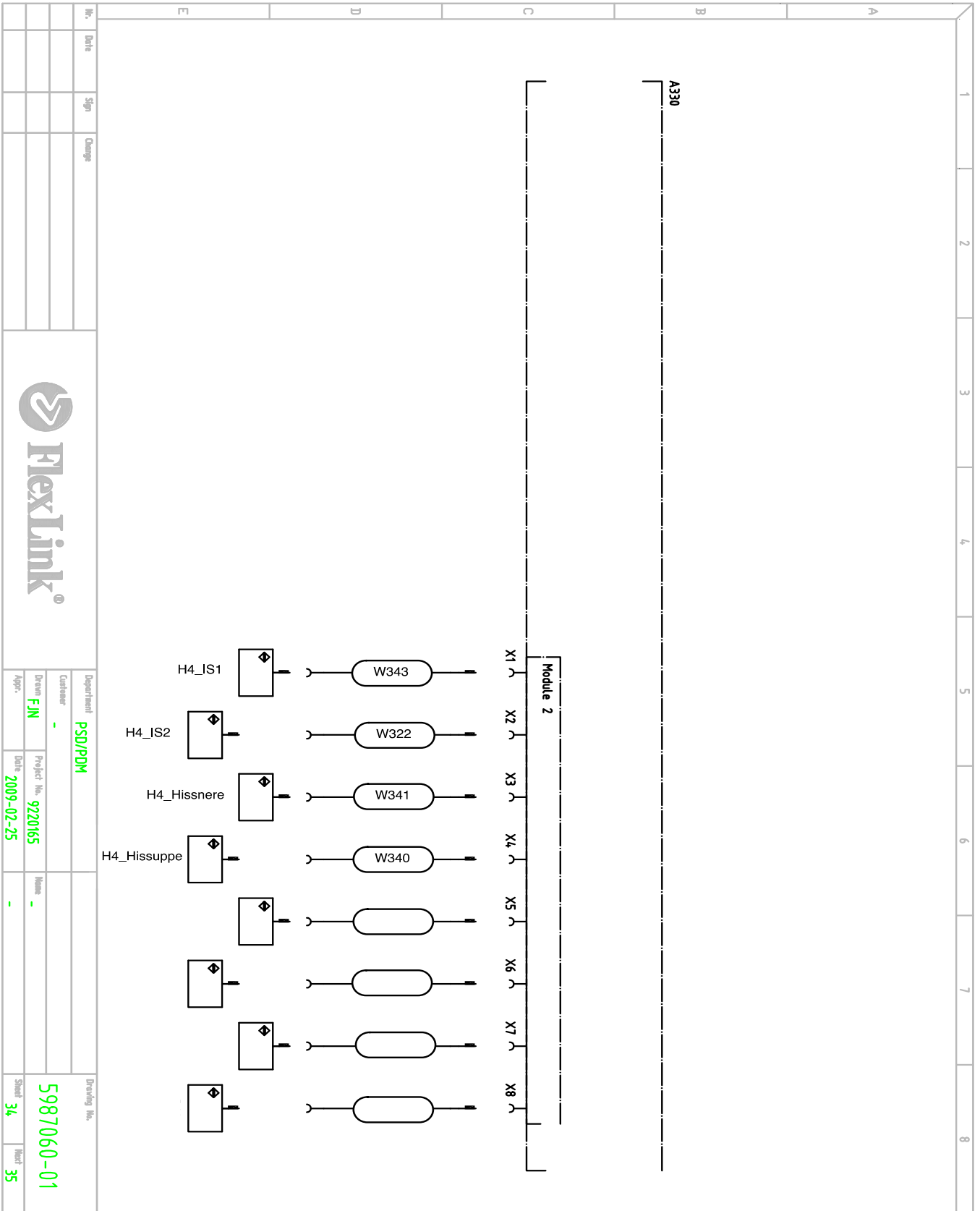




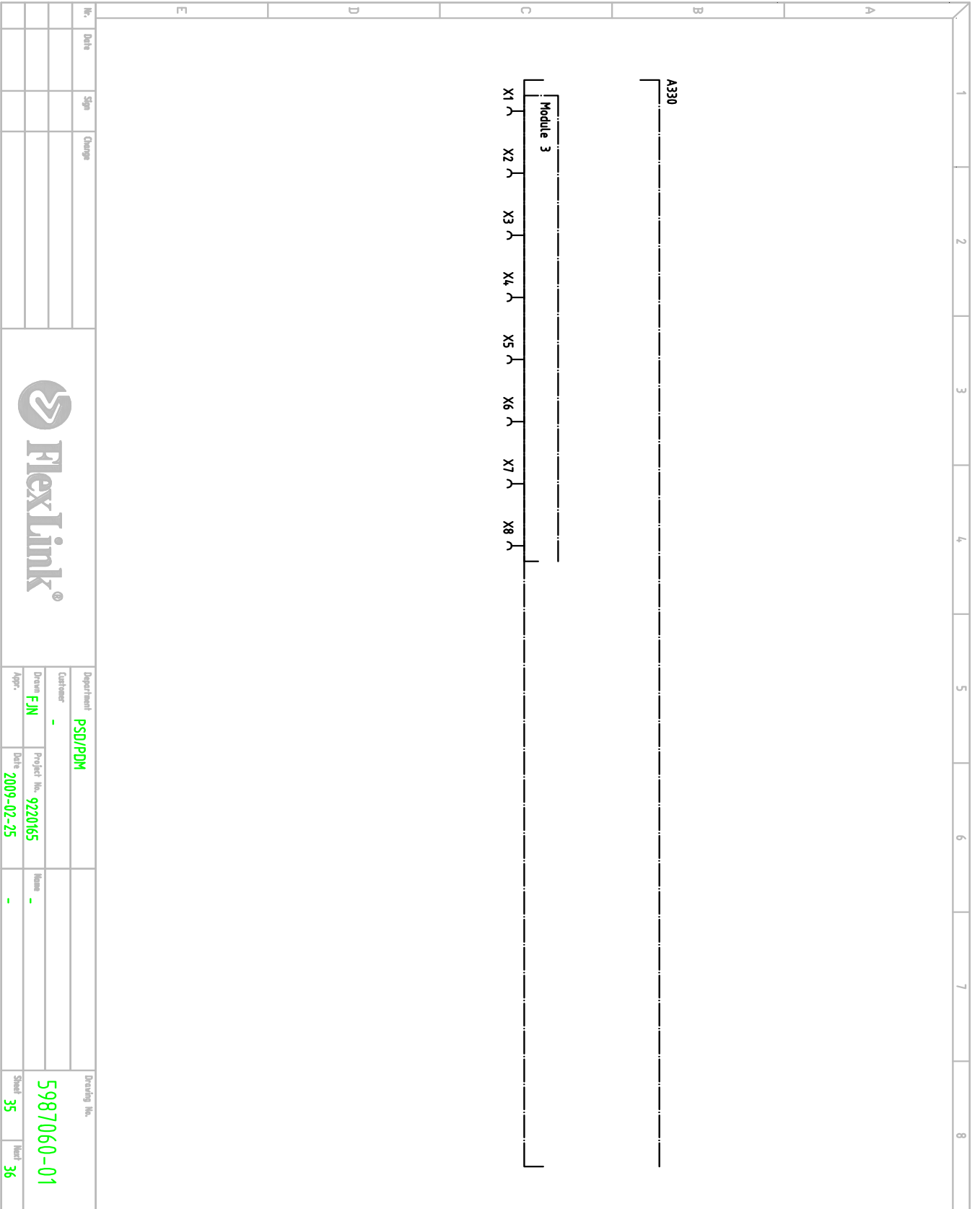
Denna ritning är FlexLink egendom. Skyddad enligt gällande lag.
 This drawing is the property of FlexLink. Protected in accordance with prevailing law.



Department: PSD/PDM		Drawing No. 5987060-01	
Customer: -	Project No. 9220165	Sheet: 33	Sheet: 34
Drawn: FJM	Date: 2009-02-25		
Appr: -			

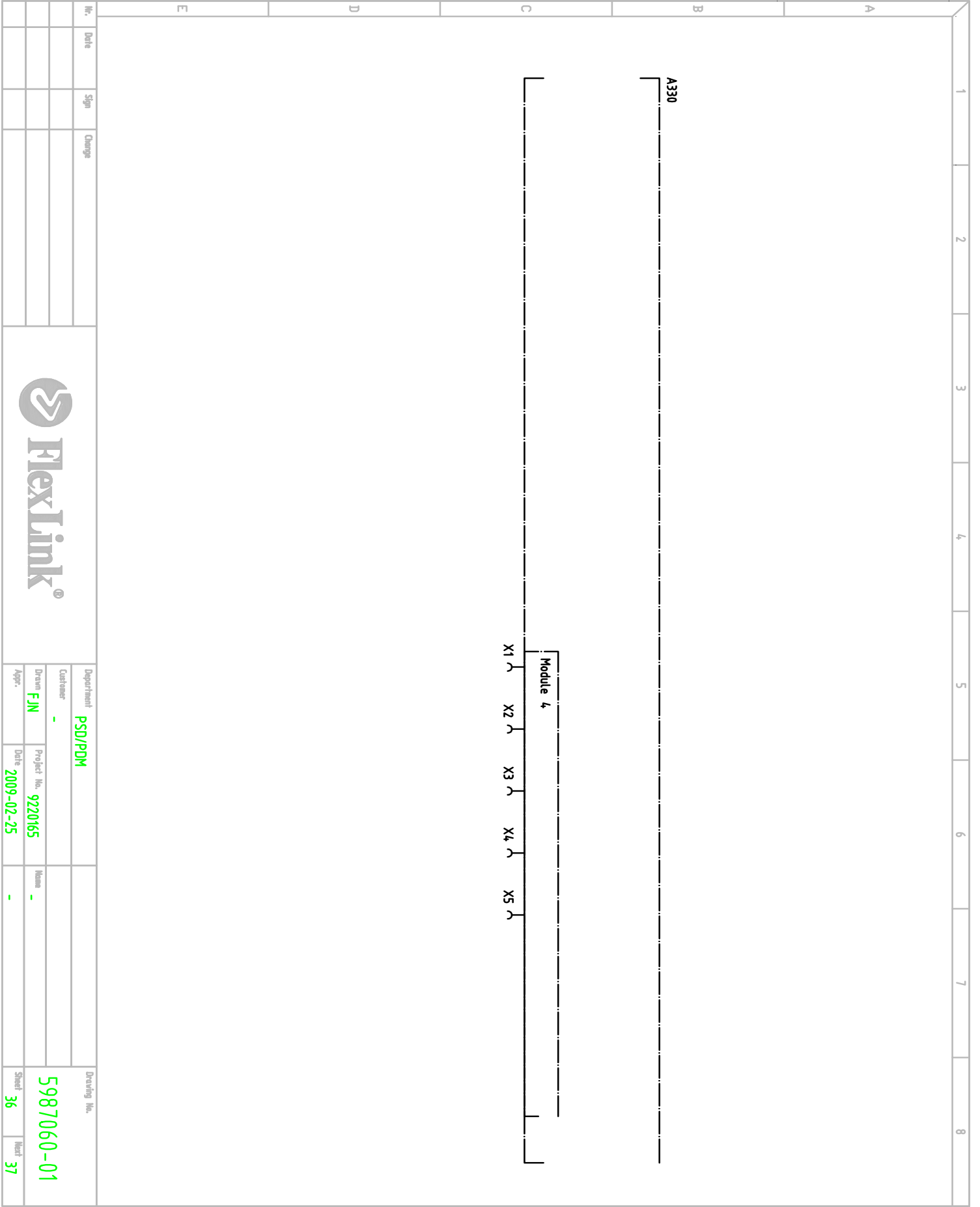


Denne ritning er FlexLink egendom. Skyddet enligt gällande lag.
 This drawing is the property of FlexLink. Protected in
 accordance with prevailing law.



No.	Date	Sign	Change

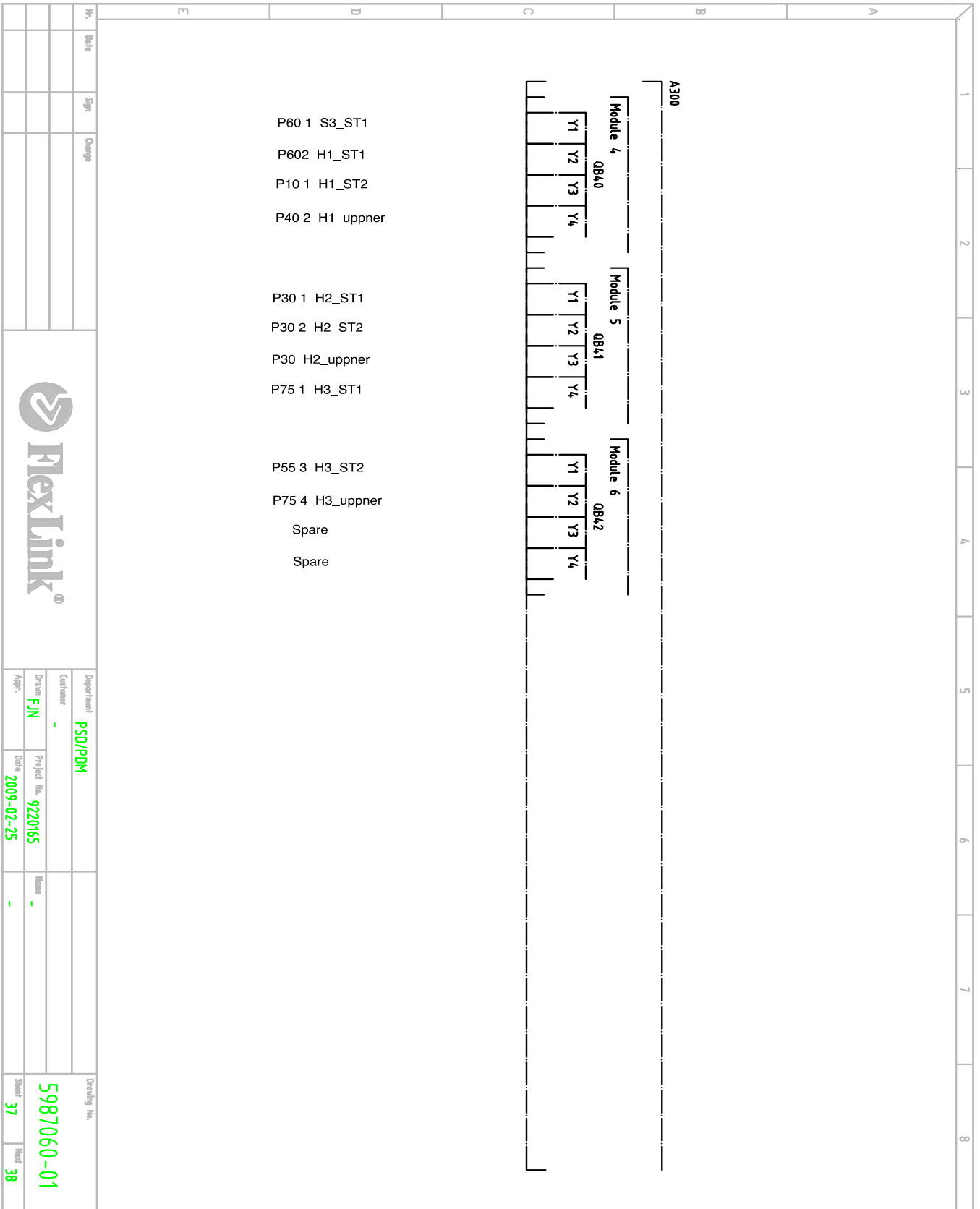
		Department	PSD/PDM	
		Customer	-	
Drawn	Appr.	Project No.	922065	
FMJ		Date	2009-02-25	
Name		-		
Drawing No.		5987060-01		
Sheet	35	Total	36	



No.	Date	Sign	Change

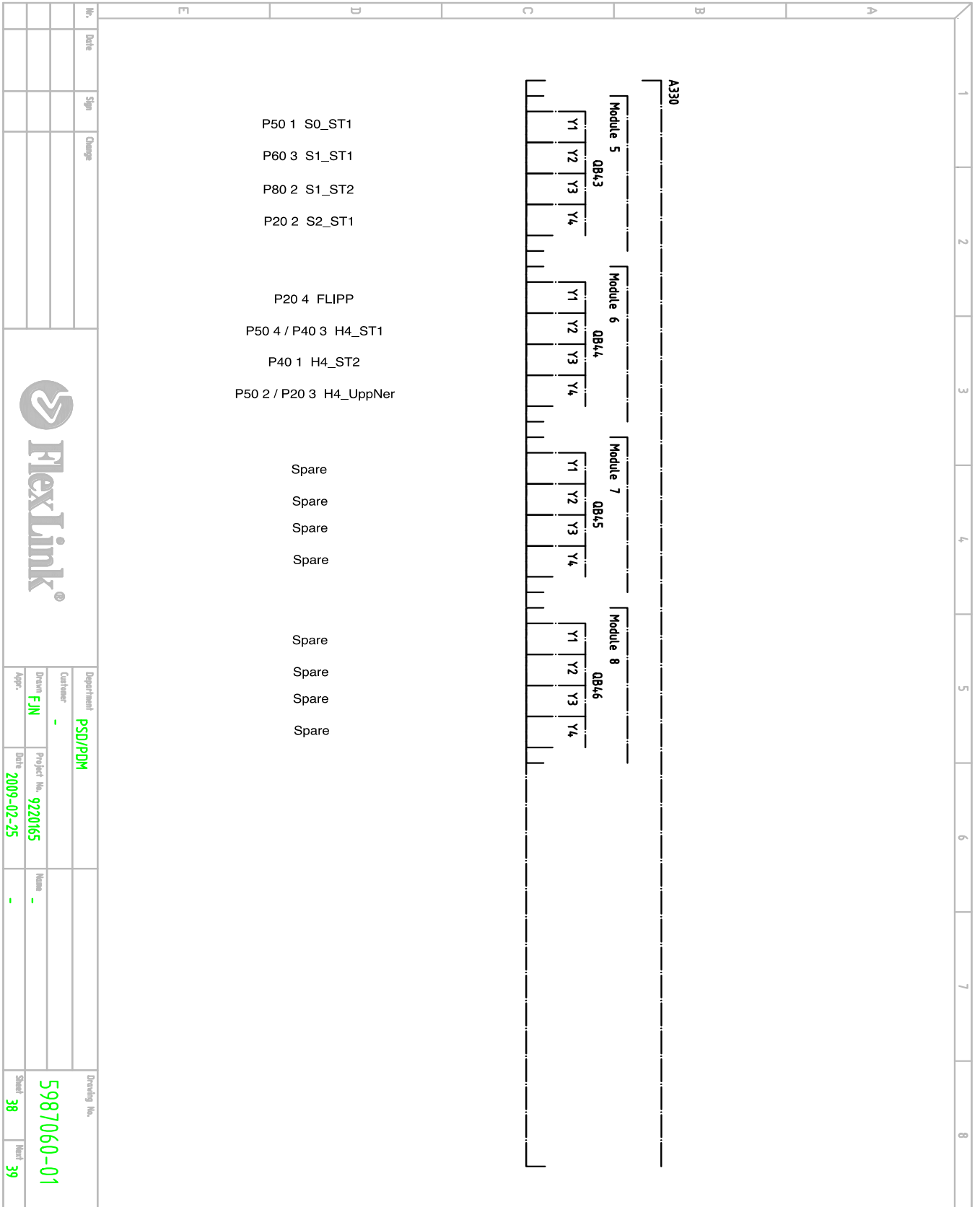


Department		PSD/PDM		Drawing No.		5987060-01	
Customer	-	Project No.	9220165	Name	-	Sheet	36
Drawn	FJN	Date	2009-02-25	Appr.	-	Sheet	37



Customer	PSD/PDM	Department	PSD/PDM
Drawn	FNI	Project No.	9220165
Appr.		Date	2009-02-25
Sheet	37	Sheet	38
Drawing No.		5987060-01	

Denna ritning är FlexLink egendom. Skyddad enligt gällande lag.
 This drawing is the property of FlexLink. Protected in accordance with prevailing law.



Department: PSD/PDM		Drawing No.: 5987060-01	
Customer: -	Project No.: 9220165	Sheet: 38	Sheet: 39
Drawn: FIN	Date: 2009-02-25		
Appr: -			

Appendix I – Variabellista

Nedan presenteras de variabler som i PLC:n är mappade till de fysiska sensorerna och luftslangarna.

Namn	Typ	Beskrivning	I/O	Modul	Port	Kabelnamn
F0	Luft	Flipper	A330	Module 6	Y1	P20 4
H1_HissNere	Givare	Hiss1, Nere	A300	Module 1	X3	W353
H1_HissUppe	Givare	Hiss1, Uppe	A300	Module 1	X4	W352
H1_IS1	Givare	Hiss 1, Induktiv 1	A300	Module 1	X1	W311
H1_IS2	Givare	Hiss 1, induktiv i hiss	A300	Module 1	X2	W350
H1_K		Kontroll knapp				
H1_RF1		Hiss 1, RFID 1				
H1_ST1	Luft	Hiss 1, Stopp 1	A300	Module 4	Y2	P60 2
H1_ST2	Luft	Hiss 1, Stopp i hiss	A300	Module 4	Y3	P10 1
H1_UppNer	Luft	Hiss 1, luft uppNer	A300	Module 4	Y4	P40 2
H2_HissNere	Givare	Hiss2, Nere	A300	Module 2	X3	W317
H2_HissUppe	Givare	Hiss2, Uppe	A300	Module 2	X4	W316
H2_IS1	Givare	Hiss 2, Induktiv 1	A300	Module 2	X1	W313
H2_IS2	Givare	Hiss 2, induktiv i hiss	A300	Module 2	X2	W315
H2_RF1		Hiss 2, RFID 1				
H2_ST1	Luft	Hiss 2, Stopp 1	A300	Module 5	Y1	P30 1
H2_ST2	Luft	Hiss 2, Stopp i hiss	A300	Module 5	Y2	P30 2
H2_UppNer	Luft	Hiss 2, luft uppNer	A300	Module 5	Y3	P30 3
H3_HissNere	Givare	Hiss3, Nere	A300	Module 3	X3	Svart kabel (NN)
H3_HissUppe	Givare	Hiss3, Uppe	A300	Module 3	X4	Svart kabel (NN)
H3_IS1	Givare	Hiss 3, Induktiv 1	A300	Module 3	X1	W323
H3_IS2	Givare	Hiss 3, induktiv i hiss	A300	Module 3	X2	W314
H3_RF1		Hiss 3, RFID 1				
H3_ST1	Luft	Hiss 3, Stopp 1	A300	Module 5	Y4	P75 1
H3_ST2	Luft	Hiss 3, Stopp i hiss	A300	Module 6	Y1	P55 3
H3_UppNer	Luft	Hiss 3, luft uppNer	A300	Module 6	Y2	P75 4
H4_HissNere	Givare	Hiss4, Nere	A330	Module 2	X3	W341
H4_HissUppe	Givare	Hiss4, Uppe	A330	Module 2	X4	W340
H4_IS1	Givare	Hiss 4, Induktiv 1	A330	Module 2	X1	W343
H4_IS2	Givare	Hiss 4, induktiv i hiss	A330	Module 2	X2	W322
H4_RF1		Hiss 4, RFID 1				
H4_ST1	Luft	Hiss 4, Stopp 1	A330	Module 6	Y2	
H4_ST2	Luft	Hiss 4, Stopp i hiss	A330	Module 6	Y3	
H4_UppNer	Luft	Hiss 4, luft uppNer	A330	Module 6	Y4	
S0_FL1	Givare	Flipper i läge 1	A330	Module 1	X6	W310

S0_FL2	Givare	Flipper i läge 2	A330	Module 1	X7	W307
S0_IS1	Givare	Station 0, Induktiv	A330	Module 1	X1	W302
S0_IS2	Givare	Efter flipper, Induktiv	A330	Module 1	X2	W351
S0_RF1		Station 0, RFID 1				
S0_ST1	Luft	Station 0, Stopp 1	A330	Module 5	Y1	P50 1
S1_RF1		Station 1, RFID 1				
S1_IS1	Givare	Station 1, Induktiv 1	A330	Module 1	X3	W325
S1_K		Felknapp Station 1				
S1_ST1	Luft	Buffer Station 1, Stopp 1	A330	Module 5	Y2	P60 3
S1_ST2	Luft	Station 1, stopp 2	A330	Module 5	Y3	P80 2
S2_RF1		Station 2, RFID 1				
S2_IS1	Givare	Station 2, Induktiv 1	A330	Module 1	X4	W301
S2_IS2	Givare	Station 2, Induktiv 2	A330	Module 1	X5	W302
S2_K		Felknapp Station 2				
S2_ST1	Luft	Station 2, Stopp 1	A330	Module 5	Y4	P20 2
S3_RF1		Station 3, RFID 1				
S3_IS1	Givare	Station 3, induktiv 1	A300	Module 1	X5	W332
S3_K		Felknapp Station 3				
S3_ST1	Luft	Station 3, stopp 1	A300	Module 4	Y1	P60 1

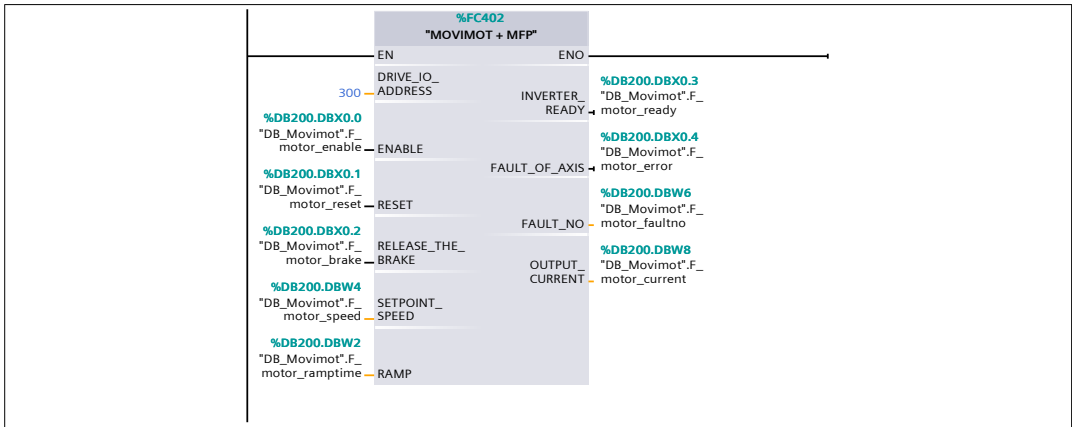
Appendix J - PLC-kod

I appendixet nedan presenteras den PLC-kod som använts vid programmeringen av det styrsystemet som styr transportbanan i produktionscellen. Koden är skriven programvaran Siemens S7TIA. All PLC-kod är inte inkluderad i den här upplagan, detta på grund av att kodningen i projektet inte är helt slutförd i skrivande stund.

Totally Integrated Automation Portal			
<h2>FC_Stn3_Functioncall</h2>			
FC_Stn3_Functioncall Properties			
General			
Name	FC_Stn3_Functioncall	Number 100	Type FC
Language	STL		
Information			
Title	FC_Stn1_Functioncall	Author BAn	Comment
Family		Version 0.1	User-defined ID
Name	Data type	Offset	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
▼ Return			
Ret_Val	Void		
Network 1: Function call station 1			
0001	CALL	"FC_Stn3_General"	
0002	CALL	"FC_Stn3_Indication"	
0003	CALL	"FC_Stn3_Alarm"	
0004	CALL	"FC_ModeChoice_Stn3"	
0005	CALL	"FC_Robot_R1"	
0006	CALL	"FC_Robot_R2"	
0007	CALL	"FC_Robot_R3"	
0008	CALL	"FC_Robot_R4"	
0009	CALL	"Flexlink_ver1"	
0010	CALL	"Flexlink_counters"	
0011	CALL	"Flexlink_io"	
0012	CALL	"Flexlink_RFID"	
0013	CALL	"Flexlink_HissarNere"	
0014	CALL	"AGV1"	
0015			
0016			
0017			
0018			
0019			
0020			
Symbol	Address	Type	Comment
"FC_Stn3_General"	%FC101	Block_FC	
"FC_Stn3_Alarm"	%FC103	Block_FC	
"FC_Stn3_Indication"	%FC102	Block_FC	
"AGV1"	%FC300	Block_FC	
"FC_ModeChoice_Stn3"	%FC110	Block_FC	
"FC_Robot_R1"	%FC111	Block_FC	
"FC_Robot_R2"	%FC112	Block_FC	
"FC_Robot_R3"	%FC113	Block_FC	
"FC_Robot_R4"	%FC114	Block_FC	
"Flexlink_counters"	%FC220	Block_FC	
"Flexlink_io"	%FC210	Block_FC	
"Flexlink_RFID"	%FC203	Block_FC	

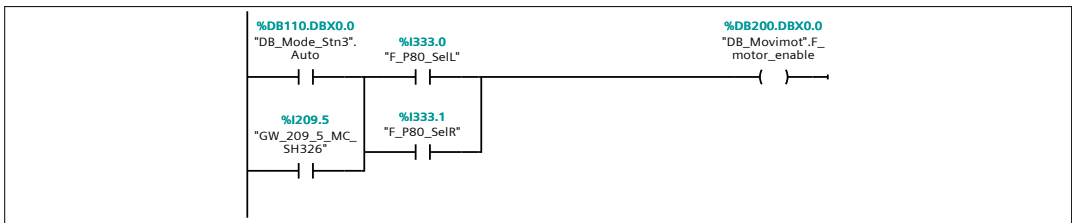
Totally Integrated Automation Portal			
Symbol	Address	Type	Comment
"Flexlink_HissarNere"	%FC202	Block_FC	
"Flexlink_ver1"	%FC200	Block_FC	

Totally Integrated Automation Portal																																																		
<p>Flexlink_ver1</p> <p>Flexlink_ver1 Properties</p> <p>General</p> <table border="1"> <tr> <td>Name</td> <td>Flexlink_ver1</td> <td>Number</td> <td>200</td> <td>Type</td> <td>FC</td> </tr> <tr> <td>Language</td> <td>LAD</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Information</p> <table border="1"> <tr> <td>Title</td> <td></td> <td>Author</td> <td></td> <td>Comment</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Family</td> <td></td> <td>Version</td> <td>0.1</td> <td>User-defined ID</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Data type</th> <th>Offset</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Input</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Output</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>InOut</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>▼ Temp</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Count_S0_IS1</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> <tr> <td>▼ Return</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Ret_Val</td> <td>Void</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Network 1: Control MOVIMOT 1</p> <p>DRIVE_IO_ADDRESS: Start address of the I/O area => Hardware configuration (access to peripheral areas with indirect register addressing)</p> <p>Peripheral access errors must be detected externally.</p> <p>FC inputs: Enable via "ENABLE" & dig. inputs (CW/Stop & CCW/Stop) "RESET" = true: Confirm error "RELEASE_THE_BRAKE" = true: With S2/2 set to "ON," release of brake possible even if drive is not enabled.</p> <p>"SETPOINT_SPEED": Preset of set speed in percentage (integer), "RAMP": Preset of ramp in ms (integer)</p> <p>FC outputs: "INVERTER_READY" = true: No error present & mains voltage ON "FAULT_OF_AXIS" = true: An error is present. "FAULT_NO" <> 0: The error codes are listed in the system manual and are displayed in MOVITOOLS (status, bus monitor). "OUTPUT_CURRENT": Enter apparent current in percentage of rated unit current</p>			Name	Flexlink_ver1	Number	200	Type	FC	Language	LAD					Title		Author		Comment		Family		Version	0.1	User-defined ID		Name	Data type	Offset	Input			Output			InOut			▼ Temp			Count_S0_IS1	Int		▼ Return			Ret_Val	Void	
Name	Flexlink_ver1	Number	200	Type	FC																																													
Language	LAD																																																	
Title		Author		Comment																																														
Family		Version	0.1	User-defined ID																																														
Name	Data type	Offset																																																
Input																																																		
Output																																																		
InOut																																																		
▼ Temp																																																		
Count_S0_IS1	Int																																																	
▼ Return																																																		
Ret_Val	Void																																																	



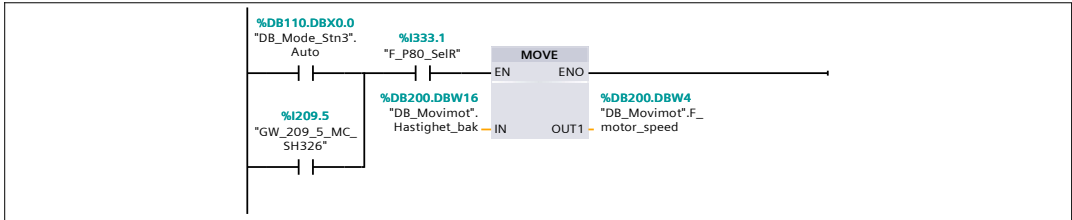
Network 2: Driftvillkor för flexlinkbanan

Automatik eller hålldonet aktiverat



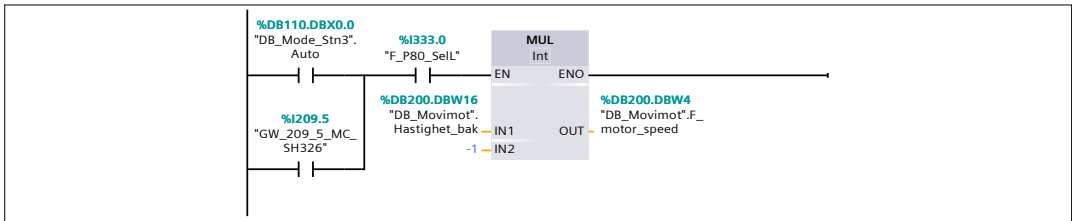
Network 3: Driftvillkor för flexlinkbanan, justerar hastighet

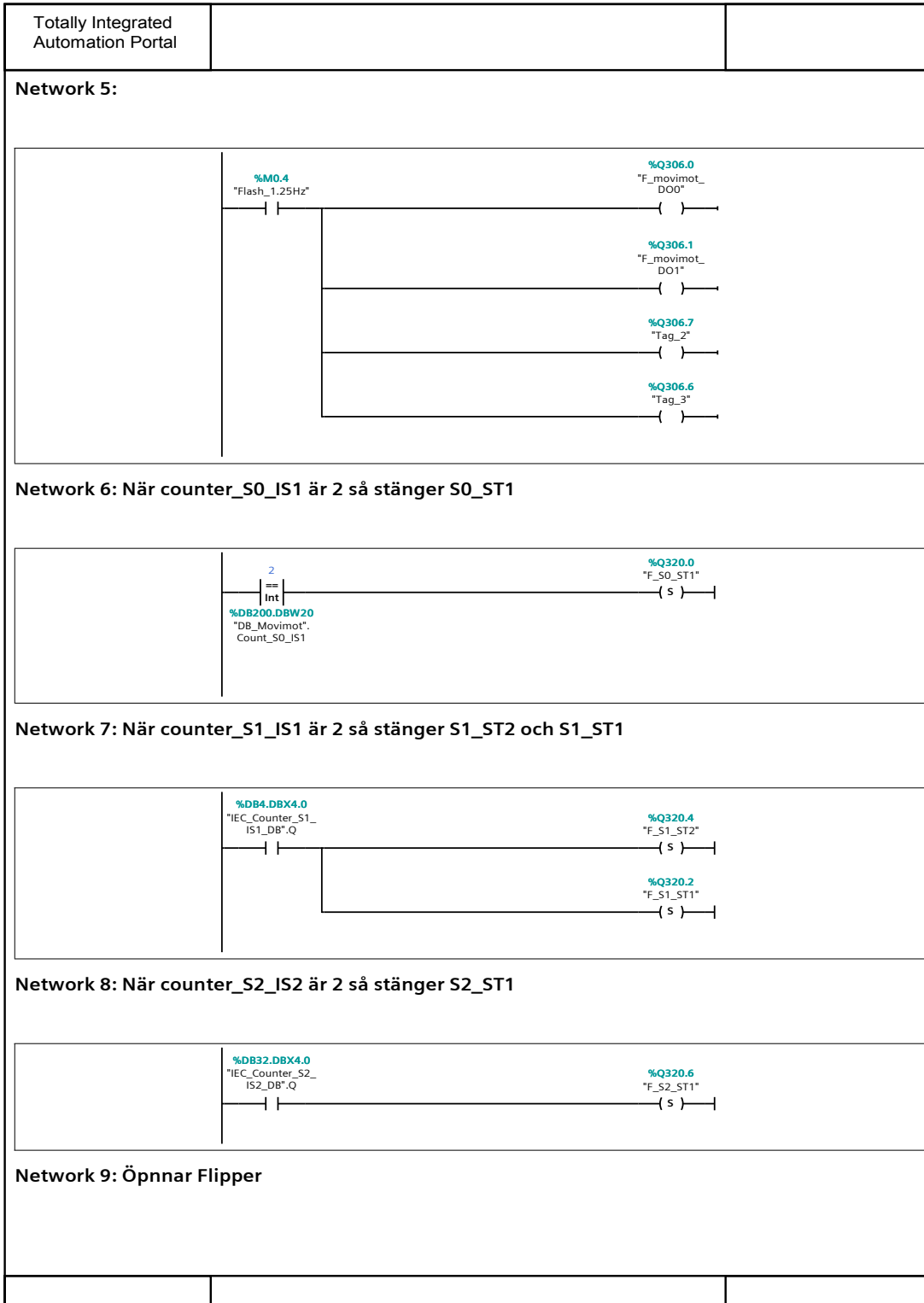
Automatik eller hålldonet aktiverat



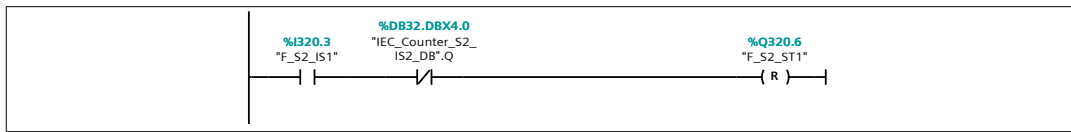
Network 4: Driftvillkor för flexlinkbanan, justerar hastighet

Automatik eller hålldonet aktiverat

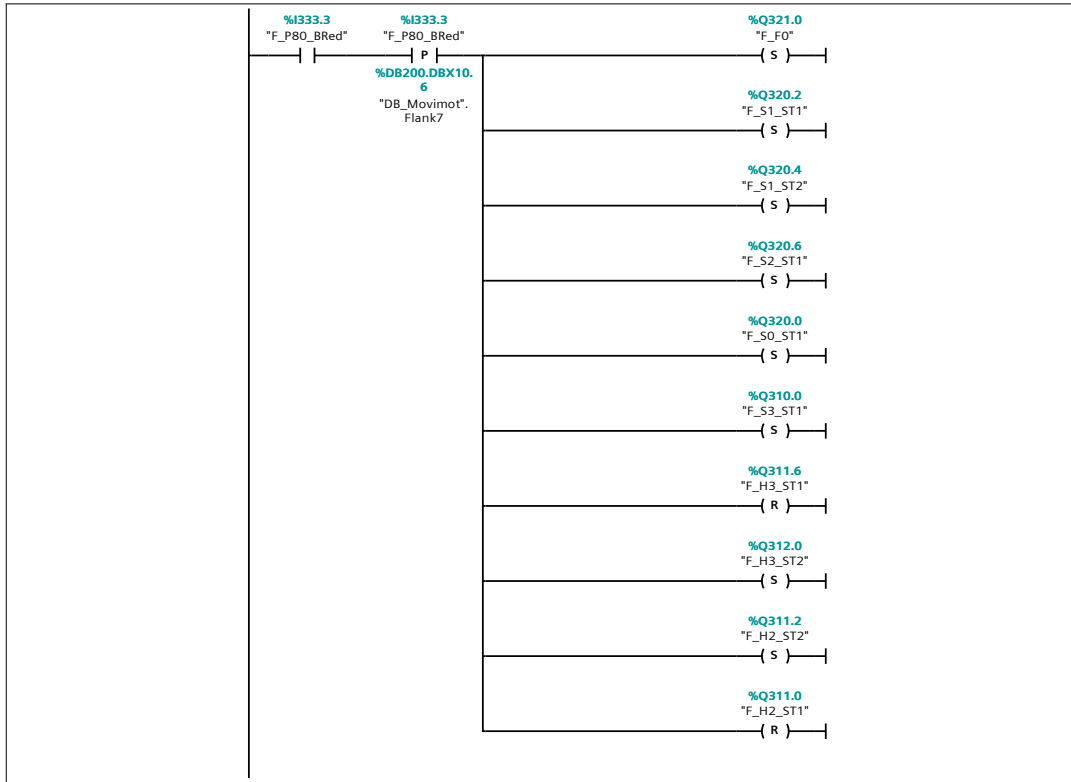




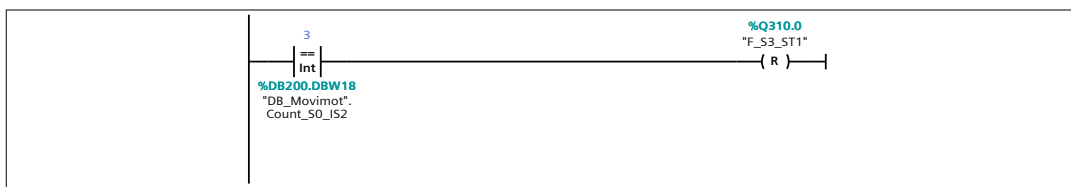
Totally Integrated Automation Portal		
<p>Network 10: När counter_S0_IS2 är 3 stänger flipper</p>		
<p>Network 11: När counter_S0_IS1 är 3 så stänger S0_ST1</p>		
<p>Network 12: Station S0, Öppnar S0_ST1 och S1_ST2 och S1_ST1</p>		
<p>Network 13: S2_IS1 öppnar S2_ST1</p>		



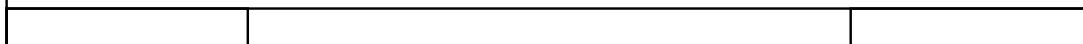
Network 14: Stänger det mesta, för reset av system vid fel

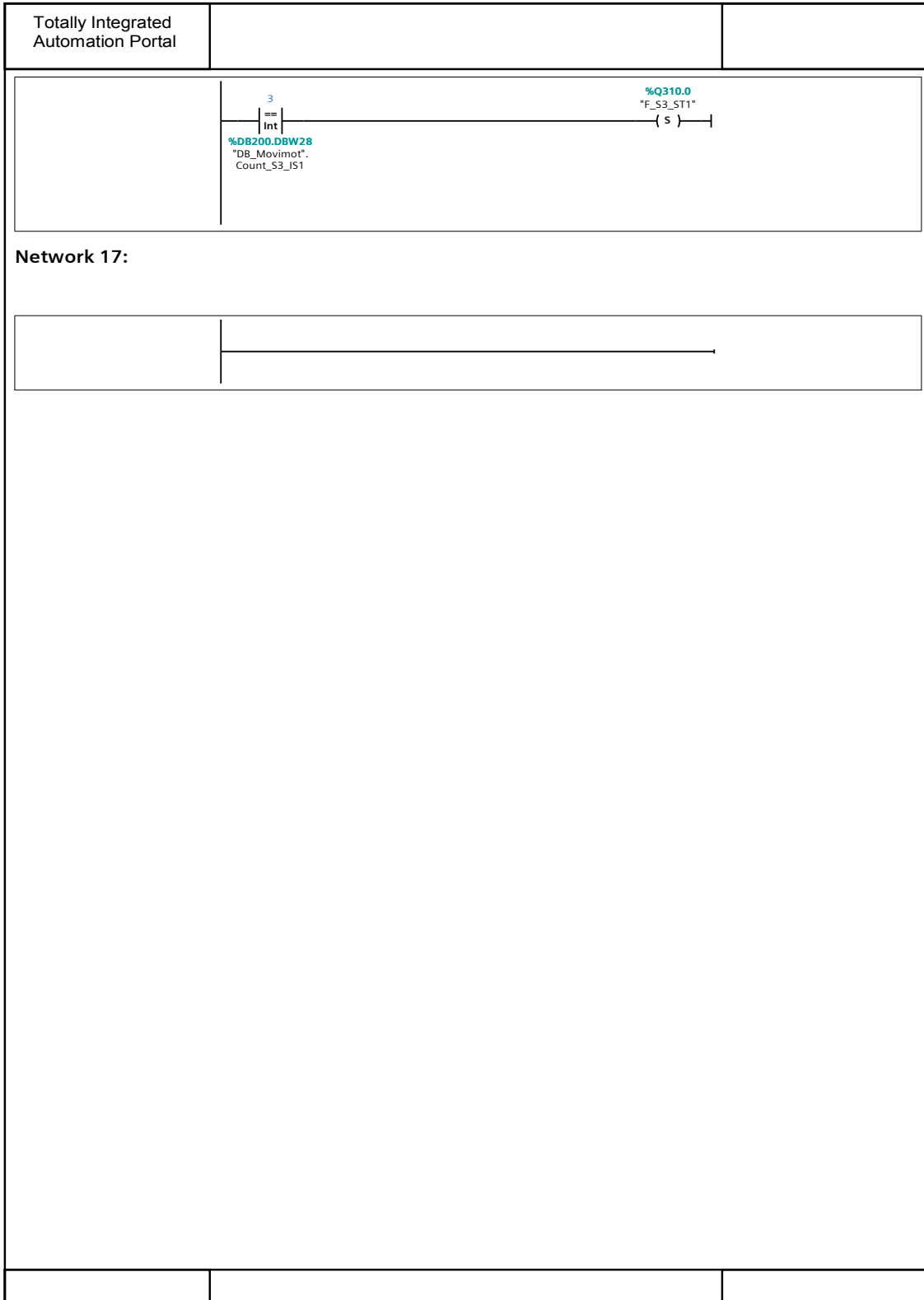


Network 15: När S0_IS2 är 3 så öppnar S3_ST1



Network 16: När S3_IS1 är 3 så stänger S3_ST1





Appendix K - Produktionsförluster

Alla tider nedan är uttryckta i TMU.

$$T_c = 2778$$

$$\text{Personlig fördelningstid} = 0$$

$$\text{Teknisk fördelningstid} = 0$$

Värdena för nedanstående uträkningar togs av medeltalet för respektive produktfamilj.

$$H_t = \text{Hantering} + \text{Instruktion} + \text{Personlig fördelningstid}$$

$$H_f = H_t + T_f$$

$$\text{Balanserad tid} = \text{Total tid}$$

$$\text{Kontrollant} = 1 * T_c$$

$$\text{Hantringsförluster} = \frac{H_f}{Z}$$

$$\text{Balanseringsförluster} = \frac{\text{Obalanserad tid}}{Z}$$

$$\text{Systemförluster} = \frac{\text{Kontrollant} + \text{Teknisk fördelningstid}}{Z}$$

TMU	Z	Hantering	Instruktion	Total tid
Liten motor	739	528	211	1478
Stor motor	956	683	233	1872
Grön motor	903	528	303	1733
<i>Medel</i>	<i>866</i>	<i>580</i>	<i>249</i>	<i>1694</i>
Växellåda 1	1533	822	406	2761
Växellåda 2	1292	672	328	2292
Växellåda 3	1153	667	311	2131
<i>Medel</i>	<i>1326</i>	<i>720</i>	<i>348</i>	<i>2394</i>
Inredning sport	1000	722	411	2133
Inredning familj	1211	700	719	2631
Inredning cupé	1325	883	569	2778
<i>Medel</i>	<i>1179</i>	<i>769</i>	<i>567</i>	<i>2514</i>
Total Medel	1146	721	459	2326

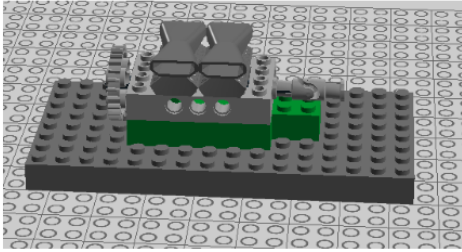
Bilaga L - Monteringssekvens

I bilagan nedan presenteras en monteringssekvens av modul Motor EI med alla dess ingående monteringssteg.

Motor EI

Motor EI

Steg 0
Steg 1
Steg 2
Steg 3
Steg 4
Steg 5
KLAR



Movie Station Choice

Motor EI

Steg 0

Steg 0
Steg 1
Steg 2
Steg 3
Steg 4
Steg 5
KLAR



1 Modulplatta

Movie Station Choice

ipad 12:25 76%

129.16.63.241/Tommys%20skrivbord/?p=desktop Google

x IPSL +

Motor EI

Step 0

Step 1

Step 2

Step 3

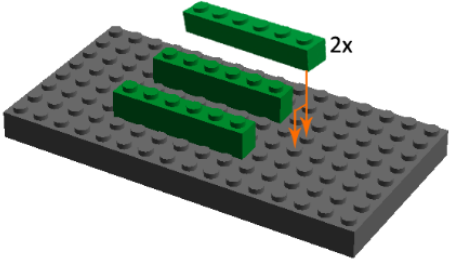
Step 4

Step 5

KLAR

Step 1

4 Brick grön 6x1



Movie Station Choice

ipad 12:25 76%

129.16.63.241/Tommys%20skrivbord/?p=desktop Google

x IPSL +

Motor EI

Step 0

Step 1

Step 2

Step 3

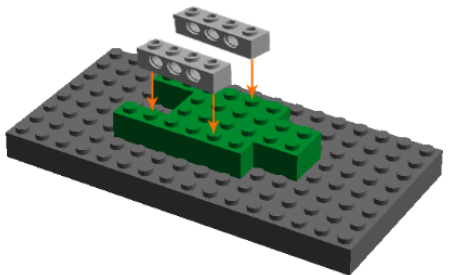
Step 4

Step 5

KLAR

Step 2

2 Brick grå håll, 4x1



Movie Station Choice


iPad 12:25 76%

129.16.63.241/Tommys%20skrivbord/?p=desktop Google

x IPSL +

Motor EI
Step 0
Step 1
Step 2
Step 3
Step 4
Step 5
KLAR

Step 3



- 2 Brick grå håll, 4x1
- 1 Axel stor
- 1 Kugghjul stort
- 1 Drivknut

Movie Station Choice

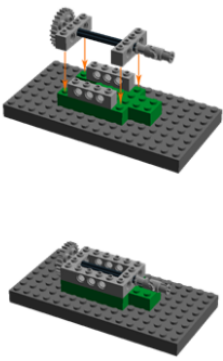
iPad 12:25 76%

129.16.63.241/Tommys%20skrivbord/?p=desktop Google

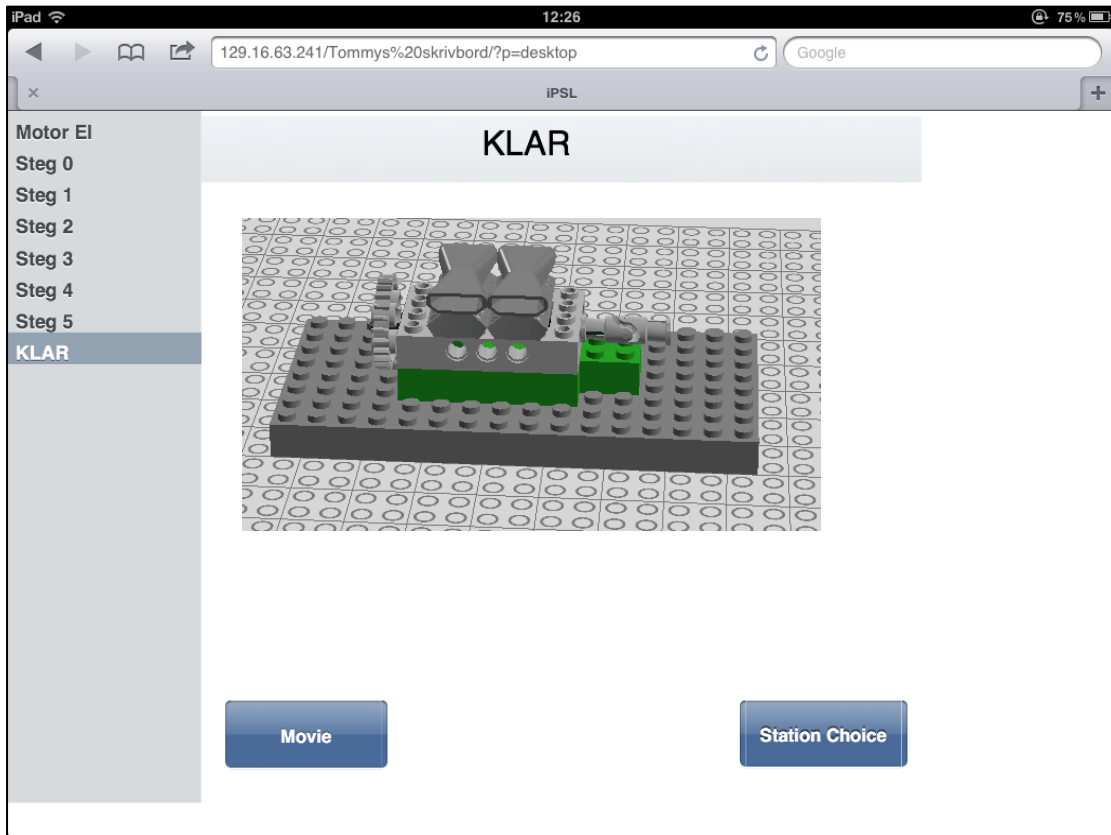
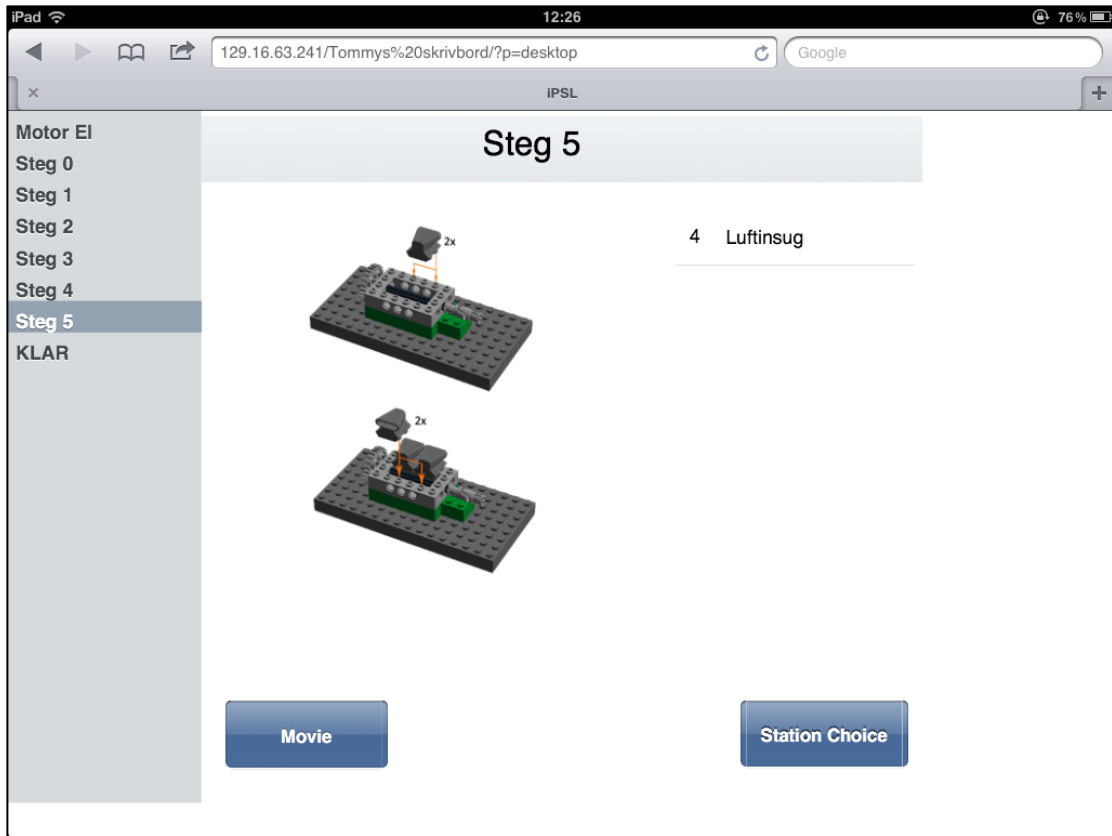
x IPSL +

Motor EI
Step 0
Step 1
Step 2
Step 3
Step 4
Step 5
KLAR

Step 4



Movie Station Choice



Appendix M – Instruktionstyper

I appendixet nedan presenteras två av de tre instruktionsvarianter som har utvärderats i kandidatarbete. Den tredje och sista varianten som bestod av en filmsekvens finns att tillgå genom Tommy Fässberg, Phd vid *Institutionen för Produkt och Produktionsutveckling*.

Textvariant

Monteringssekvens

X-axeln går i färdriktning. Y-axlens nollpunkt är centrumlinje. Koordinat (1, -1) är den första knoppen under centrumlinjen längst till höger.

Inredning cupé

1. Modulplattans piggar i slädens ytterstahål
2. Brick röd, 6x2: centrerad längs centrumlinje i modulplatta
3. Brick röd, hörn: hörnet monteras på (3, -2)
4. Brick röd, hörn: hörnet monteras på (3, 2)
5. Brick röd, 6x1: Monteras i y-led på (2, -2) på modulplattan
6. Brick röd, 6x1: Monteras i y-led på (2, 2) på modulplattan
7. Stol: monteras i färdriktning på (5, -3) mot brick röd, hörn.
8. Stol: monteras i färdriktning på (5, 3) mot brick röd, hörn.
9. Brick röd, sluttande: Knoppen monteras på (3, -5) i x-led
10. Brick röd, sluttande: Knoppen monteras på (3, 5) i x-led
11. Ratt: Monteras på (7, -3) & (7, -4) vänd mot stol
12. Brick röd, 2x1: Monteras på (7, 3) & (7, 4)
13. Brick röd, sluttande: Knoppen monteras på (2, -1)
14. Brick röd, sluttande: Knoppen monteras på (2, 1)
15. Stol: Monteras på (2, -2) mot brick röd, sluttande.
16. Stol: Monteras på (2, 2) mot brick röd, sluttande.

Sekvensbild med BOM-lista

iPad 12:25 76%

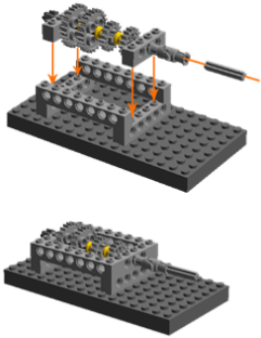
129.16.63.241/Tommys%20skrivbord/?p=desktop Google

x IPSL +

Växellåda 1

- Steg 0
- Steg 1
- Steg 2
- Steg 3
- Steg 4
- Steg 5**
- Steg 6
- KLAR

Steg 5



1 Axel liten

Movie Station Choice