



CHALMERS



Montering av säkringslåda

Implementering av Low-cost Automation på Volvo Lastvagnar AB

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet, maskinteknik (180 hp)

ALBIN ANDERSSON HONKALA

NIKLAS HOLLÄNDER

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2020

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2020:01

Montering av säkringslåda

Implementering av Low-cost Automation på Volvo Lastvagnar AB

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik (180 hp)

Albin Andersson Honkala & Niklas Holländer

Institutionen för Industri- och materialvetenskap
Chalmers TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020

Montering av säkringslåda

Implementering av Low-cost Automation på Volvo Lastvagnar AB

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik (180 hp)

ALBIN ANDERSSON HONKALA & NIKLAS HOLLÄNDER

© Albin Andersson Honkala & Niklas Holländer, Sverige 2020

Examensarbete 2020:01

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:

Montering av säkringslåda

Tryckeri /Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Göteborg, Sverige 2020

Förord

Denna rapport är vårt examensarbete på högskoleingenjörsprogrammet i maskinteknik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Detta examensarbete har utförts under vårterminen 2020 och innefattar 15 högskolepoäng.

Vi vill ge ett tack till Volvo Trucks för att vi har blivit givna möjligheten att utföra examensarbetet hos deras företag. Speciellt tack till vår kontakt på Volvo Lastvagnar Tuve, Jonas Fuglås för din tid och samarbete under projektets gång.

Ett stort tack till Göran Stigler samt Sven Ekered på Chalmers tekniska högskola för goda diskussioner och hjälp med 3D-skrivning av ingående prototyper i projektet.

Slutligen vill vi tacka Omkar Salunkhe, doktorand på Chalmers tekniska högskola för att han varit vår handledare. Detta med hans positivitet, intresse och hjälpsamhet med 3D-skrivning har vårt arbete blivit roligare.

Maj 2020

Albin Andersson Honkala och Niklas Holländer

Sammanfattning

Detta examensarbete utfördes på Volvo Lastvagnar AB. Företagets vision är att skapa konkurrenskraftiga produkter och tjänster grundat ur deras kärnvärderingar kvalitet, säkerhet och miljö.

Huvudmålet med projektet var att testa samt undersöka om implementeringen av Low-cost Automation är möjlig vid montering av säkringslådor tillhörande olika modeller av lastvagnar. Detta för att förenkla samt öka graden automation för lättare typer av montering vid deras slutmontering utan behov av höga investeringskostnader.

För att studera detta har projektet innefattat specifik utvärdering och användning av roboten Dobot Magician vilket medförde robotprogrammering samt utveckling av verktyg, magasin och layout design med referens och hänsynstagande till robotens särskilda egenskaper.

Efter utförandet av projektet kan det fastläggas att det finns potential för implementering av Low-cost Automation genom användning av Dobot Magician på Volvo Lastvagnar AB.

Abstract

This thesis was carried out at AB Volvo Trucks. The company focuses on creating competitive products and services that underpin their quality companies, safety and environment.

The main objective of the project was to test and investigate whether implementation of Low Cost Automation is possible when installing fuse boxes belonging to different models of Volvo trucks. This is to simplify and increase the amount of automation for the easier types of tasks at their final assembly without the need for high investment costs.

To study this, the project has implemented specifications for the evaluation and use of the robot Dobot Magician, which conveys robot programming as well as the development of tools, magazines and layout design with references and considerations of the robot's special specific characteristics.

Subsequent tests can confirm that there is potential for low cost automation implementation through the use of Dobot Magician.

Innehållsförteckning

Sammanfattning

Abstract

1. Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.1.1 Volvo Lastvagnar AB	9
1.1.2 Dagens produktion	9
1.3 Avgränsningar	10
1.4 Precisering av frågeställningen	10
2. Teoretisk referensram	11
2.1 Monteringsprocess för säkringslådan	11
2.2 Dobot Magician	11
2.3 Automation	12
2.4 Low-cost Automation	12
2.5 Tidigare arbeten och forskning	12
3. Metod	13
3.1 Informationssökning	13
3.2 Idégenerering	13
3.3 Funktionsanalys	13
3.4 Kravspecifikation	13
3.5 Konceptgenerering	14
3.6 Tillverkning av prototyp	14
3.7 Design av monteringsstation (layout)	14
3.8 Koncept eliminering	14
3.9 Dobot Programmering	15
3.10 Kvalitetskontroll - Experiment	16
3.11 Kostnadsuppskattning	16
4.1 Resultat av informationssökning	17
4.2 Funktionsstruktur	17
4.3 Kravspecifikation	18
4.4 Idégenerering	18
4.4.1 Säkringsförvarning	18
4.4.2 Layout	20

4.4.3 Verktyg	22
4.5 Utveckling och resultat av 3D-prototyper	23
5. Analys och utvärdering av alternativa koncept	27
5.1 Konceptgenerering	27
5.2 Test och analys av 3D-Prototyper samt befintlig utrustning	30
5.3 Koncept Eliminering	39
7. Resultat	42
7.1 Slutresultat av monteringsstation	42
7.2 Slutlig programmering	46
7.3 Slutlig kvalitetskontroll	47
8. Diskussion	49
8.1 Svar på frågeställningar	50
8.2 Felkällor	51
8.3 Rekommendationer och slutsats	51
Referenser	52
Personreferenser	54
Bilagor	
Bilaga 1: Dobot Magician specifikation	
Bilaga 2: Funktionsanalys	
Bilaga 3: Kravspecifikation	
Bilaga 4: Programmeringskod (Sugkopp) säkringslådan 21717590	
Bilaga 5: Programmeringskod (Gripklo) säkringslådan 21717590	
Bilaga 6: Funktionskod (Gripklo) säkringslådan 21717590	
Bilaga 7: Funktionskod (Gripklo) säkringslådan 21717590	
Bilaga 8: Funktionskod (Gripklo) säkringslådan 21717590	

1. Inledning

Här presenteras bakgrunden till arbetet samt dess syfte och vilka avgränsningar som har gjorts. Kapitlet innehåller även precisering av frågeställningar som skall besvaras vid slutet av arbetet.

1.1 Bakgrund

1.1.1 Volvo Lastvagnar AB

År 1927 grundades AB Volvo som idag producerar bussar, anläggningsmaskiner, lastvagnar, marina och industriella drivsystem. Den första lastvagnen producerades år 1928 och har sedan dess växt till att bli den största tillverkaren av tunga lastbilar i Europa. Tillverkningen av lastvagnar utförs av Volvo Lastvagnar AB som är ett tillhörande dotterbolag till AB Volvo, även kopplat till dess externa dotterbolag Mack Trucks och Renault Trucks som även är lastvagns producenter. Med grund på dess tre kärnvärden kvalitet, säkerhet och omsorg för miljön är Volvo Lastvagnar AB idag ett världsledande företag inom lastbilstillverkning [1].

1.1.2 Dagens produktion

I dagens läge genomförs majoriteten av slutmonteringar med manuellt arbete av människor på Volvo Lastvagnar AB. För att tillämpa en högre grad automatisering krävs en process design och implementering av teknik som klarar av produktion av de höga produktvariationer och möjliggör en hög flexibilitet utan att uppoffra utförandet av övriga beståndsdelar i processen [2].

En implementering av mer automatiserade monteringsmetoder skulle medföra en eliminering av uppstående problem grundat ur mänskliga felfaktorer som fel vid val av komponentplacering eller monterings sätt. Problemet är att monteringsarbete oftast är monotont och skulle också kunna lösas genom en automatisering då människor inte genomför olika lyft och rörelser som kan resultera i förslitningsskador. Förutom de mänskliga aspekter bidrar även användningen av robotar oftast till effektivare produktion och kostnadsbesparingar [3].

Som det ser ut idag är graden av variation redan stor på Volvo Lastvagnar Tuve där kunden i princip helt kan anpassa sin lastvagn efter sina behov. Fabriken förser material till andra Volvo fabriker runt hela världen och tillverkar rambalkar till alla Volvos modeller samt fullständig montering av modellerna Volvo FM och Volvo FH. Produktionen skall snart innefatta modeller som är helt eldrivna och modeller med hybridsystem. Detta kommer leda till ännu högre grad av variation i processen. Den höga mängden modeller och variationer ställer då krav på flexibiliteten vilket resulterar i att implementering av en automatiserad monteringsprocess blir mer komplicerad [4].

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att undersöka om monteringsprocessen av säkringslådan kan automatiseras hos Volvo Lastvagnar AB istället för inköp från underleverantör. Målet med projektet är att skapa en funktionell monteringsstation med Dobot Magician som presenterar ett förslag på hur en automatiserad station kan struktureras enligt Low Cost Automation.

1.3 Avgränsningar

Vid undersökning av möjligheterna att implementera en automatiserad monteringsprocess av en säkerhetslåda finns en mängd olika aspekter att behandla. På grund av tid-och resursbegränsningar kommer projekt endast innefatta nedanstående mål.

Arbetet kommer fokusera på att sätta ihop ett förslag för en monteringsstation som skall ta upp och placera säkringarna samt skruva på muttrar för de två mest förekommande varianter av säkringslådor (Artikelnummer 21717590 och 21717591). Automations graden på monteringsstationen skall vara så hög som möjligt, dock får ett fåtal manuella moment utföras. Huruvida transporten av material till monteringsstation kommer inte behandlas i detta arbete. Dels antas metallplattan vara monterad innan monteringen med påbörjas. Roboten som kommer används för att utföra operationen är Dobot Magician. Resultatet av detta kommer att presenteras i form av en demo-körning av operationen inför medverkande parter samt en kostnadsuppskattning av programmeringen, robotar och tillbehör. Uppskattningen av kostnaden kommer nyttja välgrundade gissningar, dock kommer inte alla ingående aspekter inkluderas.

1.4 Precisering av frågeställningen

Mängden av automatiserad montering kommer bli allt mer vanlig i framtiden. Detta genom lämpad teknik och strukturmässig anpassning för att flexibiliteten ska bibehållas vid robotanvändning. Under den ökade mängden automation kommer troligen "Low-cost automation" ses som en allt mer betydande faktor då integrationen av automation prioriteras och tillämpas mer i monteringsprocessen. Åtagande och besvarande till nedanstående frågor kommer göras i slutet av projektet för att fastställa att flertalet aspekter blivit bemötta.

- Är Dobot Magician lämplig att användas för en slutmonteringsprocess av en säkringslåda?
- Vilka åtagande/fördelar finns det med att implementera en automatiserad montering i Volvo Lastvagnar AB istället för inköp från underleverantör?
- Vilka möjligheter finns det och skala upp produktionen med slutmonteringsstationen?

2. Teoretisk referensram

Här presenteras den teoretiska referensramen med viktiga begrepp och teorier som behövs för att förstå arbetets omfattning.

2.1 Monteringsprocess för säkringslådan

Det finns totalt tre olika typer av layouter för säkringslådan. Skillnaden mellan dessa är antalet ingående säkringar samt hur dessa är placerade i säkringslådan.

Som det ser ut idag kommer säkringslådan till Volvo Lastvagnar Tuve från en underleverantör. Vid mottagandet av säkringslådan är redan en metallplatta samt alla säkringar monterade med skruvförband. Säkringarna innefattar två olika storlekar som har olika numreringar och färger för att visualisera sitt monteringsposition. Skruvförbanden för de små och de stora säkringarna är M5 respektive M8.

Säkringarna placeras sedan på en bottenplatta som även används som en typ av fixtur. De satta säkringarna kopplas sedan till kablage som är färgkoordinerade i olika färger för att klargöra var de ska monteras med skruvförband. Kablagen dras sedan ihop och sätts fast i bottenplattan med buntband. Efter detta måste montören skanna relaterade dokument och välja mellan 3 stycken munstycken i rätt ordning innan sista steget kan inledas. Om detta delmoment inte utförs i rätt följd så fungerar inte skruvdragaren. Det sista steget innefattar nyttjandet av en eldriven skruvdragare som används på alla satta skruvförband för att säkerställa att de är monterade med rätt vridmoment [4].

2.2 Dobot Magician

Dobot Magician är en multifunktionell robotarm som är skapad utifrån syftet att främst illustrera och ge en god praktisk utbildning om brukandet av robotar. Möjligheten till att byta verktyg medför att Dobot Magician har en vidgad funktionalitet och kan utföra uppgifter som 3D-skrivning, lasergravyr, rita och skriva. Dobot Magician koordinatsystem är upplagt med kataetiska koordinater enligt x-, y- och z-koordinater. Den stödjer fler än 20 stycken olika programmeringsspråk, t.ex. stöd för C++, flertal C-språk, Python och Java. Dobot Magician uppfyller även ett flertal internationella standarder som exempelvis CE, RoHS, ERP, FCC, KC, PSE och TELEC.

Inköpspriset för en Dobot Magician är cirka 15 000 kr, inkluderat i detta är medföljande verktygen sugkopp, 3D-printningskit (inklusive tråd), lasergravyrkit (500 mW, klass 3B), gripklo, rit- och skrivkit, WiFi-modul, Bluetooth-modul samt joystick. Leden som kopplas till verktyget på en Dobot Magician kan rotera 300 grader. Med en lyftkraftskapacitet på 500 g och dess lilla geometri och med ett fundament på 158 x 158 mm och en arbetsradie på 320 mm gör att den är lämpad för hantering av mindre typer av detaljer [5]. Se Bilaga 1 för mer tekniska specifikationer.

2.3 Automation

Automationen kan beskrivas som arbete som istället för att utföras av en människa nu genomförs med hjälp av mekaniska maskiner som bearbetar fysiska detaljer eller kognitiva datorer som analyserar och behandlar information. Sedan början av 2010 har teknologin inom både fysisk- och kognitiv automation utvecklats mycket. Grunden till detta är den medförda utvecklingen som framstår vid högre konkurrens mellan företag. Detta eftersom produktionen ständigt måste fortsätta förbättras inom de ingående områdena effektivitet, kvalite och flexibilitet. Dessa faktorer förbättras med automatisering vilket är den huvudsakliga anledningen till att företag vill implementera det i sin produktionsprocess [6].

2.4 Low-cost Automation

Teknologin som skapar en viss grad av automation genom att integreras med den befintlig utrustning som finns på plats. Genom att använda mycket standardiserade produkter till lågt pris är målet att bibehålla en låg investeringskostnad för att möjliggöra en så kort återbetalningsperiod som möjligt.

Vid dess implementering kan processen simplificeras och graden av manuellt arbete sänkas. Några av de största fördelarna med teknologin är låga investeringar och oftast mindre upptagande av arbetsytor samt ökad produktivitet [6].

2.5 Tidigare arbeten och forskning

Ett tidigare examensarbete hittades vid namn "Operator - Robot collaboration". Arbetet handlar om kollaborativ robot från KUKA och dess interaktion med människor genom att montera två säkringslådor (Artikelnummer 21717590 och 21717591) [7].

Det tidigare arbetet gav inga direkta tillämpningar som kan användas i detta arbete även om samma typer av säkringslådor skall monteras. Inga jämförelsebara resultat hittades som exempelvis monterings tid per säkringslåda. Dock uppdagades det att toleranserna är små när säkringarna skall placeras i säkringslådan som togs i åtanke under arbetsprocessen.

3. Metod

Nedan presenteras de metoder som används och dess syfte för att genomföra arbetet.

3.1 Informationssökning

Informationssökning gjordes i syfte för att hitta redan existerande lösningar på dessa problem eller tillämpningar. Sökandet efter information i form av artiklar är via internet där nyckelord som Dobot Magician, produktutveckling och Low-cost automation användes.

Informationssökningen kommer även att behandla om några liknande arbeten har gjorts förut. Målet med detta är att hitta tillämpningar som kan används i detta arbete och eventuellt jämföra resultat, samt att sökandet av ISO-standarder och annan relevant information beaktas [8].

3.2 Idégenerering

För att skapa olika lösningsförslag kommer idégenerering tillämpas i form av kreativa- samt systematiska metoder. De kreativa metoderna innefattar fri brainstorming och grundläggande skisser på olika lösningar. Denna fas medför inga begränsningar och målet är att diskutera och generera många olika lösningsförslag oberoende av kundkraven. Detta för att inte begränsa kreativiteten och idéer vid framtagning av lösningar. Sedan skapas en funktionsanalys för att generera ytterligare idéer utifrån de existerande förslagen [9].

3.3 Funktionsanalys

För att bryta ner produktens syfte och vad den skall kunna utföra definieras ett antal funktioner i samverkan med uppdragsgivaren.

Produktens funktioner delas upp hierarkiskt i huvudfunktion, delfunktioner och underfunktioner. Huvudfunktionen beskriver helheten vad produkten skall utföra och kan ses som ett krav produkten måste uppfylla. För att uppfylla huvudfunktionen ingår det ett antal delfunktioner som tillsammans tillåter att huvudfunktionen kan utföras. Även delfunktioner kan vara uppbyggda av underfunktioner. Detta resultat illustreras enklast i form av ett träd-diagram. Funktionerna kan betraktas som kriterier eftersom lösningen begränsas utifrån funktionerna [10].

3.4 Kravspecifikation

Krav på den tilltänkta produkten är en viktig del i sökandet efter lösningar och även som en utgångspunkt för utvärderingsprocessen av koncept längre fram i utvecklingen. Kraven bör inte formuleras med subjektiva betoningar eller bara beskriva en teknisk princip. Utan kraven skulle helst bara ha mätbara värden kopplade till dem då dessa används för att avgöra om lösningen är duglig [11].

3.5 Konceptgenerering

För att strukturera upp och sammanställa dellösningar med ideer från funktionsanalysen respektive fria idégenereringen tillämpades en morfologisk matris. Denna matris är en metod för att generera koncept där man kombinerar olika dellösningar och ideer med varandra. Genom att kombinera de olika dellösningar med varandra kan en totallösningsrymd skapas förutsatt att det går att kombinera alla dellösningar med varandra. Målet med denna metod är att skapa ett koncept urval [12].

3.6 Tillverkning av prototyp

För att längre fram kunna utvärdera och framställa fysiska koncept samt utföra verifiering, kommer funktionella prototyper skapas [13].

Detta kommer ske med hjälp av Catia-V5 där man modellerar skisser till virtuella 3D-modeller. Framställningen av 3D-modellerna till fysiska modeller kommer främst tillverkas med 3D-skrivare för adekvata delar av koncepten. Annars kommer traditionella tillverkningstekniker tillämpas som exempelvis fräsning, borrarning samt bockning.

3.7 Design av monteringsstation (layout)

Vid designen av en monteringsstation bör strukturen medfölja en layout som bidrar till en god säkerhet samt effektiv montering. Samtidigt ska hänsyn ges till faktorer som kostnad och platstagande. Genom uppdelning av de delar som strängt krävs till stationen kan platstagande minimeras och därmed kostnaden. Eliminering av ej passande komponenter till stationen möjliggör förenklad materialhantering och montering.

Utformningen av stationen påbörjas med placering av säkringsboxen och kring denna sätts Dobot på lämplig position. Säkringarna skall vara nära för Doboten att plocka men med passande distans till säkringsboxen från ett säkerhetsperspektiv.

3.8 Koncept eliminering

Vid utvärdering av de framtagna koncepten skall fysiska tester genomföras för att se vilken lösning som lämpas bäst i givet område. Detta enligt Otto och Woods utgör prototyperna ett underlag för utvärdera funktionalitet och kravuppfyllelse för konceptet. Metoden heter Proof of Concept (PoC) och är en metod för att demonstrera hur god genomförbarheten hos en viss lösningen är. Detta görs oftast i mindre skala och behöver inte vara en fullständig lösning. Metoden kan också tillämpas för att verifiera att en teoretisk lösning fungerar som planerat [14]. Genom fastställning av ett/flera mål som komponenten ska klara av att verkställa i PoC kommer detta sedan användas för att jämföra mot uppsatta kriterier i form av en elimineringsmatris, detta med JA/NEJ frågor. Se Tabell 3.1 som visar ett exempel på elimineringsmatris [15]. Denna matris tillämpas vid utvärderingsprocessen för att möjliggöra eliminering av de sämsta lösningarna från konceptgenereringsfasen.

Frågor som kommer studeras:

- Löser huvudproblemet
- Uppfyller kraven i produktspecifikationen
 - Behöver inte ett verktygsbyte utföras?
 - Kan konceptet plocka säkringar med satt komponent kombination?
 - Kan konceptet plocka säkringar från en och samma position?
 - Kan konceptet placera och montera muttrar med satt komponent kombination?
- Realiserbart
- Inom kostnadsramen
- Passar företaget

Tabell 3.1 Exempel på elimineringsmatris

Frågeställning	JA	NEJ	Notering
1.	X		
2.		X	Konceptet kan ej plocka säkringar med satt komponent kombination
3.	X		
4.	X		
5.	X		

Sedan kommer fler systematiska tester utföras med de koncept som uppfyller flest kriterier utifrån frågeställningarna. Här kommer hållbarhet, säkerhet och tid av utförande granskas djupare för att kunna ställa koncepten mot varandra. Detta i form av t.ex. tidtagning och kontrollering av godtagbar positionering vid placering av fyra stycken säkringar.

3.9 Dobot Programmering

Dobot Magician kommer programmeras via dess egna språk Dobot Studio specifikt Blockly som är en visuell programmering. Där placerar man ut block i kronologisk ordning för operationen med färdig programmerade funktioner som exempelvis Dobot som rör sig från

punkt A till punkt B eller aktivera verktyget. Den lättsamma visuella uppbyggnaden av programmeringen gör det lätt för individer utan tidigare erfarenhet att arbeta med Dobot [16].

3.10 Kvalitetskontroll - Experiment

Kvalitetskontroll är en metod som främst används inom tillverkningsindustrin och dess syfte är att se till att produkten uppfyller de uppsatta kraven. Detta genom ett resultat givande i binär skala som sedan granskas [17]. Kvalitetskontrollen kommer utgå ifrån experiment som är uppbyggt av iterationer. Där Doboten utför operationen 15 stycken iterationer på en av layout typerna för säkringslådan. Med hjälp av detta experiment skall olika frågor angående kvaliteten samt produktiviteten observeras. Detta som till exempel:

1. Hur många av antalet utförda iterationer resulterar i en misslyckad slutförning av monteringsprocessen?
2. Om det uppstår något fel, vilken typ av fel är det?
3. Hur är effektiviteten?

3.11 Kostnadsuppskattning

För att presentera en bild för uppdragsgivaren vad det kan komma att kosta att implementera detta förslag, kommer en kostnadsuppskattning skapas. Där kommer man räkna med inköp av robotar och programmerings kostnader. Angående programmeringskostnaden kommer antal timmar beräknas som har lagts på att programmera och multipliceras med en rättvis timkostnad.

4. Framtagning av alternativa koncept

I detta kapitel presenteras framtagningen av information, olika lösningar och utförandet av tillverkade 3D-prototyper.

4.1 Resultat av informationssökning

Vid informationssökningen undersöktes Dobot Magician specifikationer och frekventa användningsområden. Resultatet av denna information presenterades tidigare i teoridelen i kapitel 2.2.

Då Dobot Magician främst är ämnad för hobby användning och studerande syfte kunde inga liknande lösningar hittas där den har tillämpats i en industriell miljö tidigare. Detta resultera i att inga tidigare observationer och erfarenheter kunde studeras och användas vid utvecklingen av monteringsstationen.

Problem vid övergång från manuell operation till Low Cost Automation.

- Den nuvarande produktivitets nivån måste bedömas. Detta går enkelt att göra med hjälp av provtagningar och utvärderingar av dess mätdata.
- Enligt Predetermined Motion and Times Studies (PMTS) kan användas för att säkerställa att en manuell operation utförs i lämplig hastighet. Och om inte önskad hastighet uppfylls kan en PMTS hjälpa till att identifiera samt förbättra det.
- Vid manuell montering är de ingående komponenterna oftast inte lämpade för komplexiteten som automatisering orsakar. Exempelvis är det ganska lätt att manuellt montera ett par muttrar men det blir helt plötsligt väldigt komplext för ett automatiserat system att göra samma sak. För att motarbeta detta problem kan en så kallad Design For Automation and Assembly (DFAA) genomföras och granskas [18].

ISO 12100:2010 är en standard för att visa hur man bör gå tillväga vid utförandet av en riskbedömning för att kunna veta vilka faktorer som bör tas i akt vid en riskreducering. Bedömningen inleds med att göra en riskanalys som är bestående av att fastställa maskinens gränser, riskidentifiering och riskuppskattning. Den givna data från detta behandlas slutligen i en riskvärdering [19]

4.2 Funktionsstruktur

Resultatet från funktionsanalysen gjordes i form av ett träd diagram där huvudfunktionen sattes som en automatiserad slutmonteringsprocess med Dobot Magician. Även detta togs fram i dialog med Volvo Lastvagnar AB. Se Bilaga 2 som illustrerar resultatet av funktionsanalysen.

4.3 Kravspecifikation

Kravspecifikationen innefattar krav som är framtagna tillsammans med Volvo Lastvagnar AB och visar de kriterier som har använts som riktlinjer och formaterat projektet. Utöver kraven finns även önskemål som gruppen anser vara relevanta till projektet.

Senare i utvecklingen ställdes också specificerade krav upp som omfattar mer specifik mätdata (Se Bilaga 3).

4.4 Idégenerering

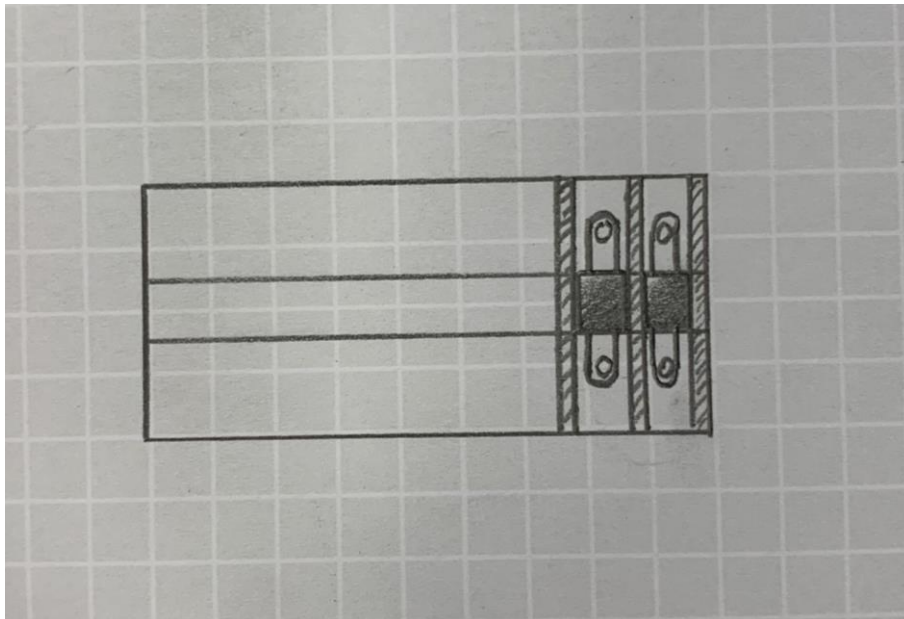
Utifrån resultatet från idegenereringen och funktionsanalysen sammanställs idéer och funktioner med varandra. Detta leder till att olika alternativ till dellösningar har skapats. I detalj hur dessa alternativ ser ut och fungerar kommer presenteras här nedan.

4.4.1 Säkringsförvarning

För att Doboten ska veta vilken säkring som den skall ta upp och placera ut behöver stationen en säkringsförvarning som avger en exakt plock-koordinat för Doboten. Här nedan presenteras de olika förslagen i detalj med skisser.

Statiskt magasin

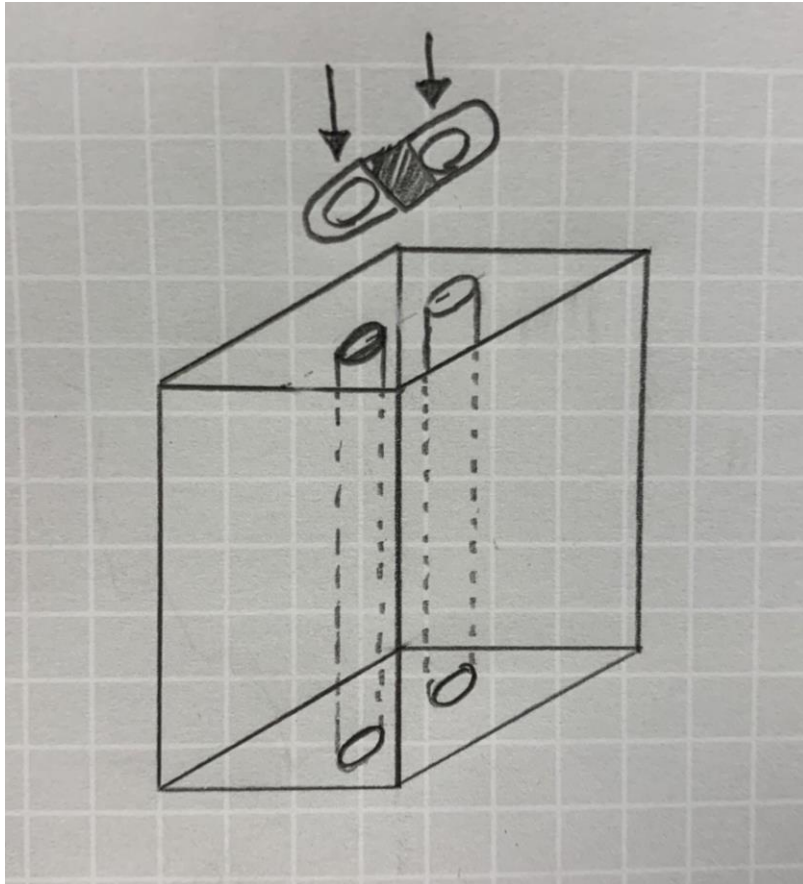
En lösning till säkerhetsförvarningen är att säkringarna ligger färdigpaketerade i ett magasin i en bestämd ordning. Där har man ett anpassat horisontellt spår för säkringarna och väggar emellan säkringarna så att dess position i magasinet inte påverkas när roboten tar upp en säkring ur magasinet. Se Figur 4.1 som visar en grundläggande skiss ovanifrån på hur det statiska magasinet kan se ut.



Figur 4.1 visar en skiss på det statiska magasinet med säkringar.

Vertikalt magasin

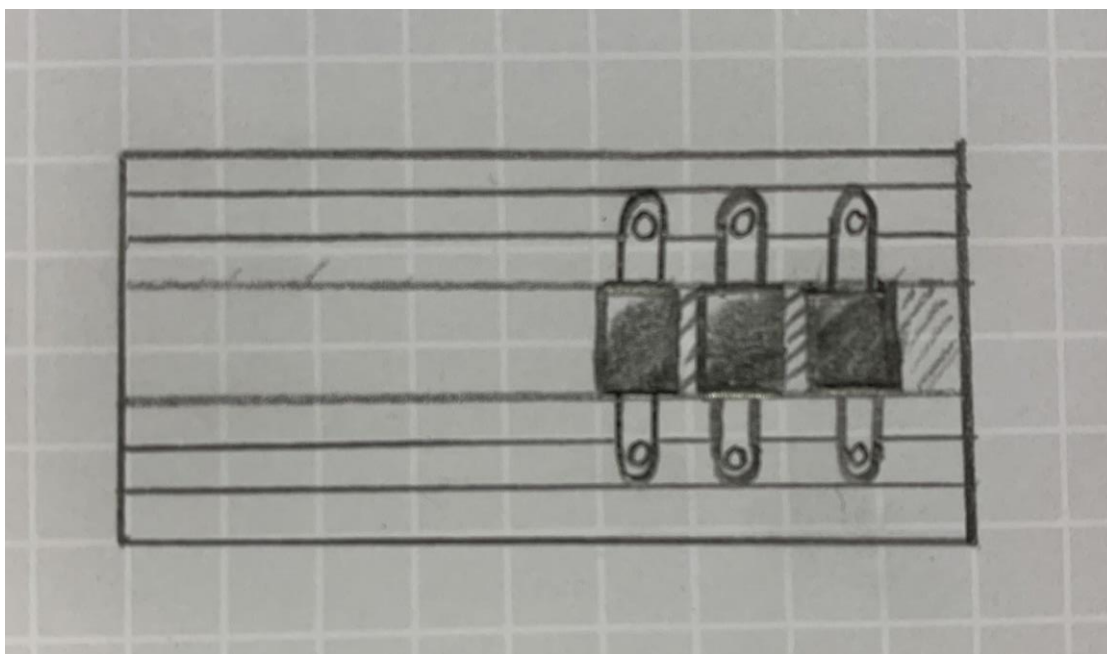
En annan lösning till säkerhetsförvarningen är att säkringarna är paketerat i ett vertikalt magasin med fortsatt bestämd ordning. Där utnyttjar man hålen i säkringarna för att positionera säkringarna i magasinet för roboten istället för ett spår. Se Figur 4.2 som visar en principell skiss på hur det vertikala magasinet kan se ut.



Figur 4.2 visar en skiss på det vertikala magasinet och hur säkringen skall placeras i magasinet.

Dynamiskt magasin

Sista lösningen är att säkringarna paketeras i magasin som både har ett horisontellt anpassat spår för magasinerna och ett annat spår i samma riktning för en skjutmekanism. Skjutmekanismen är till för att förflytta säkringarnas position till en satt koordinat som roboten tar upp säkringen från magasinet. När då roboten tar upp en säkring skall skjutmekanismen förflytta säkringarna i magasinet, så att säkringen därefter hamnar på den föregående säkringens koordinat. Se Figur 4.3 som visar en principiell skiss på hur detta kan se ut ovanifrån.



Figur 4.3 illustrerar det dynamiska magasinet med de två olika spåren.

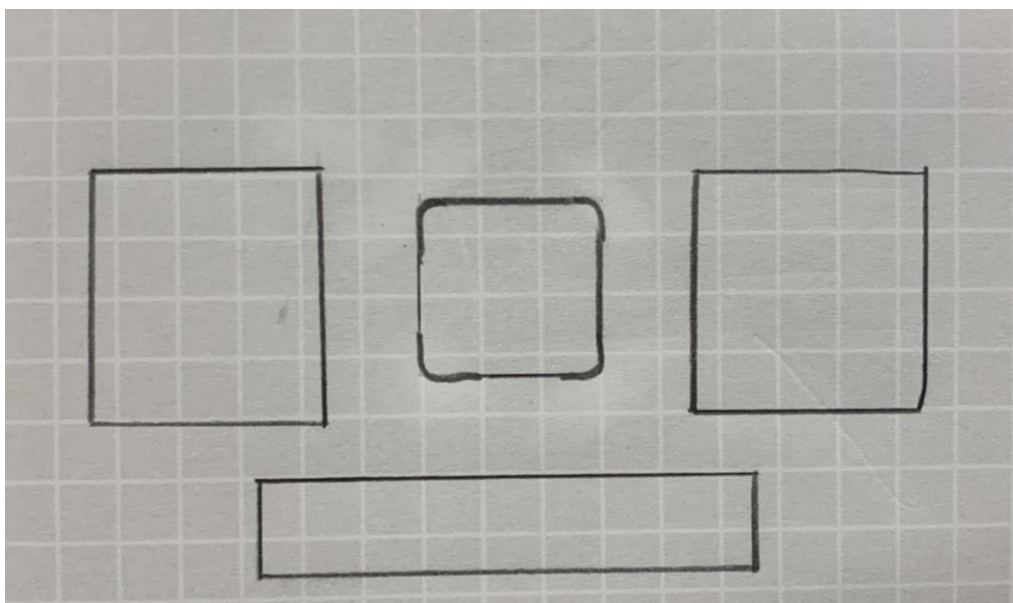
4.4.2 Layout

Positioneringen av de olika komponenterna för den automatiserade monteringsstationen är en viktig del för att konstruera en effektiv monteringsstation. Där tar man hänsyn till robotens räckvidd och fysiska begränsningar, hur stationen tillförs med säkringar och om två robotar används hur ska de positioneras för att inte interfereras med varandra.

Namngivningen av de olika lösningarna sker enligt numrering av
 “Antal Dobot Magician”-”Antal Magasin”-”Antal säkringslådor”

Layout 1-4-2

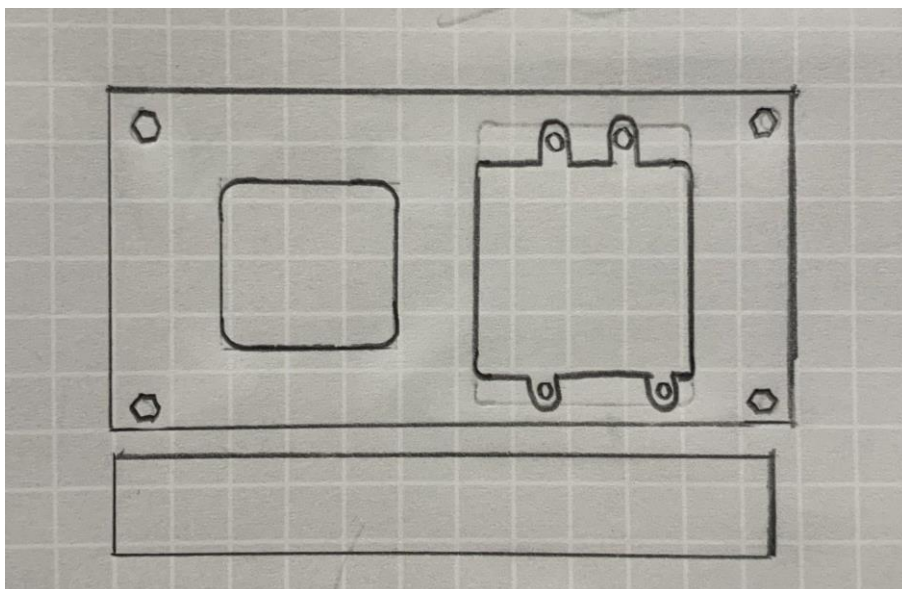
Denna layout är alltså bestående av 1 stycken Dobot Magician, 4 stycken magasin samt 2 stycken säkringslådor. Lösningen är planerad så att Doboten står i mitten med resterande komponenter runt om i form av en halvcirkel. Att den är stående i mitten möjliggör också att den har bra åtkomst till materialet och kan verkställa processen på två säkringslådor parallellt med varandra. Dessa står på vänster- samt höger sida i referens till Doboten(Se Figur 4.4).



Figur 4.4 visar en 2D-skiss på 1-4-2 layouten ovanifrån.

Layout 1-5-1

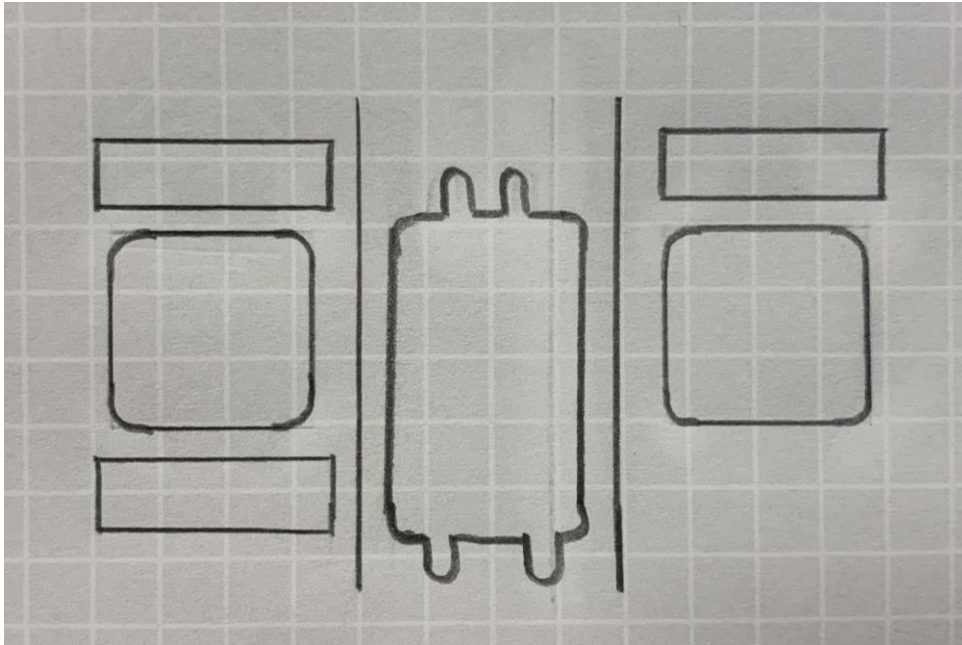
Består av 1 stycken Dobot Magician, 5 stycken magasin samt 1 stycken säkringslådor. I denna lösningen bearbetas en säkringslåda åt gången med hjälp av en Dobot. Layouten innefattar 5 stycken magasin som är placerad så nära som möjligt i förhållande till var den specifika säkringstypen ska placeras. Allt detta står på en bottenplatta som både gör att de sitter ordentligt på plats men även tillåter en begränsad mobilitet (Se Figur 4.5).



Figur 4.5 visar en 2D-skiss 1-5-1 layouten ovanifrån.

Layout 2-3-1

Lösningen på denna layout använder 2 stycken Dobot Magician, 3 stycken magasin samt 1 stycken säkringslåda. Här är det säkringslådan som är stående i mitten och 2 stycken Dobots på motsatta sidor om varandra som slutför processen på samma säkringslåda. Detta med 3 stycken magasin vid Dobotarna, 2 stycken bredvid den ena och 1 stycken bredvid den andra (Se Figur 4.6). Dels finns det även möjlighet till att de kan placera olika komponenter samtidigt genom att synkronisera Dobotarna.



Figur 4.6 visar en 2D-skiss 2-3-1 layouten ovanifrån.

4.4.3 Verktyg

För att det ska vara möjligt för en Dobot Magician att ta upp, placera och utföra skruvprocessen med de komponenter som skall monteras på säkringslådan krävs ett lämpligt verktyg för detta syfte.

Gripklo (vakuumdreven)

En av lösningarna på verktyg är den medföljande gripklon som tillhör Dobot Magician. Denna gripklo är konstruerad av aluminium och drivs med en extern vakuumpump. På gripklons yttersida sitter en vakuumkanare för att denna typ av driftmetod ska vara möjlig. Gripklon har en maximal gripkraft på 8N vid drift från den medföljande vakuumpumpen. Konstruktionen och att den är vakuumdreven resulterar i att klon endast kan stängas och öppnas med full kraft. Det går inte att programmera att den endast skall öppnas med 60 procent av maximal kapacitet (27.5 mm) eller liknande.

Gripklo (eldriven)

Ett annat lösningsförslag är att ha en eldriven gripklo. En eldriven gripklo gör att man har kontroll över greppstyrka samt hur mycket den ska öppnas kan användas. Dock finns denna

komponent inte att köpa från Dobot, så denna gripklo måste då konstrueras av ett annat företag eller individ.

Elektromagnet

För att ta upp komponenterna skulle en elektromagnet kunna användas. Detta verktyg använder magnetism som drivkraft för att plocka upp komponenter. Dock finns denna komponent inte att köpa från Dobot, denna elektromagnet måste då konstrueras av ett annat företag eller individ.

Sugkopp (medföljande)

En sugkopp lyfter komponenter genom att sluta tätt till en yta och använda vakuum som drivkraft. Den medföljande sugkoppen från Dobot är gjord av silikon har en diameter på 20 mm och ett undertryck på 3 KPa.

Sugkopp (anpassad)

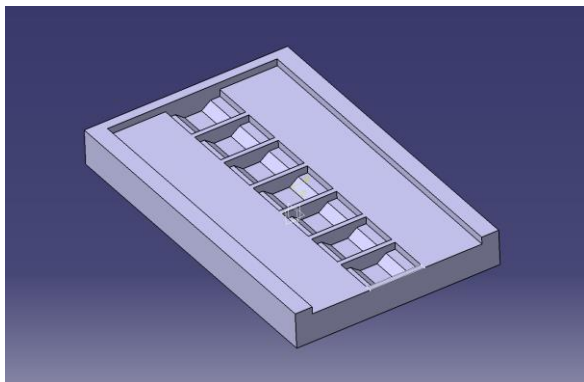
En annan lösning är om en sugkopp som har en mindre diameter samt anpassad passning specifikt till den komponenten som skall monteras kan användas.

4.5 Utveckling och resultat av 3D-prototyper

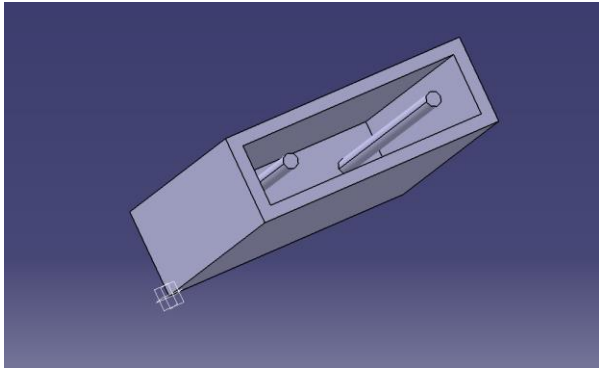
För att kunna utföra de tester och analyser som krävs vid utvärderingsprocessen skapades 3D-modeller i CATIA V5 av de olika lösningarna som uppstod under idégenereringsfasen. Dessa användes sedan för att göra fysiska prototyper med hjälp av 3D-skrivare.

4.5.1 Magasin

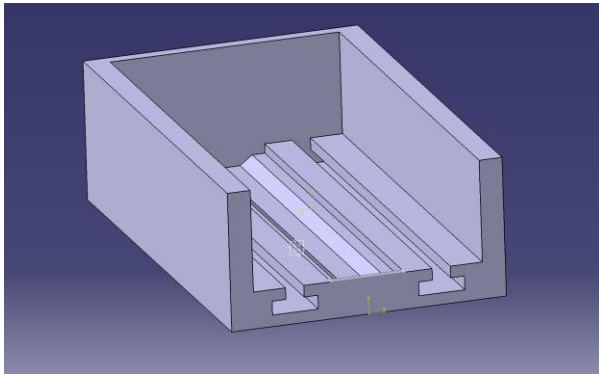
För att åstadkomma goda resultat vid utformningen av prototyper iaktogs alla dimensioner på de olika säkringarna. Med referens till geometrin på de små säkringarna påbörjades utförandet av virtuella modeller som sedan skrevs ut. De första prototyperna av de dynamiska magasinet hade en alltför hård passning vilket innebar att friktionen var allt för hög i förhållande till den sökta. Detta var även problemet med det vertikala magasinet. Nya försök gjordes och en god tolerans på dimensionerna hittades för att se till att säkringarna låg på rätt plats men fortfarande kunde röra sig i avsedd riktning. Resultatet av 3D-modelleringen se Figur 4.7, 4.8 och 4.9 för respektive magasin.



Figur 4.7 visar en CAD-modell på det statiska magasinet för de små säkringar.

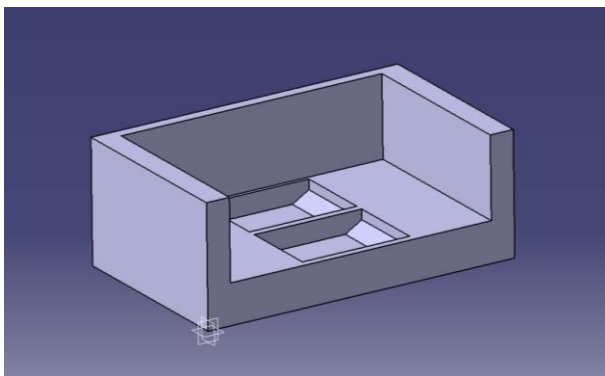


Figur 4.8 visar CAD-modell på det vertikala magasinet för de små säkringar.

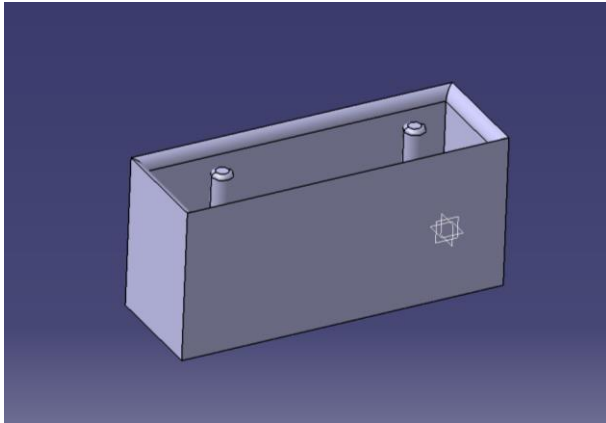


Figur 4.9 visar en CAD-modell på det dynamiska magasinet för de små säkringarna.

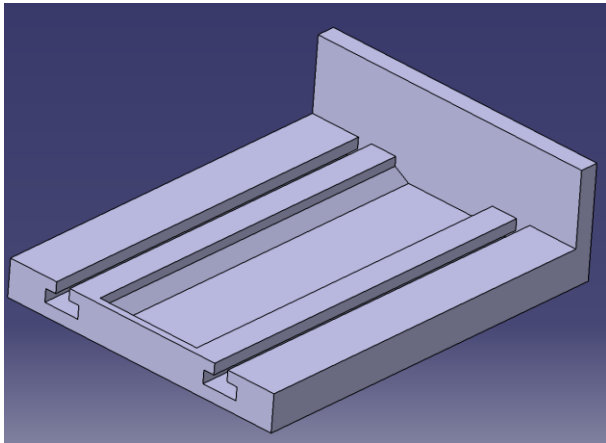
För de större säkringarna nyttjades även dessa modeller för att framställa passande magasin. Genom att skala upp dimensionerna, använda samma toleranser och göra ett nytt spår utifrån de större säkringarnas form och geometri gavs användbara prototyper även för dessa. Resultatet av 3D-modelleringen se Figur 4.10, 4.11 och 4.12 för respektive magasin.



Figur 4.10 visar en CAD-modell på det statiska magasin för de stora säkringarna.



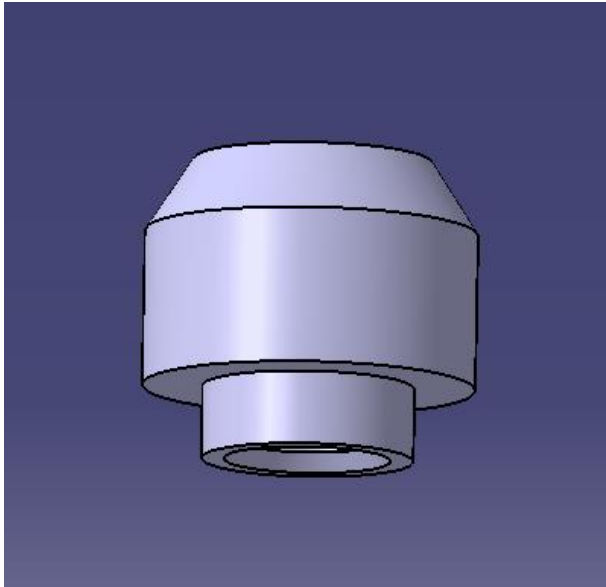
Figur 4.11 visar en CAD-modell för det vertikala magasinet för de stora säkringarna.



Figur 4.12 visar en CAD-modell för det dynamiska magasinet för de stora säkringarna

4.5.2 Sugkopp

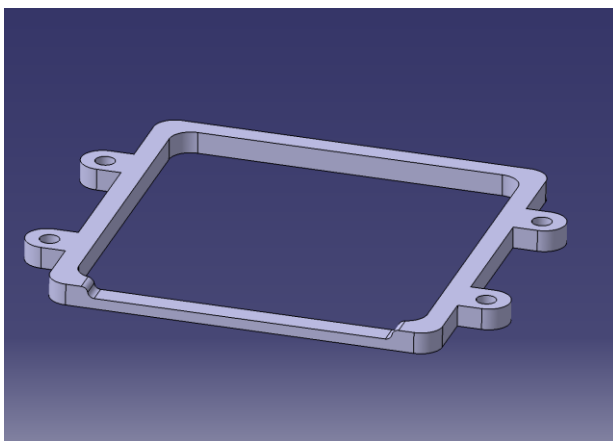
Från idegenereringen uppstod lösningen att skapa en sugkopp med mindre diameter samt med mer lämpad passform för de specifika komponenter som monteras på säkringslådan. Vid början av utvecklingen studeras munstycket på Dobot Magician då passningen mellan munstycke och sugkopp är kritiskt för att den ska kunna uppfylla dess syfte och inneha en god funktionalitet. Första prototypen av sugkoppen resultera inte i önskad passning då polym typen som används vid 3D-skrivning har för hög styvhet för att den skall kunna kopplas till Doboten. Vid observation av prototypens textur sågs det även att ytan var skrovlig i referens till de komponenter som skall placeras. Efter denna anmärkning skapades en ny prototyp med en mer passande radie övergång vid planerad kontaktyta. Dock med oförändrade yttre dimensioner men med större inre dimensioner för att kunna kompensera för materialets styvhet (Se Figur 4.13). Denna prototyp ansågs kunna tillämpas senare under testfasen.



Figur 4.13 visar den slutliga CAD-modellen för den egendesignade sugkoppen.

4.5.3 Ram

För att utförandet av testerna skall medföra adekvata resultat är det viktigt att ingående parter i layouten har en kvarstående position då monteringsprocessen innefattar snäva toleranser och kräver hög precision. Grundat ur detta genomfördes prototyp skapandet av en typ av fundament lämpat för Dobot Magician för att säkerställa att inga oplanerade dislokationer inträffar. Designen för denna prototyp är i form av en ram eftersom låsning i z-riktning är onödig då ingen hög tryckbelastning ska appliceras eller tunga komponenter skall monteras (Se Figur 4.14). Ramen monteras längs med Dobotens fundament och spänns sedan fast med skruvförband i arbetsbordet. Detta eliminerar möjligheten för oönskad rörelse förflyttning i x- och y-riktning.



Figur 4.14 visar CAD-modellen för ramen.

5. Analys och utvärdering av alternativa koncept

Här presenteras genereringen av koncepten och dess beskrivning i form av skiss samt text. Här visas även resultatet av dellösningarnas och konceptens funktionalitet utifrån prototyp-tester. Slutligen presenteras motiveringen av de koncept som eliminerades.

5.1 Konceptgenerering

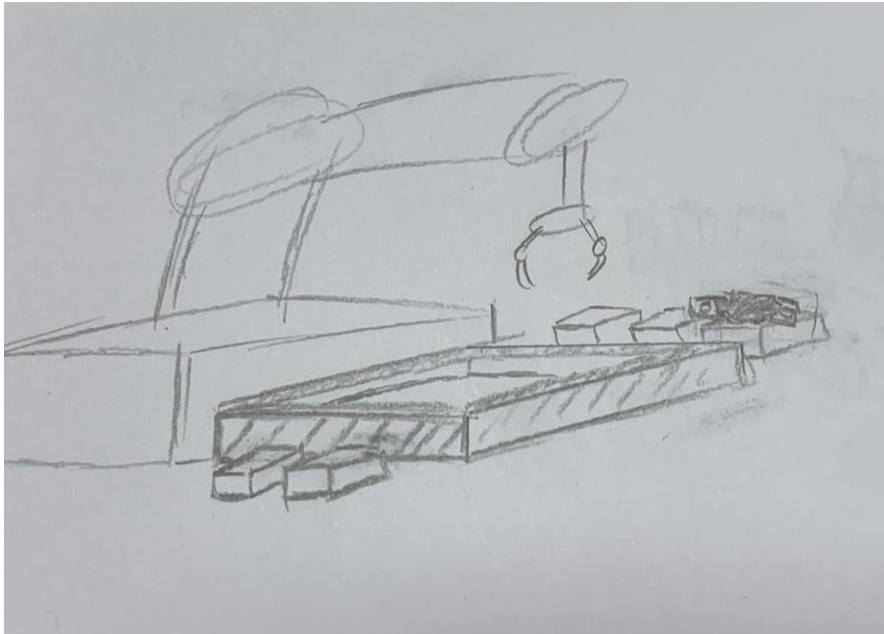
Vidare i arbetsprocessen användes morfologisk matris för att generera olika koncept av dellösningarna som uppkom under idegenereringen. Resultatet från morfologiska matrisen visas i tabell 5.1 där punkterna med likadana kulörer symboliserar sitt koncept. Namnet på konceptet motsvarar dess kulör i matrisen.

Tabell 5.1 Morfologisk matris

Dellösningar			
Säkringsförvarning	Statiskt magasin 	Dynamiskt magasin   	Vertikalt magasin 
Verktyg	Sugkopp  	Gripklo  	Magnet 
Layout	1-5-1 	1-4-2 	2-3-1   

Koncept Blå

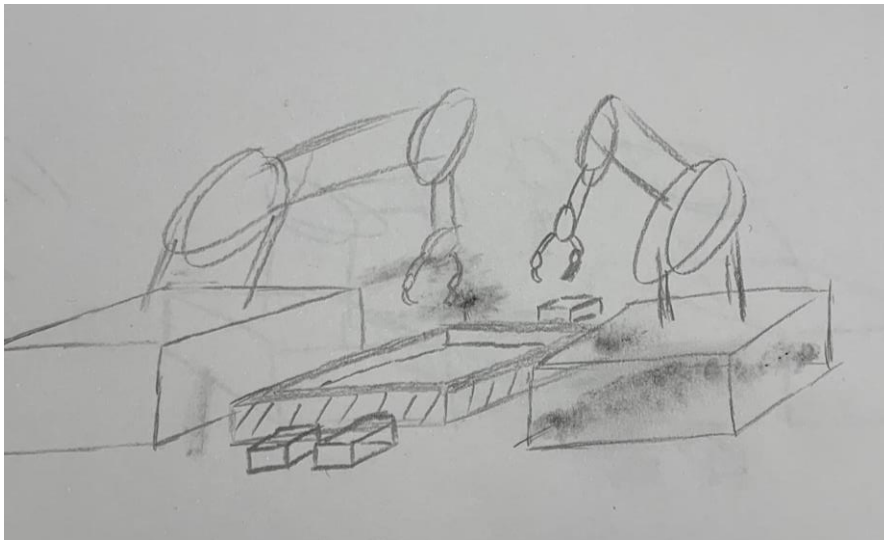
Det blåa konceptet som genererades från den morfologiska matrisen består av Dynamiskt magasin, Sugkopp och 1-5-1 som layout. Doboten placeras vid sidan om säkringslådan och opererar i en cirkelbåge runt säkringslådan. Doboten monteras med en sugkopp som verktyg för att genomföra monteringsprocessen. Gällande säkringsförvarningen placeras fem stycken dynamiska magasin inom en lämplig räckvidd för Doboten som tillför station med säkringar och placering. Se Figur 5.1 för en principiell skiss på hur monteringsstation kan se ut.



Figur 5.1 visar en skiss på koncept blå och dess komponenter.

Koncept Röd

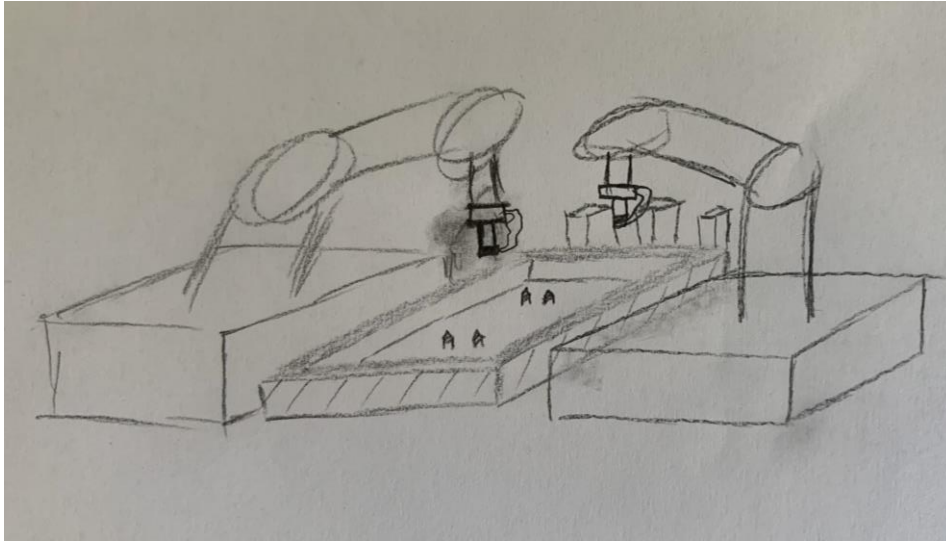
Två Dobots placeras vid vardera långsida om säkringslådan och opererar samtidigt under monteringsprocessen. Dobotsen är utrustade med gripklo för att genomföra monteringsprocessen samt har tre stycken dynamiska magasin utplacerade beroende på vilken säkring som Doboten skall placera. Se Figur 5.2 för en principiell skiss som visar hur denna monteringsstation kan se ut visuellt.



Figur 5.2 visar en skiss på koncept röd och dess uppsättning.

Koncept Grön

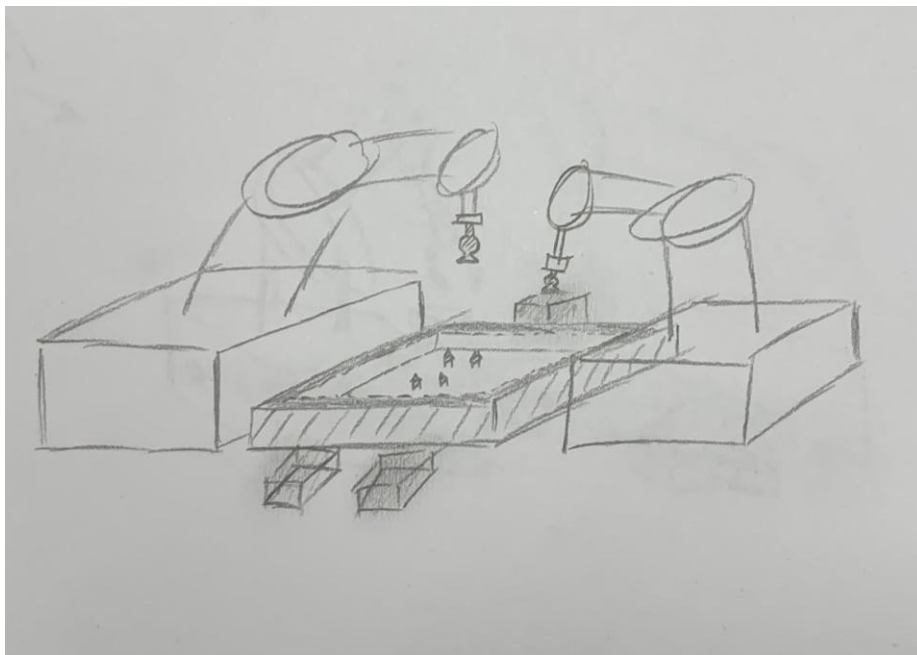
Layouten för detta koncept är “2-3-1” och använder tre stycken vertikala magasin som säkringsförvaring för stationen. Två Dobots är utrustade med elektromagnet som verktyg för att plocka upp tillhörande komponenter(Se Figur 5.3).



Figur 5.3 visar en skiss på koncept grön.

Koncept Lila

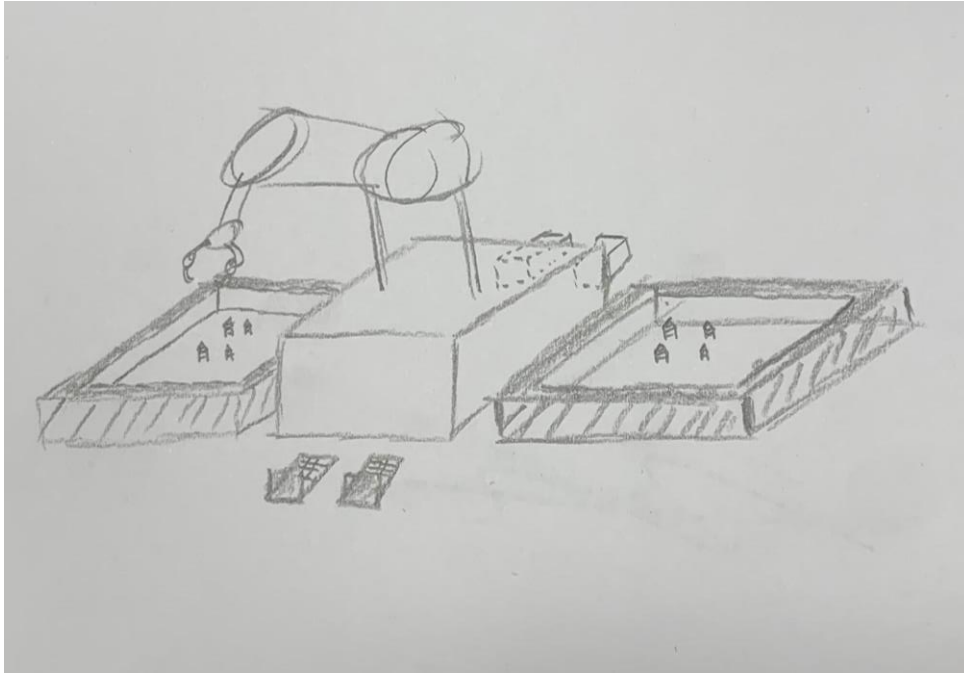
Detta koncept är snarlikt “Koncept Röd” och följer dess beskrivning gällande layout och säkringsförvaring. Dock skiljer utrustningen på Dobotsen där de är utrustade med sugkopp istället för gripklo. Se Figur 5.4 som illustrerar visuellt hur denna monteringsstation kan se ut.



Figur 5.4 visar en skiss på koncept lila.

Koncept Orange

Doboten är placerade i mitten av stationen med två säkringslådor på vardera sida av Doboten (Se Figur 5.5). Detta tillåter Doboten att montera på två säkringslådor samtidigt och är utrustad med gripklo. Säkringsförvarningen för detta koncept använder statiskt magasin för att tillföra och placera säkringarna till Doboten.

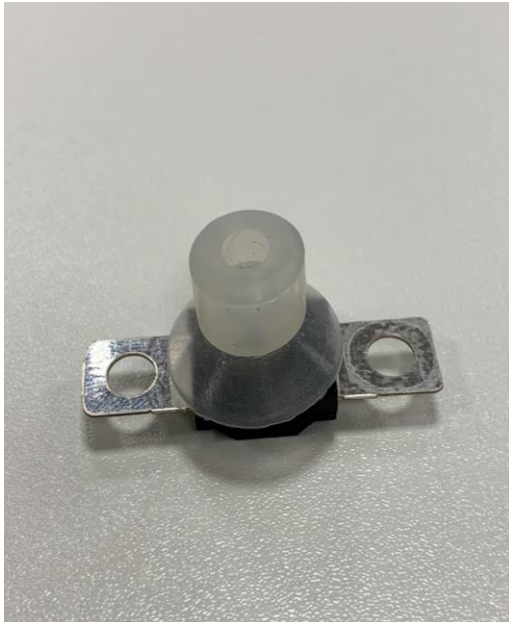


Figur 5.5 visar en skiss på koncept orange.

5.2 Test och analys av 3D-Prototyper samt befintlig utrustning

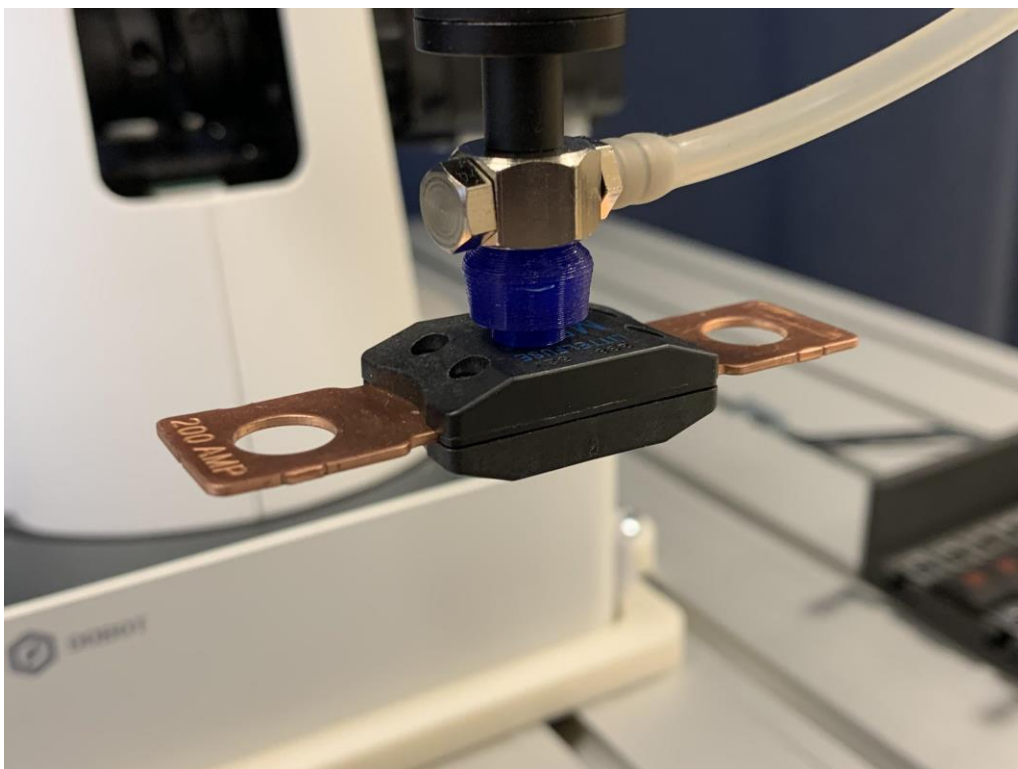
I denna fas efter utvecklingen av fysiska prototyper och konceptgenerering kunde tester utföras på enskilda dellösningar och i kombination med andra samt hela koncept. Det första testet som gjordes var om samtliga verktyg kunde plocka och placera både typer av säkringar och observerade.

Den medföljande sugkoppen kunde utföra operationen för de stora säkringar, dock inte de med mindre dimensioner. De man kunde observera var att diametern hos sugkoppen hade en för stor dimension för de mindre säkringarna som gjorde att sugkoppen inte kunde sluta tätt om säkringen (Se Figur 5.6).



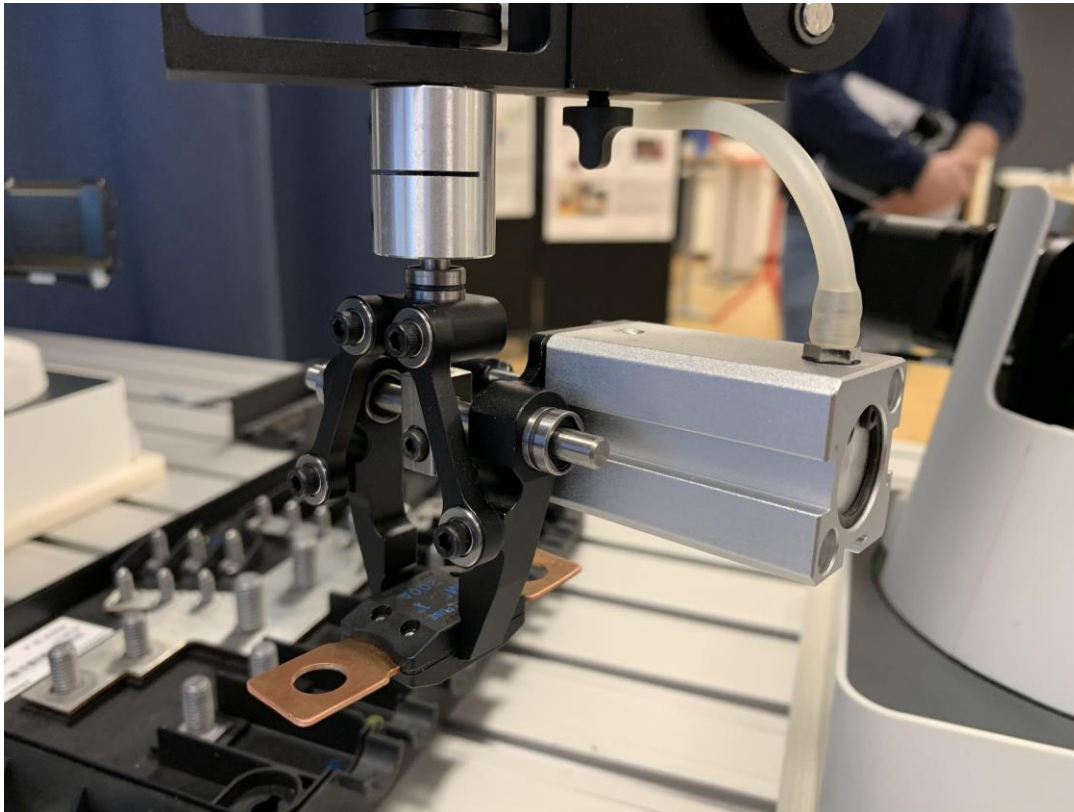
Figur 5.6 visar den medföljande sugkoppen placerad på en av de små säkringarna.

Egendesignade sugkoppen med mindre diameter visades kunna utföra operationen samt i olika hastigheter utan att säkringen släppte från sugkoppen. De stora säkringarna observerades och det visades att sugkoppen inte kunde lyfta dem, dock slöt sugkoppen tätt kring den stora säkringen och kunde bibehålla en stationär position utan att tappa greppet (Se Figur 5.7).

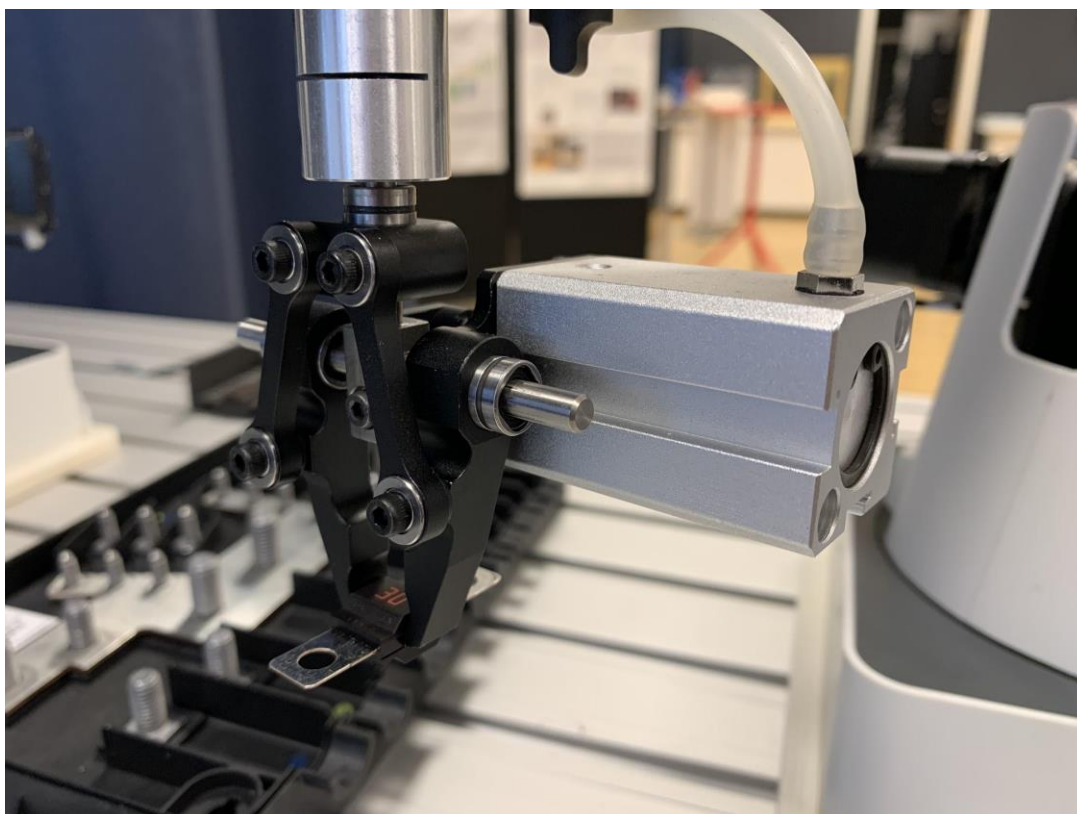


Figur 5.7 visar den egendesignade sugkopp greppa en av de stora säkringarna.

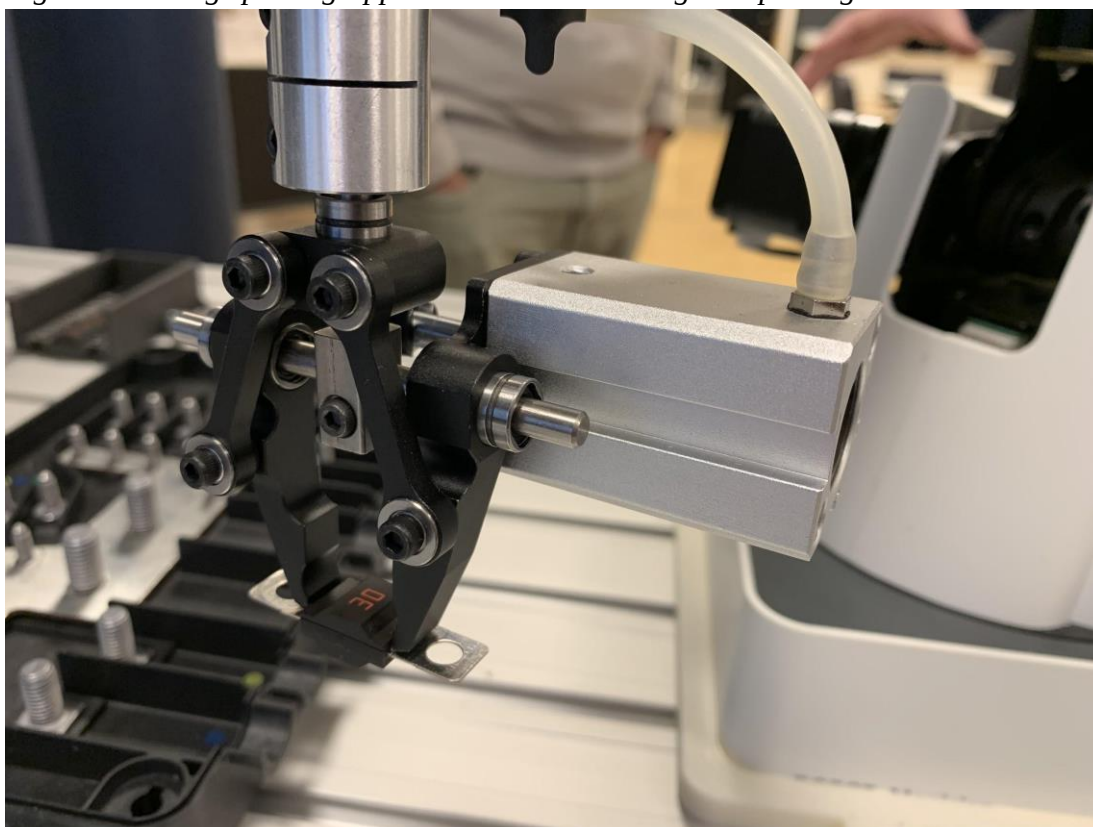
Det prövades även med den medföljande gripklon utföra operationen och observerade att gripklon kunde greppa både de stora och små säkringarna. Samtidigt vid observationen sågs möjligheten att gripklon kan greppa på både lång-och kortsidan av vardera säkring som testades och utförde operation utan några direkta störningar. Bilder på observationerna för vardera säkringar se Figur 5.8, 5.9 och 5.10.



Figur 5.8 visar griplek greppa en av de stora säkringarna på långsidan.



Figur 5.9 visar gripklon greppa en av de små säkringarna på långsidan.



Figur 5.10 visar gripklon greppa en av de små säkringar på kortsidan.

Utifrån observationen av funktionaliteten hos gripklo indikerar att den elektriska gripklo också kan greppa säkringarna på grund av likartad grepp mekanism. Därför utfördes inte

testet för en elektrisk gripklo samt är det ett tillbehör som inte ingår vid köp av Dobot Magican.

Gällande elektromagneten utfördes inget test med bakgrunden av att säkringarna är gjorda av plast och aluminium som inte är magnetiska.

Det andra testet som utfördes handlade om vilka verktyg som kunde plocka muttrarna (M5 och M8) samt skruva dem på respektive plats. Efter att samtliga verktyg som var tillgängliga testades uppstod en som kunde utföra operationen både för M5 och M8, vilket var gripklon(Se Figur 5.11 och 5.12) .



Figur 5.11 visar gripklon greppa en M8.



Figur 5.12 visar gripklon greppa en M5.

Båda typer av sugkoppar kunde inte sluta tätt på muttrarnas ovansida, givetvis eftersom dessa har ett genomgående hål på denna yta. Den egendesignade sugkoppen kunde däremot lyfta M8 muttrarna genom förslutning mot de 6 stycken ytor som bildar dess mantelyta. Dock vid vidare iakttagelse av processen konstaterades att placering av muttern ej är möjlig vid denna typ av grepp. Anledningen till detta är Dobotens leder som orsakar vissa rörelsebegränsningar och kan därav endast plocka samt placera på ett plan parallellt med Dobotens fundament. Detta greppalternativ uteslöts även utifrån att om en annan robot innehavande denna typ av funktion ändå skulle tappa greppet vid placering på grund av uppkommande tvärkrafter vilket ej sugkoppar är lämpade för. Därav tilläts inte sugkopparna utföra operationen. Elektromagneten var inte tillgänglig för testet eftersom det är ett tillbehör som gör att man inte kan med säkerhet säga att den inte skulle kunna utföra operationen. Däremot med en tillämplad konstruktion för operationen vore placering samt montering av muttrarna möjlig att verkställa.

Undersökning om magasinens duglighet utifrån de fysiska prototyperna uppstod inga fysiska hinder för Doboten att plocka säkringarna ur samtliga magasin, förutom då Doboten var utrustad med gripklo och skulle plocka säkring från det vertikala magasinet. Utifrån programmeringsnivå på de samtliga magasinerna såg man att det statiska magasinet var tidskrävande på grund av att låta Doboten plocka säkringarna från olika koordinater varje gång den skall ta en ny säkring och placera ut. Istället för att låta doboten plocka säkringarna från en och samma koordinat hela tiden såsom dynamiskt magasin tillåter den göra. Vertikal

magasinet följer samma programmeringsprincip som det statiska magasinet fast där ändras endast Z-koordinaten när det skall plockas en ny säkring.

5.2.1 Koncept-testning

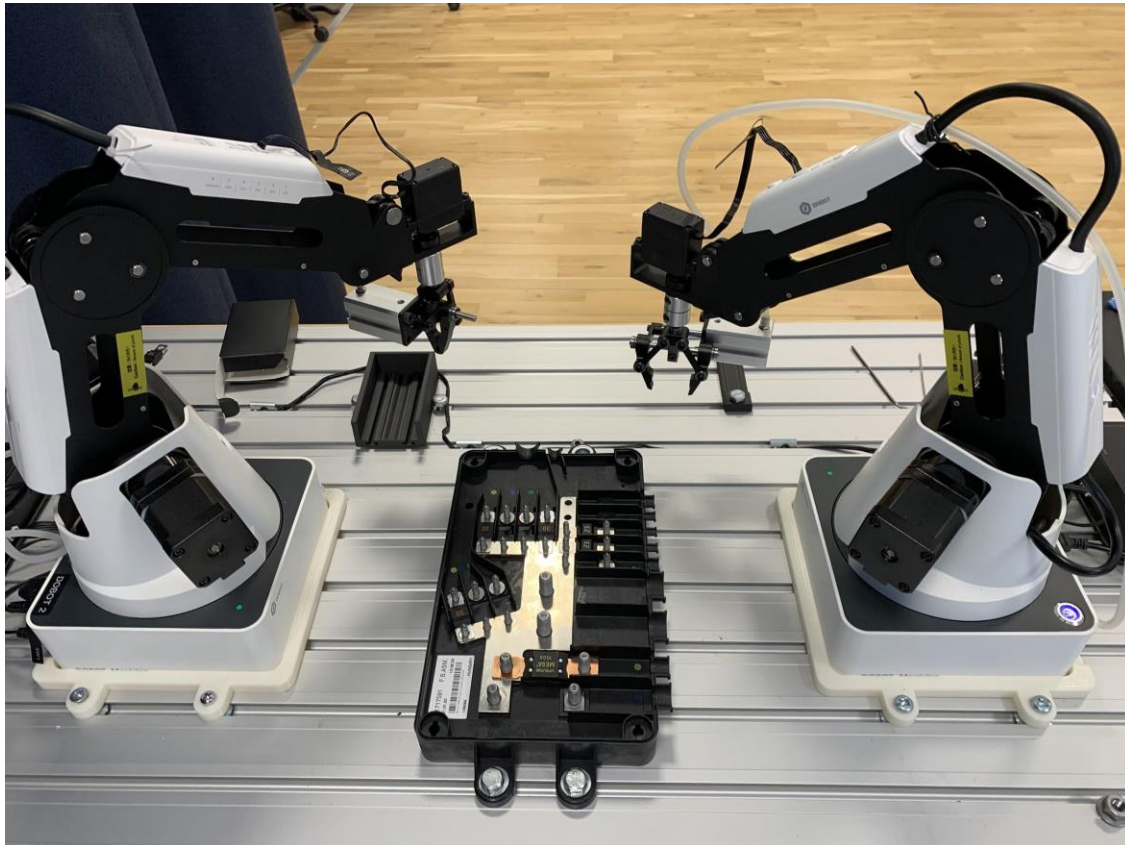
För att objektivt utvärdera samtliga koncept och få svar på specifika frågor om deras funktionalitet sattes koncept prototyper ihop. Vid dessa tester var inte fullt antal magasin till koncepten med utifrån ett tidsperspektiv att behöva skriva ut ett flertal identiska komponenter. Under testningen av koncepten utfördes istället endast en positionsförflyttning av de redan befintliga magasinerna i referens till konceptskisser när varje konceptet skulle testas.

Koncept blå monterades ihop med respektive komponenter och testades utföra hela operationen (Se Figur 5.13). Utifrån tidigare resultat om sugkoppens förmåga att ta upp muttrarna såg man direkt att detta koncept inte kommer kunna utföra hela monteringsprocessen utan endast plocka och placera små och stora säkringarna beroende på vilken sugkopp som används, vilket den gjorde utan några implikationer. Samtidigt använder detta koncept 1-5-1 som layout vilket innebär att en Dobot används och behöver göra ett manuellt verktygsbyte till gripklo under monteringsprocessen vilket inte är önskvärt.



Figur 5.13 visar funktionell prototyp av koncept blå ihop monterad.

Koncept röd testades och observerades att den kunde utföra hela monteringsprocessen inom tidsramen(Se Figur 5.14). I detta koncept användes två stycken Dobots som kördes samtidigt där de utförde olika sekvenser av monteringsprocessen och fungerade. Till exempel den ena Doboten placerar alla de små säkringar medan den andra placerade de stora säkringarna.



Figur 5.14 visar funktionell prototyp av koncept röd monterad.

Koncept grön kunde inte testas på grund av att det inte fanns någon tillgång till en elektromagnet. Däremot med bakgrunden av att säkringarna är gjorda utav plast och aluminium som är icke magnetiska kan man fastställa att hela monteringsprocessen inte är realiserbart.

Koncept lila monterades ihop med den medföljande och egendesignade sugkoppen på respektive Dobot(Se Figur 5.15). Utifrån tidigare resultat om sugkoppens förmåga uppfyllde konceptet inte skruv-processen, men däremot placerades alla säkringar på sin plats.



Figur 5.15 visar funktionell prototyp av koncept lila monterad.

Koncept orange utförde hela monteringsprocessen med att både placera alla typer av säkringar och muttrar samt skruva fast muttrarna dock inte inom tidsramen. Se Figur 5.16 för koncept monterat.



Figur 5.16 visar en funktionell prototyp av koncept orange monterad.

5.3 Koncept Eliminering

Vidare i arbetsprocessen efter att fysiska prototyp tester har gjorts på koncept urvalet samt enskilda dellösningar. Samtliga koncept utvärderades med utgångspunkt i kravspecifikationen och eliminerade de koncept som inte uppfyllde kravbilden.

Resultatet från 4.2.1 Koncept-testning visar det att koncept blå, grön och lila inte uppfyller kravbilden på produkten som att utföra hela monteringsprocessen och som därmed elimineras. De koncept som återstår är koncept röd och orange och dessa går vidare för att utvärderas.

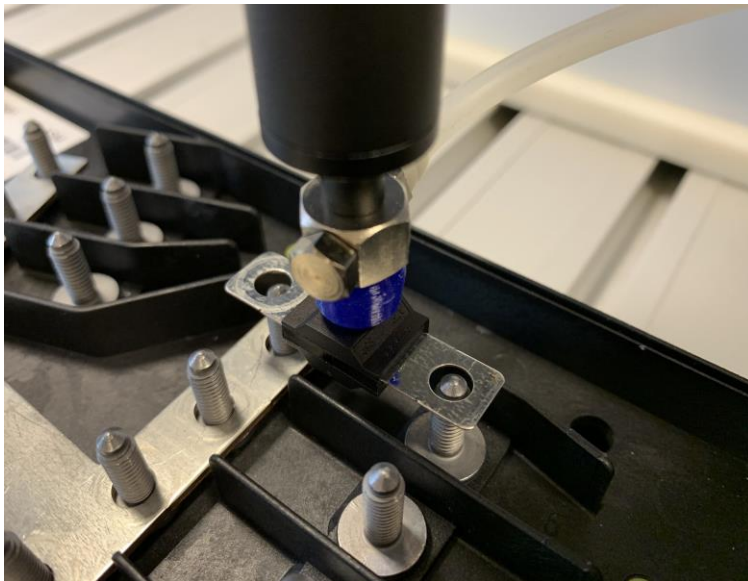
Om man tittar vidare på koncepten som gick vidare ur elimineringen och deras uppsättningar. Så ser man att koncept röd använder sig av två Dobots som arbetar samtidigt med olika monterings sekvenser medan koncept orange har en Dobot som utför hela monteringsprocessen själv.

Utifrån testkörningen av båda koncepten var koncept röd effektivare med att utföra hela monterings operationen av säkringslådan när två Dobot arbetade samtidigt. Dessutom använder koncept orange statiskt magasin vilket ur ett programmerings perspektiv tog längre tid att programmera Doboten att plocka upp säkringarna. Även om koncept röd som använder sig av två Dobots kostar mer än koncept orange är det fortfarande inom kostnadsramen. Med detta resultat eliminerades koncept orange och slutligen återstod enbart koncept röd som gick direkt till vidareutvecklingsfasen.

6. Vidareutveckling av slutgiltigt koncept

Vid vidareutvecklingen av slutgiltigt koncept ingick arbetsprocessen till en optimeringsfas. Där förbättringar på det slutgiltiga konceptet undersöktes kopplat till de specificerade kraven i kravspecifikationen, se Bilaga 3.

Utifrån tidigare resultat om den egendesignade sugkoppen och dess prestanda att placera de små säkringarna, utrustades en Dobot med den egendesignade sugkoppen i syfte att endast placera de små säkringarna, medan den andra utförde de resterande monteringsoperationerna med gripklon. Detta resulterade i att Doboten inte behövde rotera upp sig varje gång då den skulle plocka upp en ny säkring för att greppa på rätt yta av säkringen. Samtidigt som Doboten är utrustad med en sugkopp behövs inte vakuumkammaren installeras som är ett fysiskt hinder att ha i åtanke när man kör Doboten parallellt. Ännu en fördel med sugkoppen är när säkringen har placerats rätt och skall sänkas ner är när den äntrar skruven och skall släppa säkringen, behöver man inte tänka på om verktyget slår till befintlig armatur (Se Figur 6.1).



Figur 6.1 visar när den egendesignade sugkopp skall släppa en av de små säkringarna.

För att förbättra skruvprocessen påbörjades diskussionen om eventuell användning av en typ av positioneringsmagasin för muttrarna. Utifrån tidigare tester var det säkerställt att skruvprocessen inte är prestationskrävande i lika hög grad som vid placeringen av säkringarna. Dock sågs ett flertal möjliga förbättringar med högre tolerans och en garanterad plock location för muttrarna som kunde medföra bättre kvalitet för processen. Prototypen för denna skapades i CATIA V5 och utformades som ett stopp ena sidan med en friktionsyta för muttrarna att glida på in mot stoppet. Friktionsytan är en enkel slät yta med två förhöjningar på vänster samt höger sida för att muttrarna endast ska glida i önskad riktning. Stoppet är i form av en rektangulär med en utskärning med 120 grader för att se till att de hexagonformade muttrarna ligger mot med en god kontaktyta. Detta är ett mycket funktionellt stopp men som tillåter fortfarande Doboten att greppa muttern väl. Under stoppet finns en till utskärning för att möjliggöra att brickan fästs till muttern och inte påverkar

slutpositionen eller kan medföra några oönskade dislokationer. Se Figur 6.2 och 6.3 för resultatet av 3D-utskriften av positioneringsmagasinen.



Figur 6.2 visar den 3D-printade positioneringsmagasinet och stoppet för M8.



Figur 6.3 visar den 3D-printade positioneringsmagasinet och stoppet för M5.

7. Resultat

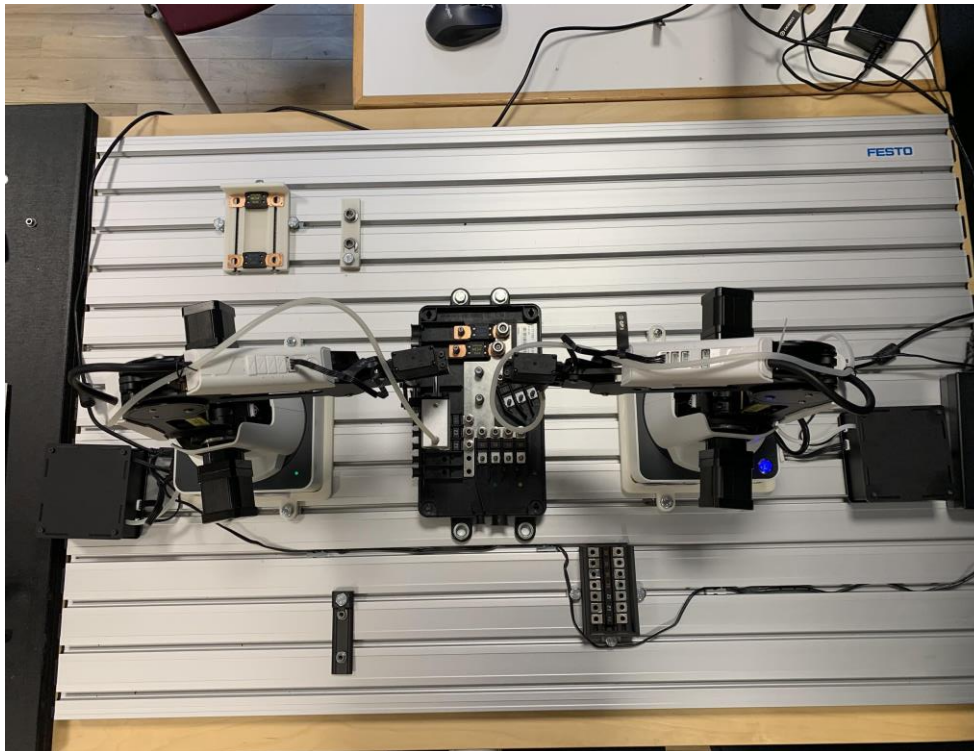
Här presenteras slutresultatet av monteringsstationen och hur den opererar samt programmeringen. Slutligen presenteras olika specifikationer på monteringsstationen.

7.1 Slutresultat av monteringsstation

Efter att förbättringar har gjorts på koncept röd monterades dess komponenter ihop och placerades på respektive plats till den definitiva slutmonteringsstationen(Se Figur 7.1 och 7.2). Där har säkringslådan skruvats fast i arbetsbordet.



Figur 7.1 visar monteringsstationen.



Figur 7.2 visar monteringsstationen ovanifrån.

Monteringsstationen opererar sådana här material med tillförseln av säkringar och muttrar till respektive magasin genom att manuellt tillföra material förhand. Monteringsprocessen påbörjars med att Doboten med gripklon monterar de stora säkringar och därefter skruvar fast tillhörande muttrar (M8). Samtidigt som den ena Doboten arbetar med sin sekvens opererar Doboten utrustad med sugkoppen med att montera de små säkringarna. Därefter när Doboten med gripklon monterat färdigt den första sekvensen sker en paus i processen för Doboten med sugkopp eftersom den andra Doboten skall byta arbetsområde för att plocka de andra muttrarna (M5). När Doboten med gripklon har intagit rätt plock-position för muttrarna (M5) väntar den tills den andra Doboten har monterat de kvarstående små säkringarna. När samtliga små säkringar har monterats färdigt börjar den andra Doboten att skruva fast samtliga muttrar (M5) och det är slutet på monteringsprocessen för Dobotsen. Denna monteringsprocess gäller för båda typerna av säkringslådor.

Bilder på hur resultatet av monteringsprocessen för säkringslådan 21717591 blev (Se Figur 7.3 och 7.4). Där visas att samtliga muttrar har fäst i sin gänga och säkringarna har placerats på rätt position. För en bättre överblick på resultatet av monteringsprocessen för de två typerna av säkringslådor hänvisa till Figur 7.5 och 7.6. Sedan kommer det en operatör med lämpligt verktyg och drar åt muttrar med bestämt vridmoment, för M8 20 [Nm] och M5 4,5 [Nm].



Figur 7.3 visar en närbild av resultatet för säkringslådan 21717590.



Figur 7.4 visar en närbild från en annan vinkel av resultatet för säkringslådan 21717590.



Figur 7.5 visar resultatet för säkringslådan 21717591 ovanifrån.



Figur 7.6 visar resultat för säkringslådan 21717590 ovanifrån.

7.2 Slutlig programmering

Den praktiska programmeringen gjordes genom att manuellt manövrera Doboten till dess olika positioner och notera koordinaterna i koden. Programmeringen har kodats i varsitt fönster för respektive Dobot och operationen startas genom att sätta igång programmen samtidigt. Synkroniseringen mellan Doboten har byggts upp på att man har tidsfördröjningarna i programmet så att de inte kolliderar eller interfererar med varandra.

Skruvprocessen är kodad sådana att muttrarna skall gå in i gängen och rotera minst 360 grader. Detta genomförs utav att Doboten roterar upp sig till den maximala rotationskoordinaten åt motsatt skruvriktning för maximalt utnyttjande av rotation, innan muttern sänks ner till skruven. När muttern är placerad på skruven skruvas muttern först ett varv(cirka 300 grader) och sedan släpper verktyget muttern och åker upp och roterar tillbaka som sedan åker ner igen och greppar muttern på nytt och roterar ett varv till. Denna tillämpningen används på det flesta muttrarna men däremot skruvades vissa muttrar mindre åt och andra ett varv till på grund av inte slå till befintlig armatur när gripklon skall släppa muttern. Detta resulterar i att muttrarna inte skruvas fast hela vägen ner. Sedan är det då tänkt att operatören som genomför delmomentet med kablage även skruvar ner muttrarna hela vägen.

Programmeringskoden för säkringslådan 21717590 och respektive Dobot se Bilaga 4 för Doboten med gripklon och Bilaga 5 för Doboten med sugkopp. Se Bilaga 6, 7 och 8 programmeringen av funktionerna som används för Doboten med gripklo.

7.3 Slutlig kvalitetskontroll

För att slutligen mäta stationens monteringsförmåga utifrån hastighet samt kvalitet genomfördes 15 iterationer av monteringsprocessen. För bägge säkringslådor med tidtagning från start till slut. Medelvärde utifrån dessa iterationer studeras och används för att säkerställa ett slutligt mätvärde för processen.

Svar på tidigare ställda frågeställningar:

1. Av de 15 stycken körda iterationer kunde det observeras att 2 stycken (13,3 %) inte resultera i en fullständig montering.
2. Vid de 2 stycken misslyckade monteringsprocesserna var det samma fel som uppstod. Detta fel var specifikt vid placering av de små säkringarna. När säkringen ska släppas på plats kan det inträffa att hålets ytterkant i säkringens metalldel fastnar på en av skruvens gängor.
3. Tidtagningen för processen innebar ett resultat på 5 minuter och 49 sekunder samt 5 minuter och 10 sekunder för säkringslådan 21717591 resp. 21717590.

7.4 Kostnadsuppskattning

Kostnadsuppskattningen för monteringsstationen visas i tabell 7.1.

Tabell 7.1 Kostnadsuppskattning

	Antal (st)	Kr/st	Kostnad (kr)
Sugkopp	1	120	120
Dobot Magician	2	14 238	28 476
	Antal (h)	Kr/h	
Programmering	9	830	7470
Total			<u>36 066</u>

Den totala kostnaden för de ingående delar som kan fastställas blir 36 066 kronor. Här har inte en uppskattning av materialhantering samt monteringsbänk behandlats.

8. Diskussion

I detta kapitel diskuteras resultaten av projektet inom teorin samt använda metoder.

Om man tittar på resultatet av monteringen av de båda typerna av säkringslådor uppfyller monteringsstationen kravbilden förutom hastigheten på operationen. Samtidigt är detta ett bra resultat enligt oss eftersom inga optimeringar har gjorts så som att ta bort onödiga rörelser helt, förkorta distanser mellan komponenter och rörelsemönster. Även är det fortfarande relativt nära den önskade hastigheten på 5 minuter. Hastigheten på Dobotsen kan ökas ännu mer och förkorta monteringstiden fast då rör sig Dobotsen våldsamt fort och är inte lämpligt att köra så fort omkring människor samt kan kvalitén försämrats. Med tanke på vilka möjligheter det finns att optimera tror vi att nuvarande monterings tiden kan minimeras markant. Detta har inte gjorts på grund av tidsbrist samt att arbetet syftar på att visa att det fungerar att montera en säkringslåda med Low-cost automation.

Kvalitetskontrollen visar att det fel som uppkommer mest är vid placeringen av de små säkringarna som fastnar på skruvens gängor. Detta är inte ett oväntat fel eftersom det från tidigare arbetet som har gjorts tas det upp att toleranserna är små vid placering av säkringar som har genomsyrt detta arbete. Därför har vi försökt att arbeta fram en lösning som löser detta problem däremot har vi inte lyckats helt. De man kan säga utifrån andras och våra egna erfarenheter är att detta är en svår monteringsprocess att automatisera som inte producerar några monteringsfel eller en acceptabel felkvot, på grund av små toleranser vid montering. En intressant observation av kvalitetskontrollen var att felet uppstod mer frekvent. Däremot under skruvprocessen släppte säkringarna från skruvens gängor och föll på rätt plats av majoriteten av fallen.

Ett ännu bättre resultat hade varit om Doboten hade skruvat muttrarna hela vägen ner och således att en operatör inte behöver dra åt muttrarna efteråt. Dock på grund av begränsningar som nuvarande monteringsstation har som att verktyget enbart kan rotera 300 grader efter det måste rotera den tillbaka för att skruva fler varv. Om man låter skruvprocessen som finns idag skruva muttrarna fler varv så att muttrarna skruvas hela vägen ner. Då kommer det att ta mycket lång tid per mutter att monteras samtidigt som griplon kommer att kollidera med befintlig armatur om muttern skruvas längre ner när den skall släppa och rotera tillbaka. Inga djupare undersökningar om att eventuellt byta ut hårdvaror såsom verktyg eller servo som möjligtvis kan leda till att muttrarna kan skruvas hela vägen ner.

8.1 Svar på frågeställningar

Här kommer svar på frågeställningarna från 1.4 Precisering av frågeställningar behandlas.

- Är Dobot Magician lämplig att användas för en slutmonteringsprocess av en säkringslåda?

Dobot Magician kan anses som en lämplig robot för detta syftet baserat på resultatet av slutmonteringen av säkringslådorna. Däremot behövs det undersökas om hur Doboten hade presterat i en mer automatiserad miljö för att fullständigt yttra sig huruvida Doboten är en lämplig robot för detta. Hur monteringsstationen ser ut idag så tillförs säkringar och muttrar manuellt till stationen och inga sensorer eller automatiserad magasin är installerade för att öka automationsgraden. Detta har inte undersökts i arbetet utan studerats mer på om det är möjligt att Doboten kan utföra operationen. Därför behövs det mer information om detta ämnet för att svara på frågan fullt ut.

- Vilka åtagande/fördelar finns det med att implementera en automatiserad montering i Volvo Lastvagnar AB istället för inköp från underleverantör?

Första och främst är det ett stort åtagande i sig att implementera en sådana automatiserad montering speciellt när det är en så pass svår monteringsprocess att automatisera utifrån Volvo Lastvagnar AB kvalitetskrav på montering. Dessutom är det ingen norm inom produktionen idag att automatisera dessa typer av montering. Därför kommer det att krävas ännu mer kunskap inom detta område för att implementera detta till en standard. Ett annat åtagande är att operatörer får utökade arbetsuppgifter som i detta fall är att dra åt muttrarna utanför kablaget till säkringslådorna. Möjligtvis i andra fall får operatören mindre arbetsuppgifter att utföra. Detta är ett ställningstagande som företaget kommer få göra angående de anställdas arbetsuppgifter.

En fördel med att implementera en automatiserad montering är att man kan styra produktionen av säkringslådor kontra antalet lastvagnar som produceras och således få en jämnare produktion. Detta istället för planering av inköp och inväntan av leverans från underleverantören. Dessutom kan man med en automatiserad montering utföra icke ergonomiska rörelser och monotona arbeten kan elimineras för operatören. En annan fördel ur en kostnadssynpunkt är att om man har produktionen hos Volvo Lastvagnar AB elimineras underleverantörens vinstmarginal vid inköp av säkringslåda.

- Vilka möjligheter finns det att skala upp produktionen med slutmonteringsstationen?

Det finns möjligheter att skala upp produktionen med tanke på kostnadsuppskattningen för monteringsstationen och man kan använda ett flertal sådana monteringsstationer inom kostnadsramen. Det finns även möjligheter att låta Dobot Magician åka på skenor och montera flera säkringslådor samtidigt eller utföra andra lämpliga uppgifter. En annan möjlighet för att skala upp produktion är att matningen av säkringslådor transporteras på

rullband till stationen. Dock har dessa möjligheter inte undersöks djupare om det är realiserbara utan mer sett vilka möjligheter det finns att skala upp produktionen med nuvarande monteringsstation.

8.2 Felkällor

Den slutliga stationen idag så innefattar inga automatiska magasin och därför sker materialtillförseln manuellt. Detta är något som kan resultera i felaktiga resultat vid undersökning av kvalitetskontrollen. Då materialen skjuts fram manuellt kan individen säkerställa med både syn och känsel att materialet faktiskt ligger på rätt position. Vid automatisering av materialtillförseln är det ännu en faktor i processen som skall fungera. Detta är något som inte har granskats och tagits i akt under kvalitetskontrollen vilket kan ha påverkat resultatet.

Samt vid testkörning av monteringsprocessen användes inte något datorprogram för tidtagning. Detta gjordes med tidtagarur vilket gör att tidtagningen ej startar/slutar exakt synkroniserat med processen. Det resulterar i några sekunders felmarginal vid utförandet av kvalitetskontroll vilket bör tas i hänsyn till.

Vid utförandet av kostnadsuppskattningar har ett uppskattat värde på antal programmerings timmar samt kostnaden per antal timmar tagits. Då kunskapsnivån hos programmerare samt kostnaden för utfört arbete kan varierar mellan olika företag kan kostnaden komma att bli mindre eller större än den uppskattade kostnaden.

8.3 Rekommendationer och slutsats

För att den framtida implementering av den slutliga monteringsstation skall vara möjlig på Volvo Lastvagnar AB behövs främst automatiseringsgraden på stationen ökas samt en mer fullständig prototyp göras. Utifrån den kostnadsuppskattning som har utförts finns cirka 260 000 kronor kvar att slutföra stationen med. Detta är något som ses som mycket positivt då de komponenter som kvarstår att utvecklas är någon typ av arbetsbord, fungerande dynamiska magasin, positionering för muttrar och andra eventuella behövande tillbehör som väldigt troligt inte kommer resultera i en hög totalkostnad.

Implementering av Low Cost Automation istället för inköp av säkringslådan från underleverantör anses vara genomförbart samt gynna Volvo Lastvagnar AB. Ett förslag på hur stationen kan fungera vid användning av Dobot Magician har skapats och potentialen att utföra monteringen med tillämpning av Dobot Magician går tydligt att se. Detta med komponenter som dynamiska magasin för båda typerna av säkringar, Dobotar utrustade med sugkopp respektive gripklo samt två typer av positioneringsmagasin för M5 respektive M8. Dock krävs en vidare utveckling av kringgående komponenter. Dessa i form materialtillförsel, positionering och hantering av säkringslådan till/från monteringsstationen och eventuellt en specifikt utvecklad gripklo utifrån säkringslådan och Dobot Magicians dimensioner innan fullständig implementering är verkställbar.

Referenser

- [1] Från Hisingen ut i världen, Volvo Group. <https://www.volvogroup.se/sv-se/about-us/history-and-r-d-milestones/from-hisingen-to-the-world.html> (Acc 2020-02-04)
- [2] Arbeten som utförs av robotar flyttar inte, Dahlqvist, H. 2004, <https://www.nyteknik.se/digitalisering/arbeten-som-utfors-av-robotar-flyttar-inte-6463804> (Acc 2020-02-10)
- [3] Gupta, A.K., Arora, S.K., *Industrial Automation and Robotics*. Boston 2007.
- [5] DOBOT Magician Overview, DOBOT, 2018 <https://www.dobot.cc/dobot-magician/product-overview.html> (Acc 2020-03-03)
- [6] Bellgran, M., Säfsten, K. *Produktionsutveckling: Utveckling och drift av produktionssystem*. 2005.
- [6] Gupta, A.K., Arora, S.K., *Industrial Automation and Robotics*, Boston 2007.
- [7] Jacobsson, J., Ernström Nilsson, N. *Operator-Robot collaboration*, Gothenburg: Department of Product-and Production Development, Chalmers University of Technology, 2017.
- [8] Sök och värdera information, KTH Biblioteket, 2020 <https://www.kth.se/biblioteket/soka-vardera/sok-och-vardera-information-1.942624> (Acc 2020-05-20)
- [9] Johannesson, H., Persson, J-G., och Pettersson, D, S.Å, *Produktutveckling*, Stockholm: Liber AB 2013.
- [10] Johannesson, H., Persson, J-G., och Pettersson, D, S.Å, *Produktutveckling*, Stockholm: Liber AB 2013.
- [11] Johannesson, H., Persson, J-G., och Pettersson, D, S.Å, *Produktutveckling*, Stockholm: Liber AB 2013.
- [12] Johannesson, H., Persson, J-G., och Pettersson, D, S.Å, *Produktutveckling*, Stockholm: Liber AB 2013.
- [13] Olsson, S., Denizhan, F., och Lantz, A., *Prototyping*, KTH, 2001
- [14] Otto, Kevin N och Wood, Kristin L, *Product design: Techniques in reverse engineering and new product development*, Prentice Hall, Upper Saddle River. 2001

[15] Johannesson, H., Persson, J-G., och Pettersson, D, S.Å, *Produktutveckling*, Stockholm: Liber AB 2013.

[16] Robotics training Courses Overview, DOBOT, 2018.<https://www.dobot.cc/resource/robotics-training-courses-overview.html> (Acc 2020-03-03)

[17]

[18] Gupta, A.K., Arora, S.K., *Industrial Automation and Robotics*. Boston 2007.

[19] Masinsäkerhet - Allmänna konstruktionsprinciper - Riskbedömning och riskreducering (ISO 12100:2010).] Svenska Institutet för Standarder, 2010.
<https://www.sis.se/produkter/terminologi-och-dokumentation/ordlistor/miljo-och-halsoskydd/sseniso1210020102/> (Acc 2020-02-06)

Personreferenser

[4] Jonas Fuglås, Volvo Group Trucks Operations , Göteborg, Sverige, tel +46739022053.

Bilagor

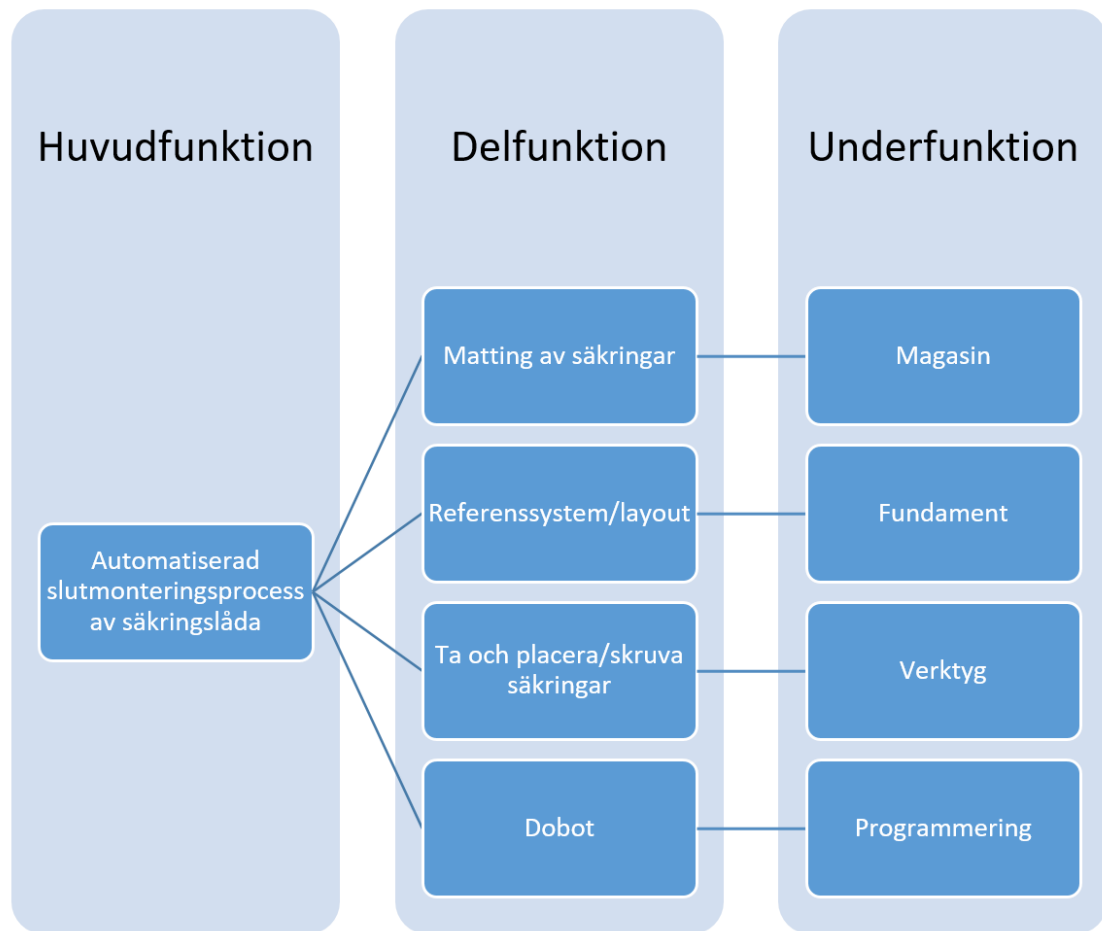
Bilaga 1: Dobot Magician specifikation

Number of Axis	4
Payload	500g
Max. Reach	320mm
Position Repeatability(Control)	0.2 mm
Communication	USB / WIFI / Bluetooth
Power Supply	100 V - 240 V , 50/60 HZ
Power In	12 V / 7A DC
Consumption	60W Max
Working Temperature	-10°C - 60°C

Axis	Range	Max Speed (250g workload)
Joint 1 base	-90° to + 90°	320° / s
Joint 2 rear arm	0° to +85°	320° / s
Joint 3 forearm	-10° to +95°	320° / s
Joint 4 rotation servo	-90° to +90°	480° / s

Net Weight	3.4KG
Gross weight (Standard Version)	7.2KG
Gross weight (Education Version)	8.0KG
Base Dimension(Footprint)	158mm × 158mm
Materials	Aluminum Alloy 6061, ABS Engineering Plastic
Controller	Dobot Integrated Controller
Robot Mounting	Desktop
Packing Size (L × W × H)	380mm x 385mm x 480mm
Carton Size for Standard Version (L × W × H)	380mm x 385mm x 480mm
Carton Size for Education Version (L × W × H)	380mm x 385mm x 480mm

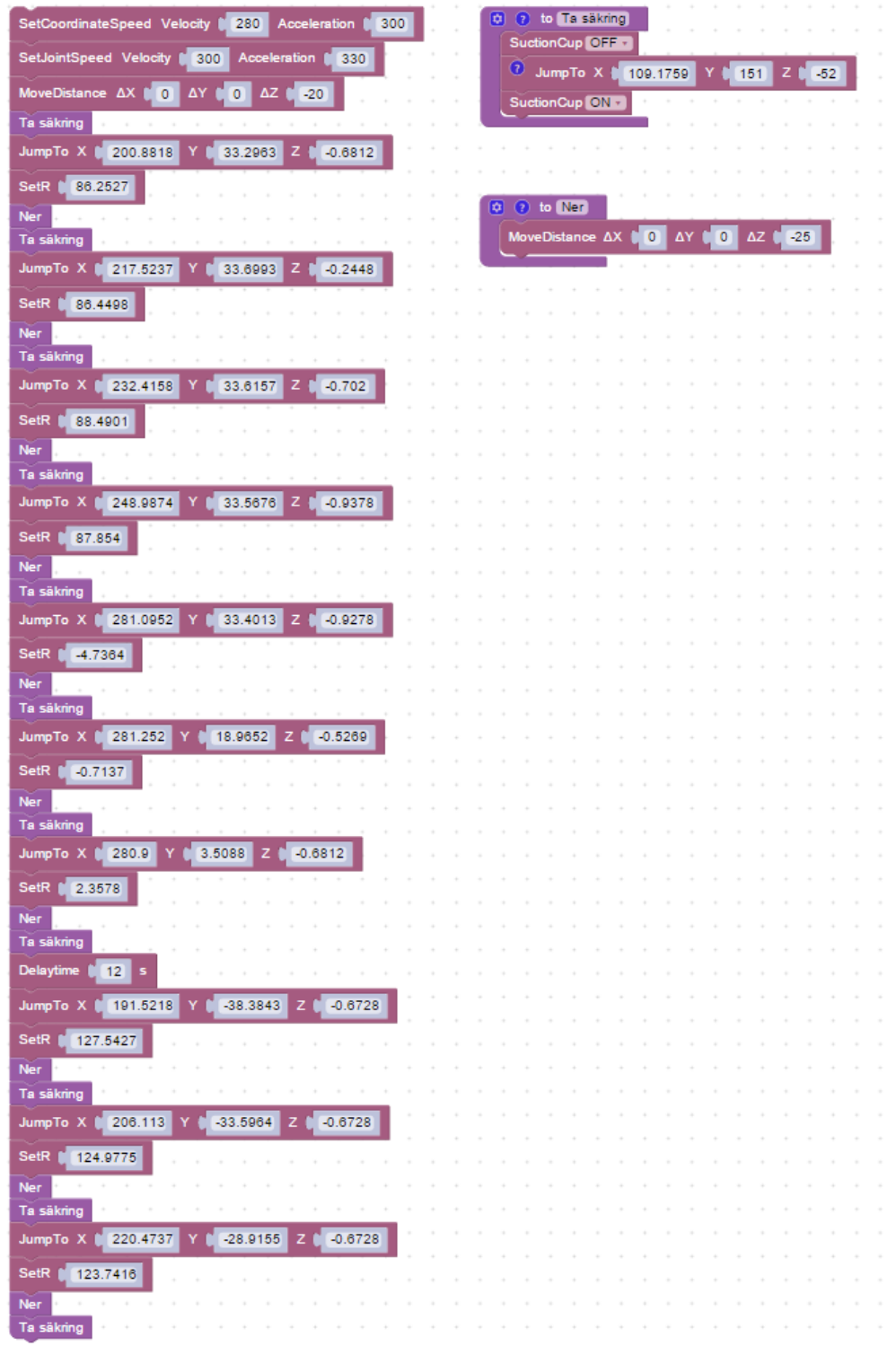
Bilaga 2: Funktionsanalys



Bilaga 3: Kravspecifikation

Funktion	Krav/Önskemål	Specificerat krav
Inget verktygsbyte	Önskemål	Inget manuellt verktygsbyte på Dobot skall behövas utföras under monteringsprocessen
Klara montering för flera layouter	Krav	Två stycken olika layouter på säkringslådor med respektive säkringar och muttrar
Tillräcklig hastighet	Önskemål	Placera 11-12 st säkringar (typ 30, 23 och 40) och 11-12 st muttrar(M6 och M8) beroende på vilken typ av säkringslåda under 5 minuter.
Pris $\leq$ 300 000 kr	Krav	Totalt pris för alla komponenter till monteringsstationen.
Skruv-process	Krav	11-12 st muttrar (10 st M5 och 2 st M8) skall placera på sin plats och gått in i gängen samt roterat minst 250 grader
Plocka & placera säkringar	Krav	9-10 st (typ 30, 23 och 40) och 2 st (Blå och gul) på sin respektive plats
Användning av standardkomponenter	Önskemål	Prioritera användning av standardkomponenter för Dobot Magican om passande.

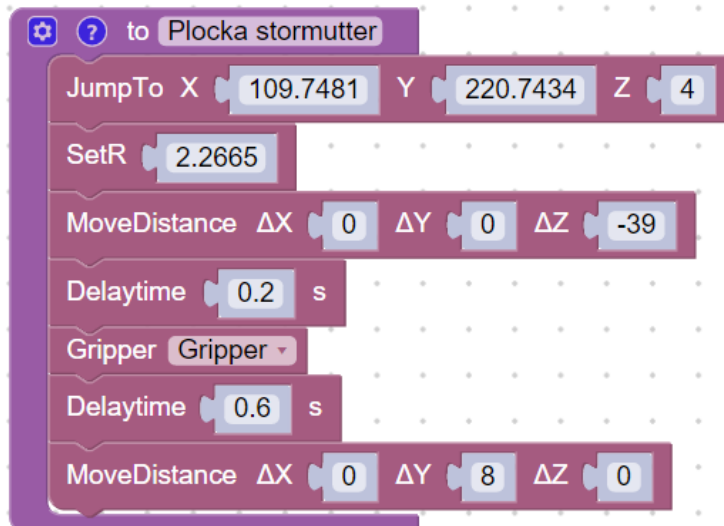
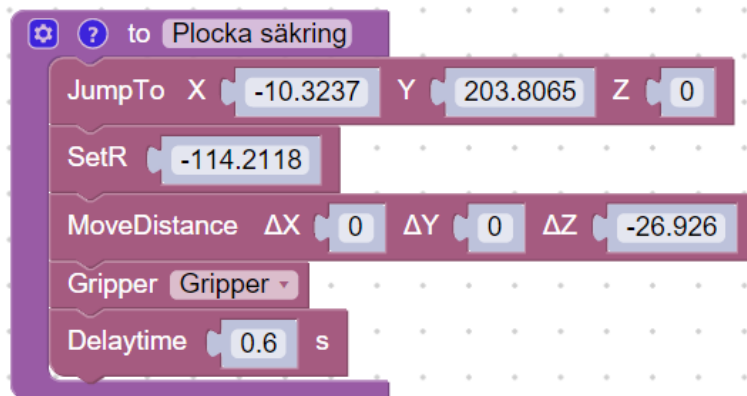
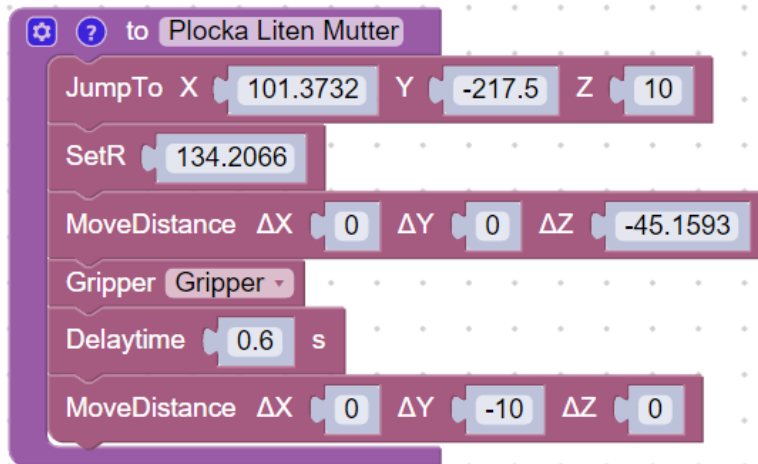
Bilaga 4: Programmeringskod (Sugkopp) säkringslådan 21717590



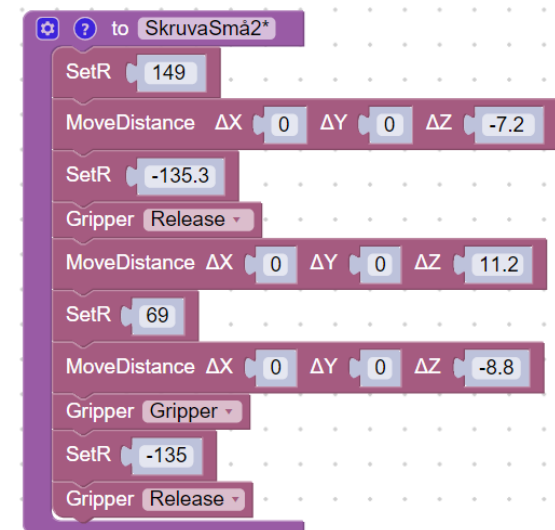
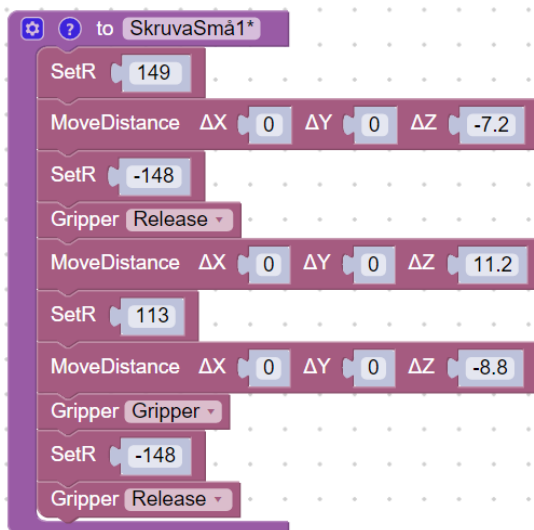
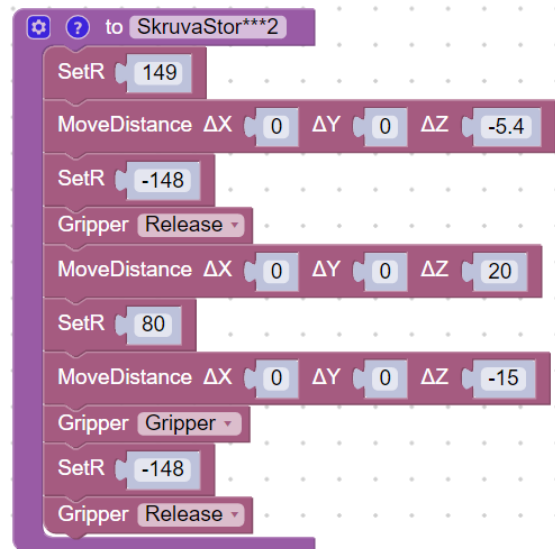
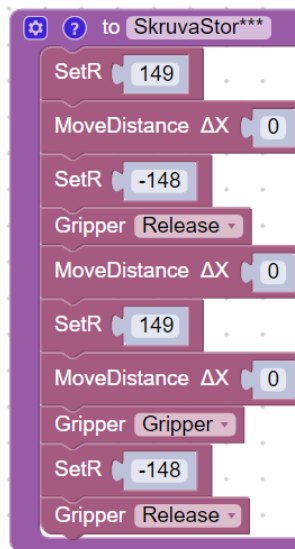
Bilaga 5: Programmeringskod (Gripklo) säkringslådan 21717590

```
SetJointSpeed Velocity 330 Acceleration 390
SetCoordinateSpeed Velocity 200 Acceleration 200
Gripper Release
Plocka säkring
JumpTo X 265.5231 Y 81.0107 Z 10
SetR -40.0549
MoveDistance ΔX 0 ΔY 0 ΔZ -15.5711
Gripper Release
Plocka säkring
JumpTo X 271.8462 Y 104.1789 Z 10
SetR -45.0238
MoveDistance ΔX 0 ΔY 0 ΔZ -16.042
Gripper Release
Plocka stormutter
JumpTo X 293.4914 Y 82.9 Z -2.8
SkruvaStor***
Plocka stormutter
JumpTo X 299.5433 Y 106.3633 Z -3.8
SkruvaStor***2
Plocka Liten Mutter
Delaytime 22 s
JumpTo X 255.2324 Y -18 Z -1.4
SkruvaSmå1*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 255.6459 Y -1 Z -1.7
SkruvaSmå2*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 255.0732 Y -31 Z -1.4
SkruvaSmå3*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 270.1961 Y -16.7 Z -2.4
SkruvaSmå4-7*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 285.8927 Y -16.7 Z -2.8
SkruvaSmå4-7*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 300.8212 Y -16.7 Z -3
SkruvaSmå4-7*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 315.5832 Y -16.7 Z -4
SkruvaSmå4-7*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 320.5042 Y 59 Z -4.3
SkruvaSmå8-10*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 306.9744 Y 53 Z -4.3
SkruvaSmå8-10*
Plocka Liten Mutter
JumpTo X 293.37 Y 48 Z -4
SkruvaSmå8-10*
Plocka Liten Mutter
```

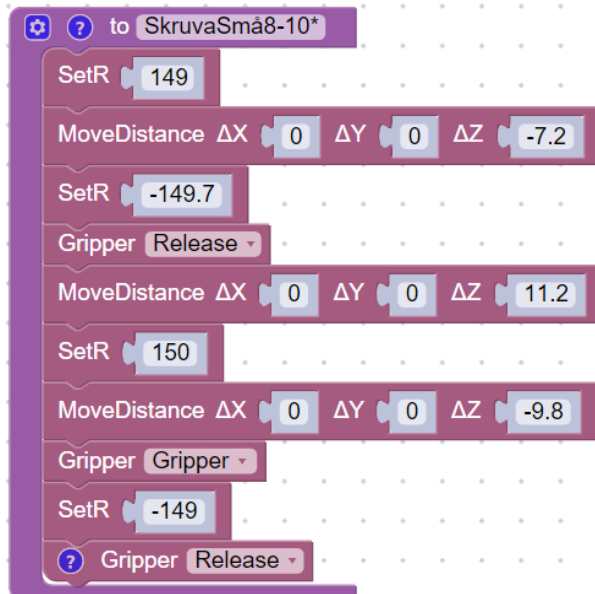
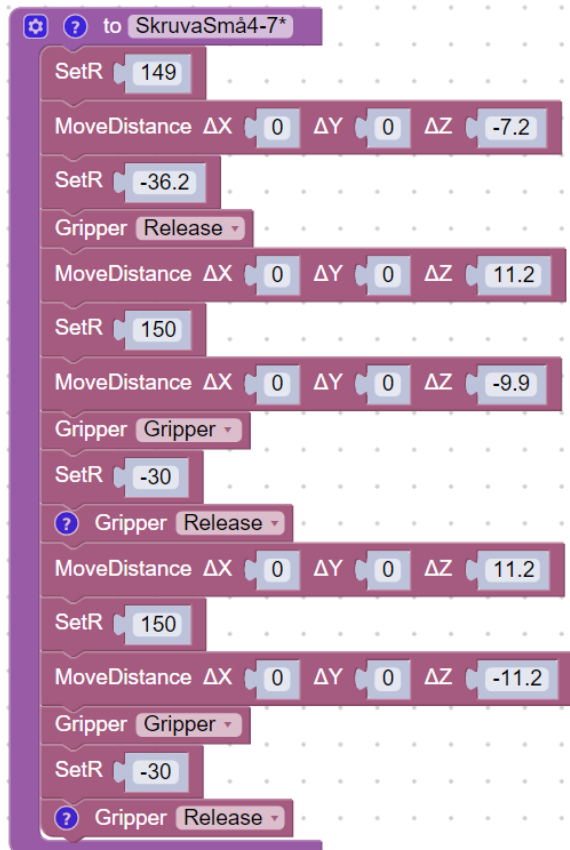
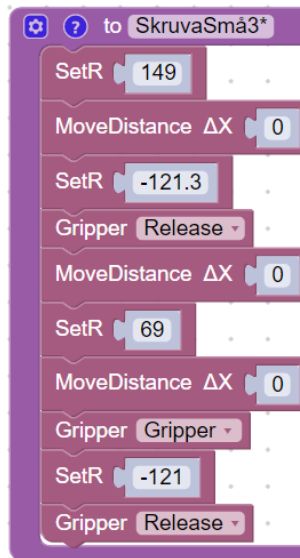
Bilaga 6: Funktionskod (Gripklo) säkringslådan 21717590



Bilaga 7: Funktionskod (Gripklo) säkringslådan 21717590



Bilaga 8: Funktionskod (Gripklo) säkringslådan 21717590





CHALMERS