

Robotisering av produkthantering vid produktion av gummilist



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för elektro- och informationsteknik

Examensarbete:
Albert Gustavsson
Pontus Karlsson

© Copyright Albert Gustavsson, Pontus Karlsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Lunds universitet
Lund 2018

Sammanfattning

Bostik AB har länge haft en produktion där delar av produktionen sker manuellt. Dessa delar innefattar att en anställd behöver lyfta en gummimassa från ett transportband, vrida sig och lägga ner gummimassan i en pall. Den anställde ska sedan lägga på ett mellanlägg av mjukplast mellan varje lager. Denna process kan i längden vara skadlig för de anställda som ska utföra förflyttningen eftersom upprepade lyft och vridningar kan ge svåra påfrestningar och slitningar på kroppen. På grund av detta har Bostik som mål att robotisera processen.

Bostik har även en målsättning att kunna öka sin produktion genom att robotisera processen och flytta arbetskraften till andra delar av produktionen som är mindre skadlig för de anställda.

Detta examensarbete är utfört på ÅF AB åt Bostik och har till syfte att undersöka om det går att robotisera processen och ta fram ett lösningsförslag. Lösningsförslaget innehåller val av robotmodell, upplägg av kringutrustning samt komponentlista.

Det som har undersökts i rapporten är dels en jämförelse mellan de olika robotlösningarna med industrirobot eller portalrobot men även en undersökning om en robot verkligen var nödvändig. Dessa undersökningar har gjorts för att se vad som passar bäst för detta projekt. I analysen framkommer det att en robotlösning skulle passa bäst. I detta fall skulle en industrirobot med fyra frihetsgrader passa bäst för detta projekt då en portalrobots lyftpelare i y-led skulle slå i ett befintligt innertak som produktionslinjen befinner sig under när den befinner sig i toppläget. En industrirobot med fyra frihetsgrader anses vara tillräckligt i detta projekt då den endast behöver kunna greppa saker från en riktning. Utöver ett förslag till robot har även en lista över förslag på kringutrustning som PLC till rullbanor och HMI för produktlinjen tagits fram.

Examensarbetet har inte tagit hänsyn till några mekaniska aspekter av robotiseringen. Det har inte heller tagit någon hänsyn till några andra delar av produktionen än den delen där gummimassan flyttas från transportbandet till pall.

Nyckelord: Automation, robot, produktion, extruder, robotstudio, PLC.

Abstract

Bostik AB has long had a production where parts of the production are done manually. These parts include that an employee needs to lift a rubber pulp from a conveyor belt, twist and put the rubber pulp into a pallet. The employee should then put on a plastic patch between each layer. This process can in the long run be unhealthy for the employees who will carry out the movement because repeated lifting and twisting can cause severe strains and wear on the body. Because of this Bostik has the goal of robotizing the process.

Bostik also has the goal of increasing its production by robotizing the process and moving the labor to other parts of production that are less harmful to the employees.

This bachelor thesis has been carried out at ÅF AB for Bostik and is aimed at investigating whether it is possible to robotize the process and to develop a solution proposal. The solution proposal includes choice of robot model, layout of peripherals and component list.

What has been investigated in the report is a comparison between the various robot solutions industrial robot and portal robot, but also if a robot was really necessary. These surveys have been made to see what fits best for this project. In the analysis it shows that a robot solution would fit best. In this case, an industrial robot with four degrees of freedom would suit best for this project as a portal robot's lift racer in y-direction would hit an existing inner roof that the production line is below when it is in the top position. An industrial robot with four degree freedom is considered sufficient in this project as it only needs to be able to grab things from one direction. In addition to a proposal for a robot, a list of peripheral equipment such as PLC to conveyor belts and HMI for the product line has also been developed.

The thesis has not taken into account any mechanical aspects of the robotization. It has not taken into account any other parts of production other than the part where the rubber mass is moved from the conveyor belt to the pallet.

Keywords: Automation, robot, production, extruder, robotstudio, PLC.

Förord

Detta examensarbete utgör den avslutande delen av vår högskoleingenjörsutbildning inom elektroteknik med automationsteknik på Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet omfattar 22.5 högskolepoäng. Examensarbetet har genomförts under vårterminen 2018 i samarbete med ÅF AB åt Bostik AB.

Vi vill tacka vår handledare Peter Björklund på ÅF AB för all vägledning genom hela detta examensarbete. Vi vill även tacka för att vi fått möjligheten att utföra vårt examensarbete på ÅFs automationsavdelning mot Bostik AB.

Utöver vår handledare på ÅF skulle vi också vilja tacka vår handledare Mats Lilja och examinator Christian Nyberg för deras hjälp under arbetets gång.

Till sist skulle vi även passa på att tacka övriga anställda på ÅF för deras stöd och hjälp i områden där vi har saknat viss kompetens.

Helsingborg, juni 2018
Albert Gustavsson och Pontus Karlsson

Terminologi

Förkortningar:

PRINCE2 - PRojects IN Controlled Environments, version 2

PLC - Programmable Logic Controller

TIA Portal - Totally Integrated Automation Portal

PD reglering - Proportionellt deriverande reglering

Förklaringar:

Extruder - Smältugn som smälter ner material och pressar de genom en form.

Pneumatik - Tryckluftsteknik.

Bälgar - "Munstycken" för vakuum greppning.

SJ pall - Standardiserad träpall även känt som EUR-pall.

Punktmassa - En massa sett från en viss punkt.

Frihetsgrader - Antalet oberoende variabler som behövs för att ange ett systems läge.

Technology CPU – En CPU med integrerade rörelsefunktioner.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.2.1 Målsättning.....	2
1.3 Problemformulering	2
1.4 Motivering till examensarbetet	2
1.5 Avgränsningar	3
1.6 Metod	3
1.7 Givna förutsättningar	4
1.7.1 Produkten	4
1.7.2 Extruder och matningsband	4
1.7.2.1 <i>Modifiering av extruder</i>	6
1.7.3 Greppverktyg	6
1.7.3.1 <i>Modifiering av extruder</i>	6
1.7.4 Mellanlägg.....	7
1.8 Kundens önskemål	8
2 Teknisk bakgrund	11
2.1 Mekanisk bakgrund	11
2.1.1 Punktmassa	11
2.1.1.1 <i>Translationell transformation och rotationstransformation</i>	12
2.2 Reglering	14
2.3 Industrirobotar	15
2.4 Portalrobot	16
2.5 PLC	16
2.5.1 Programmeringsspråk.....	17
2.6 RobotStudio	18
3 Metod	19
3.1 ÅFs projektmodell	19
3.2 Teori och användning	19
3.2.1 Uppstart av projektet	20
3.2.2 Initiering av projektet.....	21
3.2.3 Leverans av lösning	22
3.2.4 Avslutande av projektet.....	22
3.3 Valet av lösning	23
3.4 Platsbesök	23
4 Analys	25
4.1 Olika lösningsalternativ	25
4.1.1 Förflyttning till pall via rullband	25
4.1.2 Portalrobot	25

4.2 Val av lösning	26
4.2.1 Hur urvalet gick till	26
4.2.2 Val av modell.....	27
4.2.3 Uppdatering från kunden	27
4.2.4 Komponenter för vald lösning	28
5 Resultat	31
5.1 "Proof of concept" för produktionslinjen	31
6 Slutsats	35
6.1 Val av robotlösning	35
6.2 Projektmodellen som arbetsmodell	36
6.3 Svar på frågeställningarna	36
6.4 Reflektion över etiska aspekter	37
6.4.1 Ingenjörens hederskodex	37
6.4.2 Sekretess	38
7 Framtida utveckling	39
8 Källförteckning	41
9 Bilagor	45

1 Inledning

Detta examensarbete är utfört på ÅF AB i samarbete med Bostik AB.

Ångpanneföreningen, förkortat ÅF, grundades 1895 i Malmö och har i dagsläget cirka 10 000 anställda över hela världen. ÅF är ett av Sveriges ledande konsultföretag med avdelningar inom energi, industri, elkraft och infrastruktur med inriktning mot både den privata och den offentliga sektorn. ÅFs affärsidé är att skapa hållbara teknik- och designlösningar [1].

Bostik är i dagsläget ett av världens ledande företag inom industrin för tillverkning av lim, tätningsprodukter samt olika typer av byggprodukter. Med sina 5 000 anställda inriktar de sig mot industriell tillverkning, konstruktionsbranschen och slutkonsumenter [2].

1.1 Bakgrund

Bostik har för närvarande en process där hantering av produkter i tillverkningen av en gummilist till takfönster görs manuellt. Den nuvarande metoden för hantering är monoton och skadlig eftersom arbetarna behöver lyfta en "gummimassa" som väger fyra till fem kilo och sedan vända sig om för att lägga ner den i en pall. Under en normal arbetsdag resulterar detta i en sammanlagd vikt på ungefär tio ton. Anledningen till att detta görs är för att gummit behöver svalna i ett pallställ för att arbetare ska kunna hantera massan i nästa moment i produktionen.

De önskar att få delar av produktionen automatiserad för att kunna minska monotona arbetsuppgifter, undvika arbetsrelaterade skador som till exempel förslitningsskador. Bostik vill också flytta manuell arbetskraft till där den behövs i produktionen. De har även som mål att öka produktionen från nio till tolv produkter i minuten.

Utöver detta finns det problem vid lagring och transport mellan maskinerna. Problemet uppstår när produkten lagras över vartannat i en pall med pallkrage och den totala vikten deformerar en del av produkterna i botten så att de blir svårare att hantera senare vilket leder till extraarbete för personalen.

Examensarbetet kommer att utgå från ÅFs nya projektplan som de tagit fram och börjat implementera.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka om produktionen på Bostik kan automatiseras och i så fall utföra automatiseringen i de delar den efterfrågas.

Företaget vill genom projektet minska monotont och skadligt arbete på arbetsplatsen så de kan använda sin arbetskraft där den behövs mest. Genom att robotisera delar av produktionen efterfrågas även en ökad produktionskapacitet. Om projektet lyckas kommer tekniken som utvecklas under examensarbetets gång förhoppningsvis kunna ligga till grund för andra liknande projekt på resterande produktlinjer på Bostik och hos andra företag efter små justeringar. Många robotiseringsprojekt är snarlika varandra men inget automationsprojekt är det andra likt.

1.2.1 Målsättning

Målet med examensarbetet är att utveckla och realisera en robot som underlättar produktionen och gör det möjligt för företaget att prioritera sin arbetskraft på andra ställen där den behövs mer. Bostik vill även få ett bättre flöde i produktionslinjen mellan maskiner. Med ett bättre flöde vill företaget öka produktionskapaciteten.

1.3 Problemformulering

Detta examensarbete kommer fokusera på implementationen av en robot som kan utföra de efterfrågade funktionerna som tas upp i bakgrunden. Utöver detta kommer fokus också läggas på att komma med lösningar som underlättar flödet och hanteringen av produkten kring roboten.

- Går det att automatisera den delen av produktionen som idag görs manuellt?
- Vilka delar bör man fokusera på i första hand?
- Vilka är de största fördelarna med att automatisera produktionen?
- Vilken lösning blir den bästa slutprodukten?
- Kan man minska avsvälningstiden av gummit efter den första extrudern och därmed öka produktionen?

1.4 Motivering till examensarbetet

Detta examensarbete valdes att utföras då det speglar bra vad som lärts ut under utbildningen. Examensarbetet ger ett utmärkt tillfälle att använda de kunskaper som förskaffats i samband med utbildningen och tillämpa dem på ett praktiskt sätt.

Som nämnts tidigare önskar Bostik att en del av deras produktion robotiseras för att få bort monotona och riskfyllda arbetsuppgifter samt få en ökad produktionskapacitet.

Lyckas projektet kommer tekniken förhoppningsvis kunna tillämpas i andra industrier.

1.5 Avgränsningar

Denna rapport kommer bara undersöka hanteringen av gummilisten, rapporten kommer inte undersöka hur man kan öka produktionshastigheten i resterande produktion. Ett verktyg som använder sig utav pneumatik är redan framtaget, därför kommer detta projekt inte att täcka framtagningen av verktygen. Denna rapport kommer inte heller ta upp mekaniska konstruktioner eller riskbedömning av produktionslinjen. Eftersom projektet kommer fortsätta efter detta examensarbete kommer inte heller tester av robot eller produktionslinjen att genomföras i denna rapport. Examensarbetet kommer inte heller ta hänsyn till kommunikationen mellan PLC och robot.

1.6 Metod

Projektet kommer delvis att utföras på ÅFs kontor i Helsingborg, där tillgång till handledare och datorer finns.

För att få en bra struktur för projektet beskrivs detta i punktform. Proceduren för detta examensarbete kommer preliminärt att vara följande:

- Tanken är att följa ÅFs nyutvecklade projektplan/tillvägagångssätt, detta för att få en bättre inblick i hur ÅF vill att ett projekt ska hanteras. Modellen bygger på PRINCE2 modellen.
- Förstudier kommer ske i form av undersökning av anläggningen och vilken robot som skulle passa bäst att implementera för detta scenario. ÅF har utfört förstudier för att kontrollera att projektet går att genomföra.
- Platsbesök kommer äga rum på Bostik för att samla in nödvändig information så att lösningen kan göras så bra som möjligt.
- Kravspecifikation för lösningen kommer bestå av kundens önskemål. Dessa önskemål kommer följas så länge de anses rimliga och inga bättre lösningar eller ändringar uppstår
- Val av robot kommer i första hand ta hänsyn till vilken vikt den behöver klara av, hur stort arbetsområde som behövs och vilka märken ÅF har tidigare erfarenhet av för att underlätta för båda parter.

- Testning kommer ske i olika stadier av processen. En del tester har redan utförts för att ta fram ett greppverktyg för att kontrollera att projektet går att genomföra överhuvud taget.
- Robotsimulering från den tillverkaren som väljs under projektets gång.
- Implementation av den bästa lösningen kommer innebära simulering, testkörning och uppstart av den lösningen som tagits fram under examensarbetet.
- Utvärdering av projektet kommer ske i projektets slutskede för att undersöka om något kunde gjorts bättre och dokumentera vad som kunde gjorts bättre.

1.7 Givna förutsättningar

För att kunna genomföra detta examensarbete har ÅF utfört en förstudie för att garantera att projektet är genomförbart.

Förstudien bestod av att testa och ta fram ett verktyg för att kunna greppa och hantera produkterna. Ett manuellt prototypverktyg togs fram som användas som grund för examensarbetet och kommer eventuellt omkonstrueras.

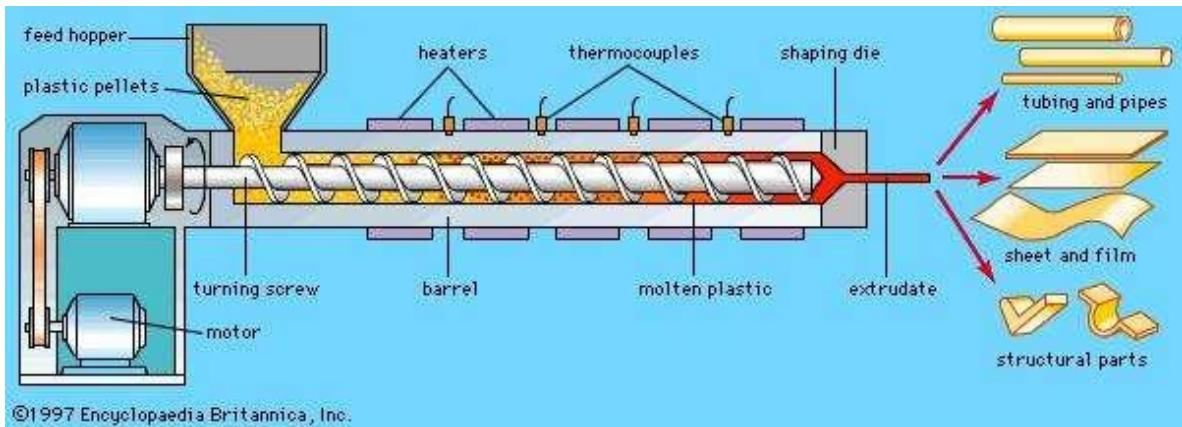
Eftersom gummit blir deformerat när det svalnar, önskas nytt mellanlägg mellan gummit när de staplas på varandra, istället för plastfolie som används sen tidigare. Genom förstudien togs ett preliminärt mellanlägg fram för att underlätta hanteringen av staplingen av produkter.

1.7.1 Produkten

Produkten som kommer hanteras i detta examensarbete består av bearbetat gummi som trycks ut från en extruder och formas till cylinderformad massa. När produkten pressas ut är den 70-100 grader Celsius och kladdig då den består av gummi. Produkten har en diameter på 50 mm och väger runt 4-5 kg med varierande längd med en maxlängd på 80 cm så att den får plats på bredden på en SJ pall, en pall som har måtten 144x800x1200 cm.

1.7.2 Extruder och matningsband

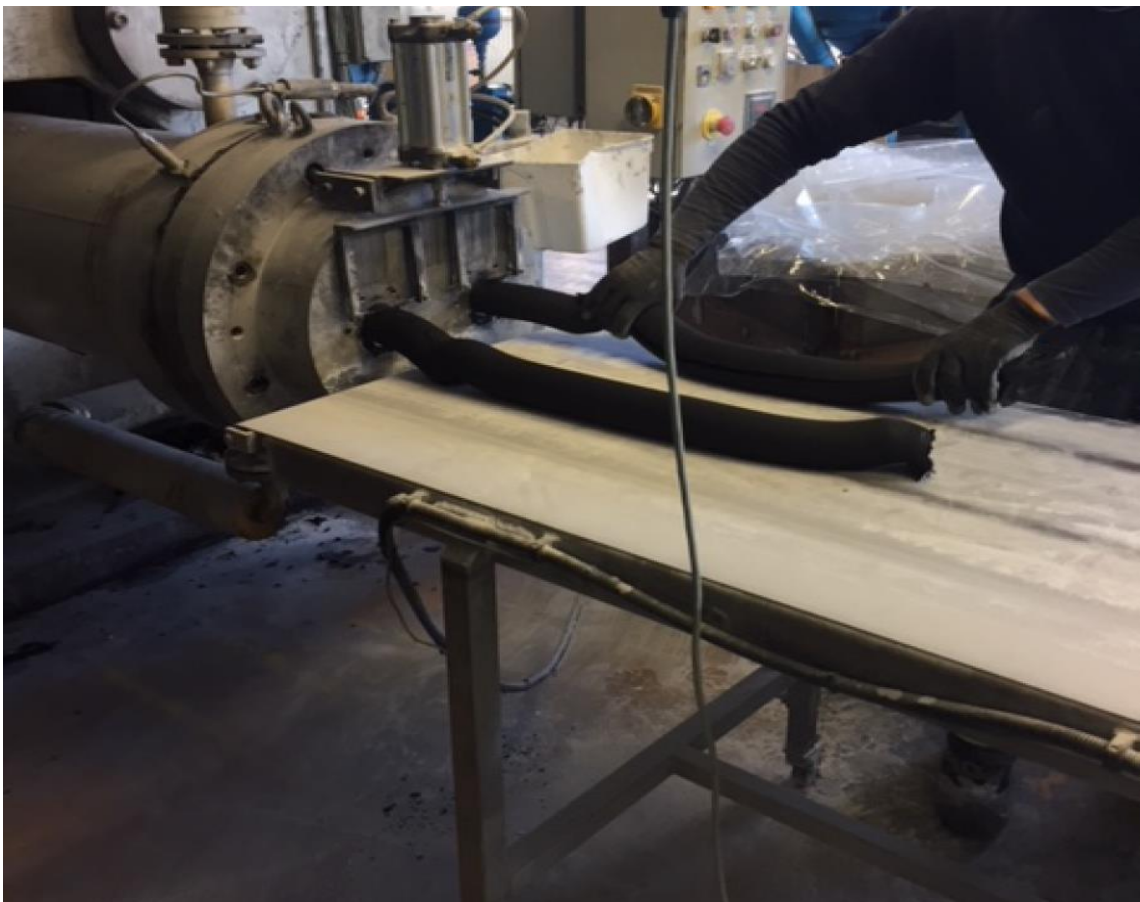
Extrudern fungerar som en ugn med en stor tratt som fylls upp med material som ska smältas och sedan pressas det genom ugnen och kommer ut med ett kontinuerligt flöde, se figur 1. I detta fall fylls tratten upp med en specialblandning av gummi. Blandningen smälts ner, blandas och pressas ut genom munstycket [3].



Figur 1: Översiktsbild av en extruder [4].

Extrudern fungerar bäst vid ett konstant flöde. Skulle det vara så att hastigheten sänks eller om flödet stannar helt börjar extrudern krångla. Kunden önskar därför att extrudern körs med konstant flöde för att undvika onödiga problem.

Produkten pressas ut genom två lika stora munstycken på 50 mm och delas med hjälp av en kniv vid mynningen, se figur 2. Produkten hamnar sedan på ett matarbord där den sedan plockas av personal som lägger den i pallar för kylning.



Figur 2: Plockning av gummimassa efter extrudern. Foto: Filiph Hansson

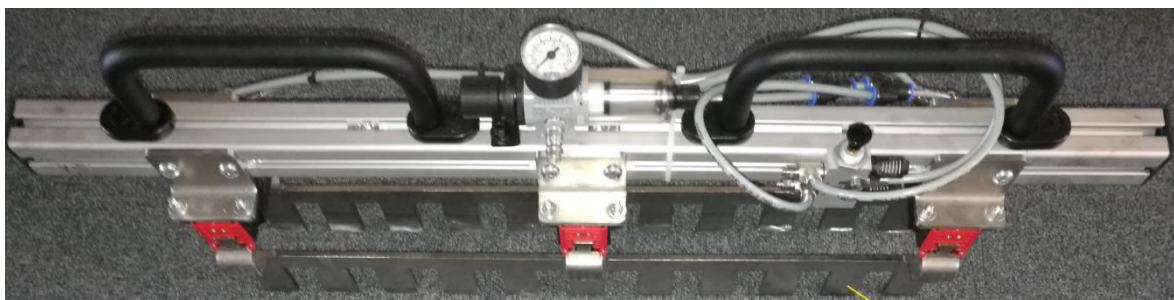
1.7.2.1 Modifiering av extruder

För att underlätta för robothantering kommer extruderns munstycke eventuellt att modifieras till att bara ha ett munstycke med en diameter på 80 mm. Detta för att en produkt är lättare att hantera för en robot och en robot får mer tid att lägga på mellanlägg. Extrudern kommer i så fall fortfarande köras med konstant flöde.

1.7.3 Greppverktyg

Verktyget som togs fram under förstudien använder sig av pneumatik för att greppa och släppa produkten, se figur 3. Under förstudien gjordes tester med böjd greppyta men det visade sig skada produkten. Istället valdes att gå vidare med en rak greppyta vilket visade sig fungera som efterfrågat. Verktögen som tagits fram är en prototyp och kan komma att ändras under projektets gång. Det efterfrågas framförallt en lättare vikt på verktyget än vad det är i dagsläget.

Trots att produkten är klabbig när den ska flyttas uppstod det inga problem med att den fastnar på verktyget.



Figur 3: Greppverktyget som togs fram under förstudien. Foto: Filiph Hansson

1.7.3.1 Modifiering av extruder

För att göra det möjligt för en robot att hantera både gummi-enheten och mellanläggen behövs vissa modifikationer göras av greppverktyget.

Denna modifikation innebär att greppverktyget behöver justeras så att det kan expanderas ytterligare för att kunna greppa mellanläggen eller en tillbyggnad i form av en expansion på verktyget med bälgar för att greppa mellanläggen med hjälp av vakuum.

Att modifiera det framtagna verktyget skulle vara en bättre lösning än att ha ett extra verktyg eller en extra robot till mellanläggen, för att minska kostnaderna och tidskonsumtion.

Verktyget skulle även eventuellt behöva modifieras så att det kan greppa två produkter åt gången istället för en för att spara in tid för roboten.

1.7.4 Mellanlägg

Tidigare har produkten lagrats i en pall med pallkragar och tunn mjukplast som mellanlägg, se figur 4.



Figur 4: Produkter i pall för avsvälning. Foto: Filiph Hansson.

I samband med förstudien togs ett alternativ till mellanlägg fram, se figur 5. Tanken är att mellanlägget ska ersätta pallkragar och ligga centrerat på egen hand. Mellanläggen ska även underlätta för en robotlösning att lägga ner och plocka upp produkten. Mellanläggen som tagit fram i förstudien väger 8.1 kilo och är tillverkade av aluminium.



Figur 5: Mellanlägg som togs fram under förstudien. Foto: Filiph Hansson.

I dagsläget är det problem att produkten klibbar fast i plasten som används som mellanlägg. De som arbetar måste varje gång anstränga sig för att dra isär gummit från plasten i nästa steg i processen. Detta är ett onödigt och är dessutom ett tidskrävande belastningsmoment för arbetaren. De nya mellanlägggen klibbar inte lika mycket och gör det lättare att lossa produkterna. En av nackdelarna med dem är att de väger mer än önskat och kommer därför eventuellt att omkonstrueras i slutskedet av projektet.

1.8 Kundens önskemål

Eftersom detta examensarbete utförs på ÅF mot kund som i detta fall är Bostik står kunden för kravspecifikationen. Kravspecifikationen ska följas så gott som möjligt för att uppfylla kundens önskemål. Kunden har tillhandahållit muntliga önskemål gällande funktioner.

Önskade funktioner

Maskinen som extruderar ut gummit fungerar bäst när den håller konstant hastighet, se figur 2. Bostik önskar därför att lösningen ska fungera med det konstanta flöde som extrudern håller i dagsläget.

Extrudern befinner sig under ett befintligt innertak, därför önskar Bostik även att roboten ska få plats under detta utan att det sker modifieringar av det. Avståndet mellan marken och innertaket motsvarar ungefär två meter.

Bostik önskar även att både hanteringen av produkten och mellanläggen sker automatiskt för att helt undvika manuellt arbete i denna del av produktionen. Tompallar till och från extrudern ska fortfarande hanteras med manuell truck.

Att minska monotona och riskfyllda arbetsuppgifter

En av de största anledningarna till att Bostik vill robotisera denna del av produktionen är för att minska monotona och skadliga arbetsuppgifter.

I dagsläget består arbetsmomentet av att luta sig framåt, plocka upp en produkt från rullbandet, vrida sig och lägga ner den i en pall. Detta upprepas gång på gång och kan i längden leda till skador vilket Arbetsmiljöverket har studerat och kommit fram till [5].

“Det finns ett starkt samband mellan belastningsbesvär och förhållandena i arbetsmiljön. Belastningsbesvär uppkommer ofta i samband med tunga lyft, repetitivt arbete, obekväma, ansträngande och påfrestande arbetsställningar och arbetsrörelser.” [5].

Monotont arbete påverkar inte bara en person fysiskt utan också psykiskt. Det ger inga utmaningar och hindrar ens personliga samt professionella utveckling vilket kan leda till psykisk ohälsa hos den anställde. Det är därför bättre att flytta arbetskraften till en annan plats, där denne skulle göra mer nytta och få mer stimulerande arbetsuppgifter [5].

2 Teknisk bakgrund

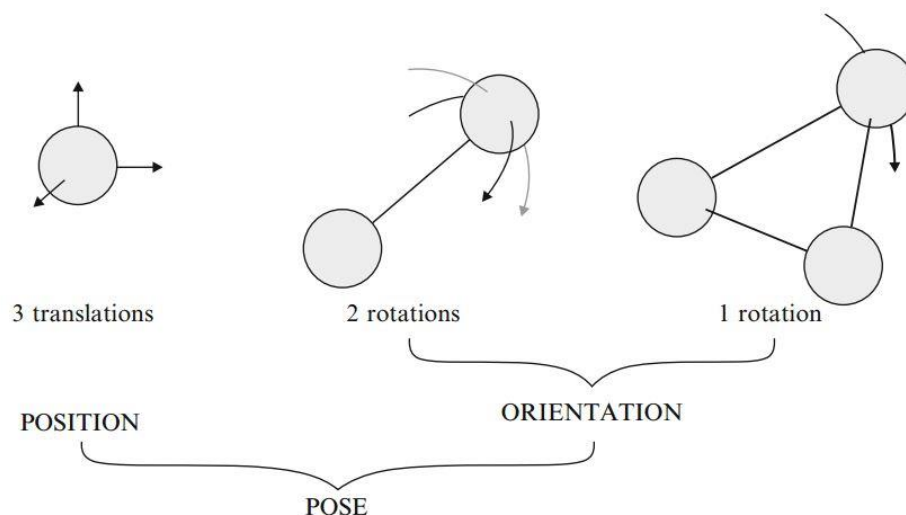
En robot för industrin definieras enligt ISO 8373 standarden: “An industrial robot manipulator is a feedback controlled, reprogrammable, multipurpose system. It is programmable in three or more degrees of freedom” [6].

2.1 Mekanisk bakgrund

Följande kapitel kommer förklara ingående hur rörelser hos robotar fungerar och hur de skiljer sig mellan olika typer.

2.1.1 Punktmassa

En punktmassa har någon form av frihetsgrad. En partikel som rör sig i en linje, till exempel, har en frihetsgrad. En pendel med en partikel som är fäst vid den andra har två frihetsgrader. Nu är robotar inte bara punktmassa, utan de är stela kroppar. Den enklaste stela kroppen består av tre punktmassor.

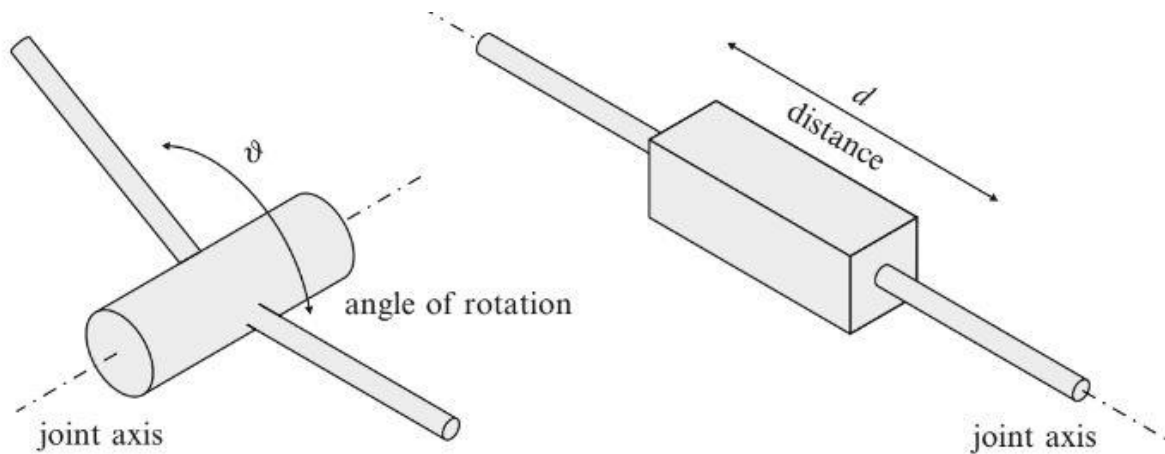


Figur 6: Punktmassors frihetsgrader [6].

En fri punktmassa har av sig själv tre grader av frihet. Om en andra punktmassa läggs till den första med konstant avstånd mellan de två innebär det att den andra partikeln bara kan röra sig i ett cirkulärt mönster och begränsas till två frihetsgrader. Sedan läggs en tredje partikel till som fortfarande håller de andra två med konstant avstånd. Detta ger bara en grad av frihet. De tre första graderna av frihet beskriver kroppens position, medan de tre andra bestämmer kroppens orientering. Detta medför sex grader av frihet [6].

2.1.1.1 Translationell transformation och rotationstransformation

En industrirobots styva kroppar kallas robotsegment [6]. Dessa segment har endast en grad av frihet per del. De kan vara antingen roterande eller translaterande, vilket innebär linjär rörelse. En portalrobot använder sig endast av translationer.



Figur 7: Jämförelse mellan translationelltransformation och rotationstransformation [6].

Translationell transformation

Med kunskap om hur en kropp rör sig, är det möjligt att beskriva dess rörelser matematiskt. Translationen d ges av vektorn:

$$d = ai + bj + ck$$

Formel 1: Translationell förskjutning [6].

Den kan skrivas med den homogena matrisomvandlingen.

$$H = \text{Trans}(a, b, c) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Formel 2: Translationell förskjutning på matrisform [6].

Vid användning av homogena transformationsmatriser har en godtycklig vektor följande

4×1 form

$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = [x \quad y \quad z \quad 1]^T$$

Formel 3: Translationell transformationsvektor [6].

En translationsförskjutning av vektorn q för ett avstånd d erhålls genom multiplicering av vektorn q med matrisen H

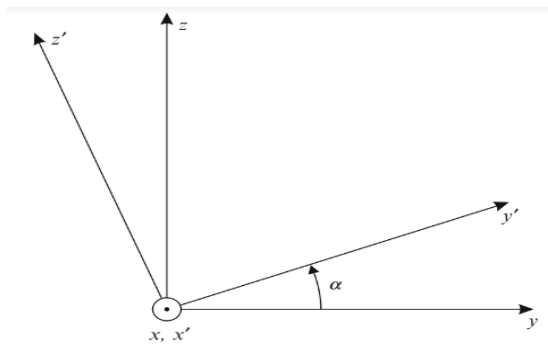
$$v = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + a \\ y + b \\ z + c \\ 1 \end{bmatrix}$$

Formel 4: Slutpositionen för förskjutningen [6].

x, y, z beskriver kroppens startposition och a, b, c beskriver kroppens slutposition [6].

Rotations transformation

Rotationstransformationen beskrivs också av en transformationshomogen matris. Rotationen runt x -axeln kan beskrivas som



Figur 8: Rotationsaxlar för rotationstransformation [6].

$$Rot(x, \alpha) = \begin{bmatrix} \cos 0^\circ & \cos 90^\circ & \cos 90^\circ & 0 \\ \cos 90^\circ & \cos \alpha & \cos(90^\circ + \alpha) & 0 \\ \cos 90^\circ & \cos(90^\circ - \alpha) & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Formel 5: Rotationsmatris [6].

Samma metod kan också användas för y och z axeln.

$$Rot(y, \beta) = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Formel 6: Rotationsmatris [6].

$$Rot(z, \gamma) = \begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Formel 7: Rotationsmatris [6].

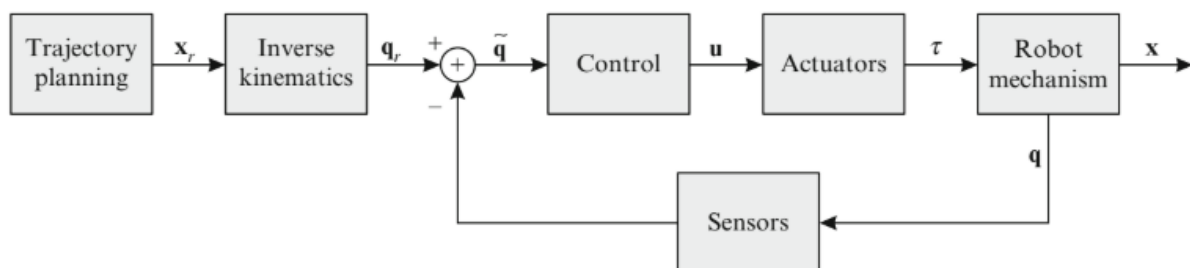
Dessa matriser multipliceras med q -vektorn för att få vektorn w [6].

Det är nu möjligt att få positionen av en stel kropp som rör sig både rotations- och translationellt med den homogena matrisen H .

Ekvation:

$$H = Trans(a, b, c) \times Rot(degree, x) \times Rot(degree, y) \times Rot(degree, z)$$

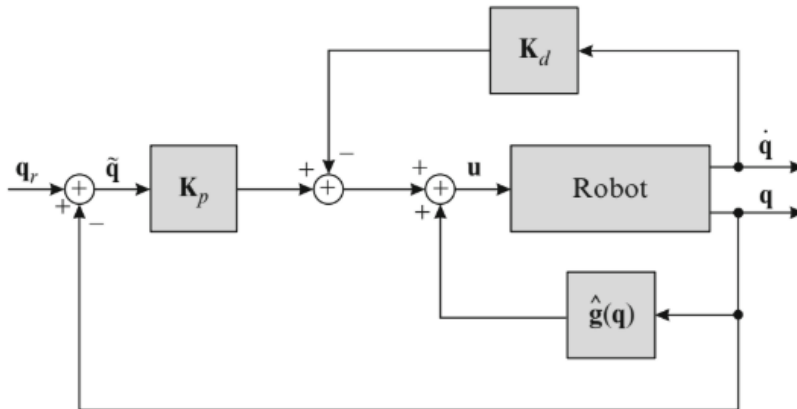
2.2 Reglering



Figur 9: Reglering för hela drivsystemet [6].

Reglertekniken i många industrirobotar är baserade på en PD-regulator med återkoppling för varje frihetsgrad. För att göra regleringen bättre används även gravitationskompensation. Modellen är någorlunda förenklad, detta eftersom ingen hänsyn till friktion och dylikt gjorts.

Genom att använda en PD-regulator ges en hög dämpning vid snabba delar av regleringen. Signalen ges av den numeriska derivatan av den önskade positionen [6].



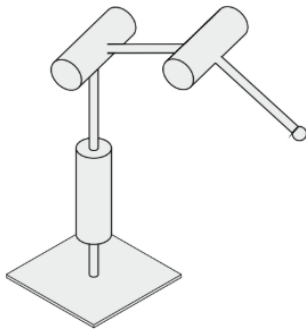
Figur 10: Reglering av roboten [6].

q_r är börvärdet och q är det faktiska värdet och positionen på roboten. G är gravitationskompensation. Överföringsfunktionen för systemet in till roboten blir följande: $u = K_p(q_r - q) - K_d\dot{q} + \hat{g}(q)$

2.3 Industrirobotar

Avsnittet behandlar endast de typer av robotar som är relevanta för projektet. De tre olika typer som förklaras är de tre typer som diskuterats med handledare.

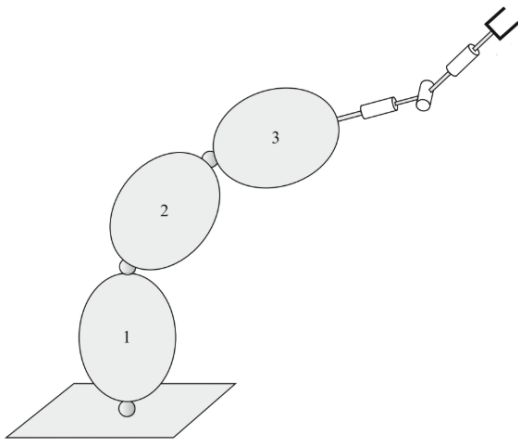
Antropomorf robot



Figur 11: Antropomorf robot [6].

En antropomorf robot är en typ av robot som efterliknar en mänsklig arm mest. Den har tre grader av frihet och är ganska robust. Arbetsytan som den antropomorfa roboten har liknar en sfär och passar bra till situationer vid exempelvis paketering eller förflyttning av tyngre material.

Robotmanipulator

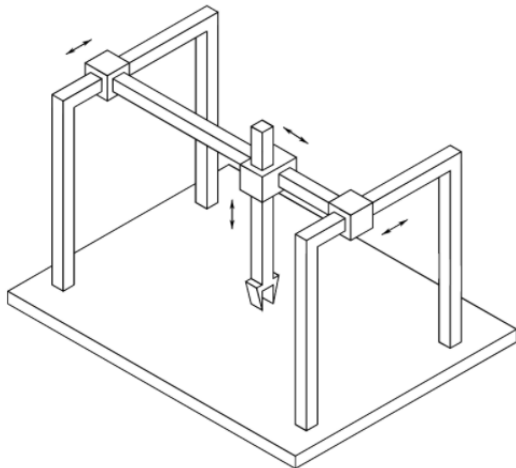


Figur 12: Robotmanipulator [6].

Robotmanipulatorn består av en robotarm, handled och gripare. Fördelen med denna robot är att den har sex grader av frihet. Den kan placera föremål i önskad position för nästa steg i produktionen. Framförallt har denna typ av robot som uppgift att möjliggöra den nödvändiga orienteringen av föremålet som behövs för viss typ av hantering i produktlinjer.

2.4 Portalrobot

En portalrobot består av 3 translationella leder och alla axlar är vinkelräta mot varandra. Portalrobotar är mest kända för sin höga precision och sin förmåga att lyfta tunga objekt [6]. Denna robot är kompatibel med ett PLC-system.



Figur 13: Portalrobot [7].

2.5 PLC

PLC är ett system baserat på en mikroprocessor. En PLC används främst inom tillverkningsindustrin men även i byggnader för kontroll av exempelvis värme, gas och ventilation. PLCn använder sig av minne för att göra kontrollbaserade uppgifter [8]. PLC används för att programmera logik i system. Det finns många olika sätt att programmera en PLC på, beroende på vilket märke och

produkt som köpts. Med standarden IEC 61131-3, blir all form av syntax lika varandra, oberoende av vilket märke produkten som har som köpts in.

2.5.1 Programmeringsspråk

Ladder

Ladder logik är den mest grundläggande varianten av PLC programmering. I ladder logik används switchkontakter och reläkontakter för att bestämma booleska uttryck. Ordet ladder kommer ifrån att programmet ser ut som en stege med den vänstra sidan som minuspol och den högra som plus med grindar emellan. Grindarna utgörs av logiska grindar som till exempel AND, OR och XOR. Tack vare dess utseende påminner ladder kod mycket om kretsscheman vilket underlättar för elektriker som kan komma att behöva utföra underhåll på en maskin [9].

Funktionsblock

Funktionsblock påminner om ladder i avseende att man kopplar in en insignal på vänster sida om blocken och har utgångarna till höger. Funktionsblocken fungerar som en låda som innehåller kod för en viss funktion.

Funktionsblocken används för att visualisera en tydligare bild av sambandet mellan in och utsignal. Genom att skriva kod och lägga den i ett funktionsblock är det enkelt att skapa egna funktionsblock beroende på vilka funktioner som efterfrågas [10].

Strukturerad text

Ett högnivåspråk som är likt Pascal i syntaxen, vilket språket är baserat på. Fördelen med strukturerad text är att loopar som IF och WHILE är lätt att använda sig av. Dessutom kan man använda sig av olika funktioner som SQRT och trigonometriska funktioner [11].

Sequential Function Chart (SFC)

SFC är ett grafiskt programmeringsgränssnitt med ett sekvensbaserat flödesdiagram. Det består av flera olika delar, och varje del kan programmeras i de andra fyra språken. SFC består av olika övergångsvillkor och aktiviteter [11].

Instruktionslista

En Instruktionslista är ett lågnivåspråk som består av lätta instruktioner. Det liknar ackumulatorregister (Assembly) [11]. Ett lågnivåspråk innebär att själva språket ligger nära hårdvaran och att kommandon liknar de kommandon som processorn själv använder. Till skillnad från ett högnivåspråk, som är mer

abstrakt och är till för programmeraren att lösa problem för önskade funktioner.

TIA-Portalen

Siemens har utvecklat en egen mjukvara för programmering av sina enheter. Mjukvaran kallas TIA-portal och är Siemens standardprogram för PLC programmering. Mjukvaran skapades för att ge en bättre överblick över utvecklingsprocessen och minska tiden till marknaden [12].

Till TIA portalen finns tillbehör som är användbara för detta projekt. Selection tool är ett tillbehör som hjälper användaren att välja rätt PLC och komponenter för projekt, för att det ska passa så bra som möjligt och för att underlätta för användaren vid valet.

Protokoll för Siemens

Siemens använder Profinet protokollet, som utvecklades under 90 talet, och är en nyare variant av Modbus. Precis som Modbus, som utvecklades under 70 talet, använder sig profinet av en så kallad master-slave kommunikation. Mastern har full kontroll över bussen och slave kan bara svara när den blir tillsagd. Mastern sparar outputs och läser inputs från varje slave, under varje cycle [13].

Det som skiljer dem två åt mest är att Profinet även använder sig av ett Token Ring protokoll, vilket gör att Profinet kan ha mer än en master. Utöver detta går varje enhet genom en startsekvens, där de kan gå med i nätverket. Varje slav har en failsafe timer. Om slaven inte kommunicerat med mastern under denna tid, går slaven till ett safe state. Detta innebär att mastern måste gå genom samma startsekvens som gjordes tidigare, innan data kan överföras mellan dem. Varje master har också en watchdog timer, som tillsammans med ovanstående, gör att kommunikationen kan ske över en buss cycle [14].

2.6 RobotStudio

ABB använder sig av sitt egna simuleringsprogram RobotStudio, som har ABBs alla robotar inlagda i programmet. Programmet är en kopia av ABBs Virtual Controller, en mjukvara som används av robotar i produktion. Detta för att skapa en simuleringsmiljö som är så verklighetstrogen som möjligt.

Robotstudio använder sig av deras egna programmeringsspråk, som de valt att kalla RAPID, ett högnivåspråk som tillhör den grafiska utvecklingen då man jobbar i robotstudio. Rapid-koden kan sedan föras direkt över till den fysiska roboten[15].

3 Metod

3.1 ÅFs projektmodell

ÅFs anställda har länge använt sig av olika projektmodeller, beroende på vad den anställde haft för tidigare erfarenheter. För att få en mer gemensam projektmetodik i hela organisationen, utvecklade ÅF sin egen modell som lanserades i juli 2017. Modellen ska både kunna hantera små och stora projekt. Detta genom att delar av modellen ska kunna väljas vid mindre projekt. Önskemålet från ÅFs sida var att examensarbetet skulle utföras med hjälp av delar från deras projektmodell. En så kallad “light version”.

Modellen är baserad på PRINCE2-modellen, som är utvecklad av den brittiska staten och passar in i de flesta industrier och organisationer. Den är modifierad för att passa ÅFs projektmiljö [16].

3.2 Teori och användning



Figur 14: ÅFs projektmodell i kortform för utbildningssyfte. Foto: Albert Gustavsson

Projektmodellen bygger på att ett antal dokument ska tas fram och dokumenteras under ett projekts gång. Antalet dokument och typen bygger på hur stort projektet är och vad som ska utföras. För att underlätta för denna rapport har de dokument som valts ut att användas sammanställts och implementerats i rapporten.

I detta examensarbete kommer en mindre komplex modell att användas eftersom projektet inte behöver alla de dokument som används vid ett större projekt med fler intressenter. En del av dokumenten har även ansetts överflödiga.

3.2.1 Uppstart av projektet

Varje projekt innehåller en uppstartsfas där mycket av planeringen sker. För att ett projekt ska kunna genomföras görs en undersökning om projektet går att genomföra till att börja med och sedan lägga upp en plan för hur arbetet ska läggas upp. Under denna fas undersöks även om det lönar sig att genomföra projektet.

Projektet i korthet

Dokumentet “project brief” eller “Projektet i korthet” skapas under uppstartsfasen och ska innehålla följande:

- Beskrivning av projektet
- Motivering till varför projektet är ekonomiskt försvarbart
- Produktbeskrivning
- Projektets tillvägagångssätt
- Vilka som är delaktiga i projektet

Beskrivningen av projektet behandlas i denna rapport i inledningen under kapitel 1.1 projektets bakgrund.

Motiveringen till varför projektet är ekonomiskt försvarbart sker i samband med syftet i kapitel 1.2. Eftersom företaget vill värna om sin personal och samtidigt få en ökad produktionskapacitet anses projektet ekonomiskt försvarbart.

Produktbeskrivningen knyts samman med analysen som utförs i kapitel 4 för att undersöka vilken lösning som skulle passa detta projekt bäst.

Projektets tillvägagångssätt utgörs av metoden i kapitel 1.6 och är vidare beskriven här i kapitel 3. Tillvägagångssättet kan ändras under projektets gång.

Delaktiga parter i projektet är skribenterna av denna rapport samt de företag som nämns i kapitel 1. Utöver skribenterna bidrar även handledare från skolans sida.

Stegplan

I detta dokument är det tänkt att dokumentera en plan för varje steg i projektet. Här ska det dokumenteras vad som ska göras i varje steg och vad som förväntas presenteras innan nästa steg. Detta dokument ska uppdateras för varje steg i processen.

I denna rapport utgörs detta dokument av metoden i kapitel 1.6.

3.2.2 Initiering av projektet

Initieringen av projektet sker efter att projektet har blivit godkänt. Syftet är att lägga grunden för projektet. I initieringen utvecklas det som tagits fram under uppstartsfasen. Det är även under initieringsfasen av projektet som projektmodellen skräddarsys för att passa projektet.

Projektinitieringsdokumentation

Detta dokument fungerar som en typ av summering och kontrakt mellan alla inblandade parter för att tydligt visa vad som är överenskommet gällande projektet. Dokumentet bör finnas i två upplagor. En som förblir original för att se vad som ursprungligen är överenskommet. Det andra dokumentet bör uppdateras under projektets gång för att jämföra med originalet.

Initieringsdokumentet bör innehålla summerad information om följande:

- Detaljerad information från "project brief" dokumentet
- Projektplan

Utvärdering av fördelarna

Utvärderingsdokumentet ska redogöra för hur och när fördelarna med ett projekt ska mätas. Detta dokument ska uppdateras under projektets gång.

Punkter som bör dokumenteras är följande:

- Vilka fördelar är intressanta
- Vem som är ansvarig för utvärderingen
- Hur fördelarna ska mätas
- Vilka resurser som behövs för att mäta fördelarna
- Baslinje för mätningarna
- Hur lösningen ska bedömas

Fördelarna i detta examensarbete är att Bostik vill undvika skador hos sin personal och flytta manuell arbetskraft till andra ställen där den behövs mer. Utöver att undvika skador vill Bostik även öka produktionskapaciteten.

De ansvariga för utvärderingen är i detta projekt ÅF och Bostik som gemensamt kommer utföra mätningarna efter slutlösningen har implementerats.

Fördelarna kommer att mätas i en minskad skadestatistik och ökad produktionskapacitet.

För att kunna mäta fördelarna behöver det föras god statistik av både skador och effektivitet innan slutlösningen implementeras och efteråt för att kunna göra en jämförelse.

När det kommer till personalen ses projektet som lyckat om skador undviks och företaget kan positionera om personalen till arbeten som företaget annars hade behövt anställa ny personal för. Bostik ser även ett stort värde i att höja produktionshastigheten från nio till upp mot tolv produkter i minuten.

Lösningen bedöms utefter hur bra den uppfyller projektinitieringsdokumentationen och utvärderingen av fördelarna. Lösningen anses lyckad om företagets önskemål har uppfyllts och lösningen fungerar som den är avsedd att göra.

Slutskedesrapport

Under initieringen av projektet ska slutrapporten inledas för att sedan fyllas på kontinuerligt under projektets gång.

I detta fall utgör hela denna rapport slutrapporten eftersom allt har sammanförts i ett dokument.

3.2.3 Leverans av lösning

I detta steg utförs själva projektet och övervakas kontinuerligt för att säkerställa att projektet håller sig till förväntningarna.

Om problem uppstår eller ändringar behöver utföras som påverkar projektet dokumenteras de och rapporteras.

Här sker även leveransen till kund för granskning och feedback.

Problemrapport

Om ett problem upptäckts under projektets gång som behöver ändras ska detta dokumenteras i en problemrapport. I denna rapport har dessa implementerats i kapitel 1.6.2.1 och 1.6.3.1.

3.2.4 Avslutande av projektet

I projektets slutskede lämnas den slutgiltiga produkten över till kund och projektet avslutas.

I samband med avslutandet skall följande dokument färdigställas:

Projektinitieringsdokumentationen

När ett projekt avslutas ska jämförelse av slutresultatet och den ursprungliga planen för att se om projektet uppfyllt de önskemål som efterfrågats av kunden.

Utvärderingen av fördelarna

Utöver att kontrollera slutprodukten mot originalplanen ska även en uppdatering av fördelarna med projektet genomföras för att se om projektet är lyckat. När projektet är genomfört kan även andra fördelar eller eventuella nackdelar upptäckts och då ska även dessa dokumenteras.

Avslutande projektrapport

I slutskedet av ett projekt skall en sammanfattning sammanställas. Denna sammanfattning ska summera hur projektet har gått, vad som har gått bra, vad som har gått mindre bra och vad som kan göras annorlunda vid nästa projekt.

Sammanfattningen ska innehålla följande.

- Rapport om projektet
- Sammanfattning av genomförandet
- Granskning av slutprodukten
- Rekommendationer för uppföljning
- Oavslutade delar
- Risker som bör tas hänsyn till
- Lärdomar att ta med till andra projekt

I detta examensarbete utgörs hela rapporten som rapport om projektet eftersom allt ska få plats i samma dokument.

Resterande punkter som ska vara med inkluderas i diskussionsdelen i kapitel 6 i denna rapport.

3.3 Valet av lösning

Valet kommer ske genom en analys av olika lösningsalternativ där bland annat olika märken och typer av robotar undersökts. Lösningen utgår från att den ska klara att förflytta gummimassan och mellanlägg på ett smidigt sätt helt automatiskt. Det som undersöks är vikt, funktionalitet, hur mycket utrymme som behövs samt pris på slutlösningen.

3.4 Platsbesök

Under projektet utfördes ett platsbesök för att skanna lokalen. Skanningen utfördes för att kunna skapa en 3D-modell av lokalen. 3D-modellen användes sedan för att ta fram mått som behövdes för att måttanpassa roboten. För skanningen användes en Faro Focus kamera som kan skanna i 360 grader [17]. Faro Focus tar dessutom 80 bilder under tiden den skannar, för att färglägga den färdiga 3D-modellen.

Skanningen utfördes flera gånger i olika delar av lokalen för att få med allt som var intressant för projektet. Sammanställningen av scanningen går att se som första person i Autodesk Recap. Genom att hänga upp vita bollar runt lokalen som skannas, använder skannern bollarna som referenspunkter för att lokalisera sig i rummet då man flyttar runt på scannern för att sedan kunna sätta ihop alla skanningar.

4 Analys

Undersökning av olika typer av robotar och lösningar som kan användas vid behandlingen av produkterna. Företagen som jämförts är ABB, Kuka, Festo, Aluflex. Först och främst måste roboten klara önskad vikt och att roboten har den räckvidden den ska klara av. Sedan görs en jämförelse på priset och eventuella för- och nackdelar för säkerheten.

4.1 Olika lösningsalternativ

I projektet togs beslut om vilken typ av lösning som skulle passa bäst för att uppfylla kundens önskemål. Undersökningen innefattar olika typer av lösningar för att ha ett öppet tillvägagångssätt.

4.1.1 Förflyttning till pall via rullband

Ett alternativ som undersöktes var att med hjälp av någon sorts anordning transportera produkten direkt ner i pallar från matarbandet med hjälp av bandets egen rörelse.

Fördelen skulle vara att företaget skulle slippa installera en dyr robot och använda sig av den utrustning som redan finns på plats.

Metoden stötte på problem på grund av att produkten består av varmt gummi vilket medför att produkten är kladdig och rörlig vilket gör att den klistrar fast i matarbandet. Om produkten sitter fast i matarbandet är det svårt att på ett smidigt sätt överföra den från bandet utan att lyfta den. Ett annat problem som uppstod var appliceringen av mellanlägg som skulle kräva en robot, ny anordning eller manuell arbetskraft.

4.1.2 Portalrobot

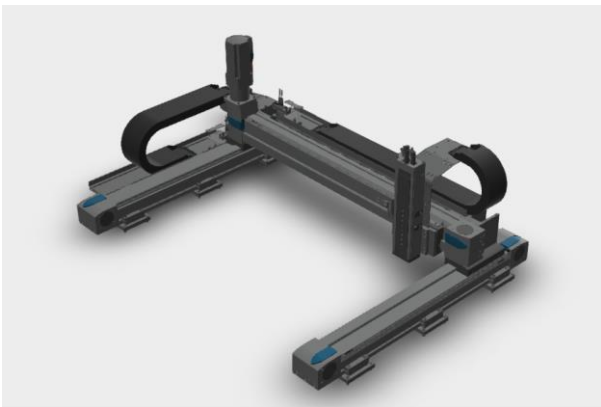
Ett annat alternativ som undersöktes var möjligheten att konstruera en portalrobot som skulle passa för arbetsuppgiften. Roboten skulle bestå av en överliggande ställning där roboten kan röra sig i en linjär bana. Portalroboten skulle kunna hantera både produkten och mellanläggen om mellanläggen placeras i anslutning under ställningen.

Fördelen med en portalrobot är att det finns möjlighet att specialanpassa den för uppgiften och det finns även möjlighet att bygga ut den vid ett senare tillfälle om så önskas. En portalrobot är även robust och klarar av att hantera hela arbetsvikten i hela dess arbetsområde.

Portalrobotens ställning har fyra hörnpelare naturligt vilket gör att den blir begränsad till området innanför, dock är det enkelt att konstruera en skyddsbur med dessa pelare som bas.

Om en portalrobot skulle väljas skulle den behöva byggas från grunden och specialtillverkas för att passa in i anläggningen. Detta leder till en betydligt dyrare lösning för kunden.

Genom att placera in parametrar på Festos hemsida, löser Festos egna online mjukvara vilka komponenter som behövs för att få de dimensioner som behövs. I samråd med handledare på ÅF togs specifikationer fram för portalroboten för detta projekt. Det gav följande resultat:



Figur15: portalrobot framtagen med Festos online mjukvara sett snett ovanifrån.

4.2 Val av lösning

Till en början valdes industrirobot som lösning men efter att kunden kom med mer information och önskemål framstod en portalrobot som den bättre lösningen. Detta eftersom Bostik själva har erfarenhet av portalrobotar och hantering av dessa. Efter vidare undersökning visade det sig att en portalrobot inte skulle fungera och en industrirobot valdes.

4.2.1 Hur urvalet gick till

Förslaget att på något sätt överföra produkten till pall via rullbandet ströks efter att undersökning visade att materialets konsistens gjorde den svårhanterlig i detta fall.

Både portalrobot och industrirobot kräver att det byggs en skyddsbur runt roboten som gör att ingen kan stå för nära och komma till skada under drift. Därav kommer dessa varianter ta upp ungefär lika mycket plats att implementera.

En portalrobot är begränsad till att röra sig inom dess fyra hörnpelare medan en industrirobot är mer flexibel och ansågs lättare att programmera om, om så skulle önskas. Därav valdes en industrirobot till detta examensarbete.

En jämförelse av olika tillverkare gav resultatet att alla undersökta tillverkare kan leverera en robot som kan utföra arbetet. Den tillverkaren som valdes till slut blev ABB, eftersom kunskapen att programmera dem fanns tillgänglig hos kollegor på ÅF.

4.2.2 Val av modell

För att undvika att roboten underdimensioneras, valdes en robot som klarar av lite mer vikt än vad som förväntas användas. Detta resulterade i en IRB 260 från ABB, en robot med 4 grader av frihet. En robot med fler än 4 grader av frihet skulle bli dyrare och dessutom onödigt, då de extra frihetsgraderna inte skulle användas i den delen av produktionen.

En ABB-robot programmeras lättast på plats, men eftersom detta inte var möjligt simuleras istället roboten i robotstudio.

4.2.3 Uppdatering från kunden

En bit in i examensarbetet kom kunden med ny information och önskemål att de ville ha en portalrobot av märket Aluflex. Roboten önskade styras med hjälp av Siemens PLC.

Anledningen till ändringen var att kunden använder sig av portalrobotar sedan tidigare i andra delar av fabriken och föredrar en liknande teknik för att underlätta för personalen. Personalen skulle kunna använda den kunskap de redan besitter gällande drift och felsökning och därmed minska inlärningstiden.

Möjligheten att implementera en portalrobot undersöktes för både en Aluflex och Festo robot. Undersökningen visade att en portalrobot inte skulle passa i detta fall då extrudern samt rullband är beläget under ett innertak som kunden till en början kunde tänka sig att bygga om för att få en högre takhöjd än de nuvarande två meterna. Då innertaket är två meter skulle en installation av en portalrobot innebära att kolven som rör sig i Y-led skulle slå i taket när den befinner sig i sitt toppläge.

Eftersom Bostik i slutänden inte kunde tänka sig att modifiera innertaket uteslöts en portalrobot. En Industrirobot riskerar att slå i innertaket men den går att programmera för att inte göra det. Därför valdes en Industrirobot som

den slutgiltiga lösningen. Som tillverkare valdes ABB eftersom ÅF har erfarenhet av ABB sedan tidigare.

4.2.4 Komponenter för vald lösning

Då denna del av produktion inte bara behandlar en industrirobot diskuterades även vilka komponenter som PLCn som styr övrig utrustning skulle behöva för detta projekt. För att lättast välja komponenter, används TIA-portalens selection tool, samt ÅFs kalkylmall, se bilaga 1.

Industrirobot ABB IRB 260

Den antropomorfa roboten IRB 260 blev slutlösningen på projektet, då den är överdimensionerad gällande lasten som roboten utsätts för och arbetsytan är tillräcklig. Dessutom är IRB 260 under två meter hög, vilket är nödvändigt för att roboten ska få plats under taket [18].

CPU

Till projektet valdes en 1511TF-1 PN Siemens CPU [19], då produkten befinner sig i konstant rörelse behövde PLCn ha en Technology-märkning. Technology-märkningen innebär att CPUn är extrautrustad för att lättare kunna hantera mer komplexa rörelser [20].

Utöver Technology-tillvalet valdes även Safety-tillvalet för att få tillgång till inbyggt nödstopp och andra säkerhetsfunktioner för att slippa ha ett separat säkerhetsrelä [21].

In- och utgångar

Till CPUn valdes att ha en modul med 32 standard digitala ingångar och en med 32 standard utgångar [22].

Utöver dessa valdes en modul med säkerhetsingångar och utgångar [23]. Dessa är med för att sköta hantering av säkerhetsfunktioner som nödstopp [21].

Nätaggreat

För att försörja CPUn och övriga komponenter krävs ett nätaggreat. I detta fall valdes ett Siemens 24VDC 3A [24].

HMI

För kontroll och övervakning valdes en 9 tums HMI-panel även den från Siemens. HMI:n valdes lite större än nödvändigt för att ge marginaler vid framtida utveckling [25].

Utöver dessa komponenter tillkommer även elskåp, frekvensomformare, motorer och skyddscell vilket detta examensarbete inte kommer att gå in djupare på.

5 Resultat

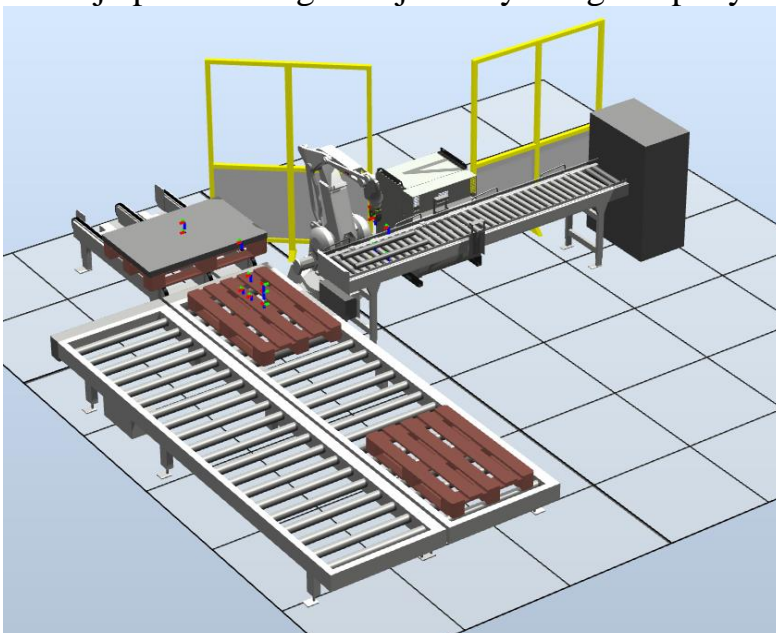
Eftersom detta examensarbete endast innefattar 15 veckor fanns det inte möjlighet att genomföra hela projektet från start till implementering av lösningen utan detta överläts till ÅF.

Resultatet av detta examensarbete är ett lösningsförslag i form av en IRB 260 samt ”proof of concept” på hur man skulle kunna genomföra en robotisering av en del av produktionen på Bostik AB. Lösningsförslaget innefattar ett upplägg för hur man skulle kunna designa produktlinjen, en analys av produktval samt ”proof of concept” för hur programmeringen av robotlösning skulle kunna se ut.

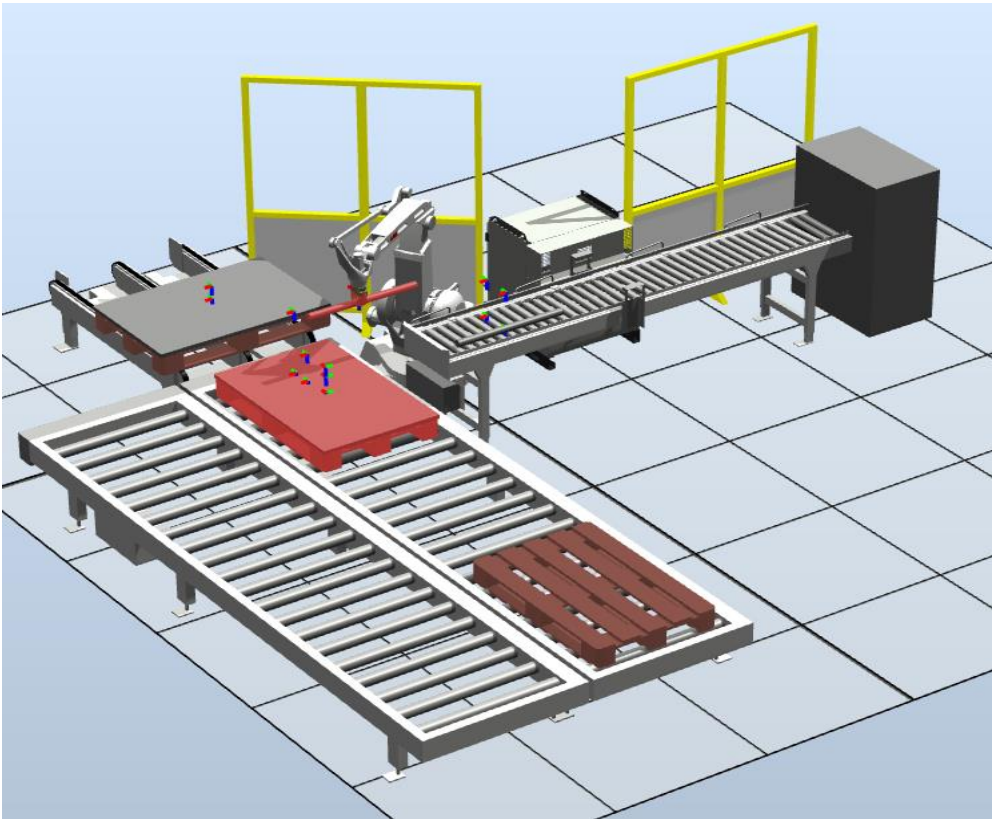
5.1 ”Proof of concept” för produktionslinjen

I figur 16,17, 18 visas ett förslag på hur en komplett lösning skulle kunna se ut med matningsband från extrudern som är illustrerad med en svart kub i denna modell då Robotstudio inte hade tillgång till någon extruder och inga CAD-filer finns på den befintliga att ta del av. Greppverktyget och mellanlägggen är också ersatta i exempelbilderna då CAD-filer inte var framtagna i det skedet av projektet när detta examensarbete utfördes.

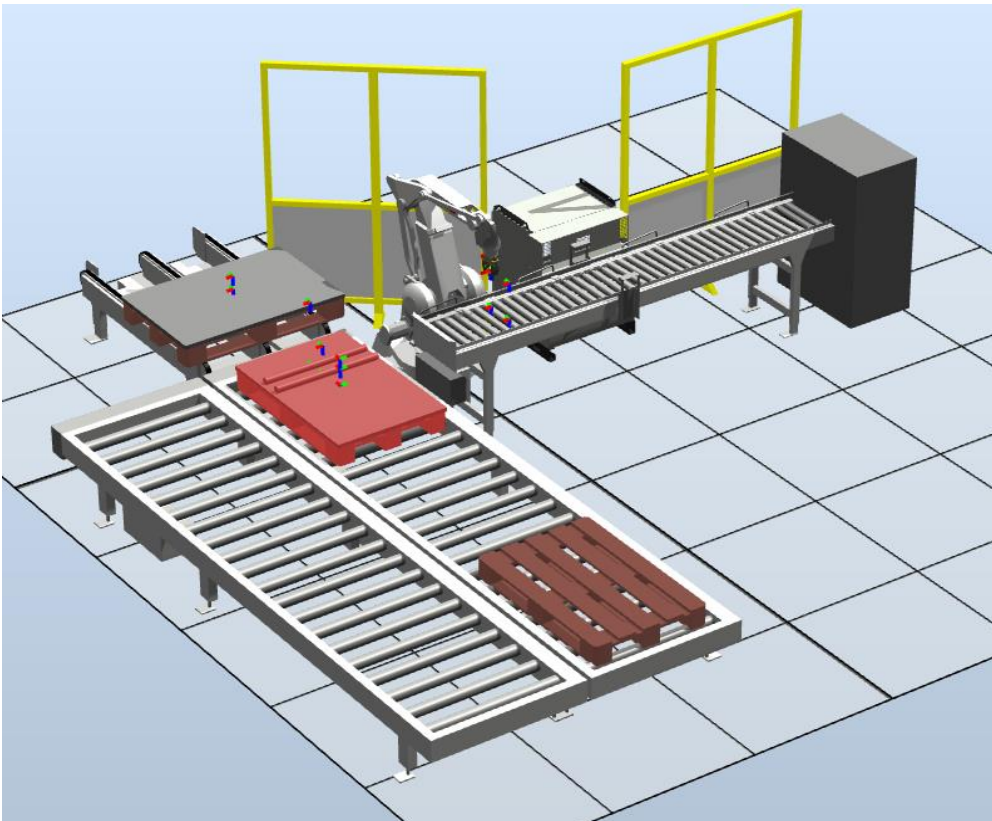
I konceptbilderna visas hur ett flöde för hela processen skulle kunna se ut där det är tänkt att en pallyft ska vara placerad i lastningspositionen för att möjliggöra för roboten att arbeta i en jämn höjd. Pallen ska sedan transporteras ut på rullbanan längst ner till vänster i bild för att möjliggöra en buffert innan en manuell truck kommer och hämtar pallen. Denna förflyttning kommer ske med hjälp av korslagd kedja förflyttning vid pallyften.



Figur 16: Konceptlösning i ABBs robotstudio i startposition.



Figur 17: Konceptlösning i ABBs robotstudio under pågående process



Figur 18: Konceptlösning i ABBs robotstudio efter genomförd process

Utöver ”proof of concept” för industriroboten har även en PLC programmering för rullbanor samt pallyft genomförts. Källkod för detta finns i bilaga 3-12.

6 Slutsats

Examensarbetet har i helhet gått bra även om slutprodukten inte riktigt är enligt förväntningarna. Anledningarna till den ändrade slutprodukten har varit många. En av de största faktorerna som har påverkat examensarbetet är att det har blivit så många ändringar eftersom vi har arbetat mot en kund.

Ändringarna under projektets gång har uppkommit efter diskussion på ÅF om tillvägagångssätt och lösningsalternativ. Det kom även önskemål från Bostik då de förde diskussioner på sin sida och tillförde ny information under projektets gång. Ändringarna drog ut på tiden för framtagning av slutlösningen då slutlösningen gång på gång kom att ändras. I efterhand hade det varit bättre med ett alternativ som ÅF sedan hade kunnat välja att gå vidare med eller komma med ett eget lösningsförslag. Detta hade inneburit att tid inte hade behövt läggas på att undersöka lösningsförslag som sedan visade vara omöjliga att genomföra på grund av olika faktorer. Det hade varit en fördel med en mer löpande kommunikation med Bostik istället för att få ny information i omgångar som kom att påverka projektet.

Utöver ändringar blev examensarbetet försenat då detta påbörjades under uppstartsfasen av projektet vilket innebar att Bostik inte hade bestämt slutgiltigt att de skulle välja ÅF som leverantör av automationslösningen. Detta innebar i sin tur att fokus till en början låg på att få igenom projektet istället för att utveckla lösningen.

Till en början var tanken att ta fram en lösning samt vara med och implementera den på plats hos Bostik. Detta ändrades under projektets gång till att ta fram ett lösningsförslag samt "proof of concept" för det valda lösningsförslaget.

6.1 Val av robotlösning

Till en början valdes en industrirobot av märket ABB, som kom att ändras till en portalrobot, enligt önskemål från Bostik. Önskemålet grundades i att de i en annan del av produktionen redan hade en portalrobot som de var nöjda med. Eftersom de var nöjda med tidigare robot önskade de ha en liknande för att underlätta med inlärning och underhåll.

Tyvärr kom det fram efter skanningen att en portallösning inte skulle fungera för projektet. Framförallt för att en portalrobot skulle slå i det låga innertaket extrudern och rullbandet står under. Innertaket gick heller inte att höjas, då blandare av olika slag är placerade på innertaket ovanför extrudern. På grund av detta valdes en industrirobot som slutlösning.

Under projektets gång har Sverige präglats av en högkonjunktur [26]. Då högkonjunktur bidrar till mer handel har det lett till en global brist på elektronikartiklar och att leveranstiden för en robot från ABB är upp till 27 veckor, som är mer än det dubbla gentemot vad det annars skulle ta. På grund av detta har programmering av en fysisk robot inte kunnat genomföras. Projektet riktades därför istället in på att göra en simulering och PLC-programmering med hjälp av en funktionslista. Med programmeringen och koden som skrivits kan ÅF välja att använda för lösningen i senare delen av projektet, då RAPID koden direkt kan läggas över till den fysiska roboten.

Den största fördelen med en industrirobot med fyra grader av frihet är som nämnts tidigare att den får plats under innertaket i lokalen. En industrirobot är även billigare att implementera än en portalrobot om man ser till totalkostnaden.

6.2 Projektmodellen som arbetsmodell

Under projektets gång har ÅFs projektmodell följts så bra som möjligt. Projektmodellen är från början onödigt komplex för detta projekt, därför har det varit svårt att implementera den. Modellen bygger på att flera dokument ska skrivas som beskriver de olika faserna i arbetet. Detta har inte varit möjligt i examensarbetet eftersom allt sammanställs i en rapport. Om möjligheten hade funnits att redovisa rapporten i flera dokument hade nog modellen varit betydligt bättre att jobba med.

6.3 Svar på frågeställningarna

Fråga 1: Går det att automatisera den delen av produktionen som idag görs manuellt?

Automatiseringen är genomförbar på den delen av produktionen den efterfrågas men inte inom tidsplanen för detta examensarbete eftersom beställning av vald robotlösning överskrider tidsspannet för examensarbetet. Detta innebär att det är upp till ÅF att på egen hand slutföra projektet och implementera den slutgiltiga lösningen.

Fråga 2: Vilka delar bör man fokusera på i första hand?

Bostik efterfrågar automatisering i form av att hantera produkterna från bandet till pall. Då detta moment ska ske automatiskt krävs det även kringutrustning för hantering av pallar till och från roboten för fyllning. Slutsatsen är att fokus ska läggas på implementationen av robotlösningen i första hand för att sedan gå vidare med framtida utmaningar.

Fråga 3: Vilka är de största fördelarna med att automatisera produktionen?

De största fördelarna med automatiseringen är att arbetskraften som finns i produktionen på Bostik kan användas på andra ställen. Arbetsmomentet för arbetaren försvinner även helt, vilket leder till minskad skaderisk och ett minskat slitage på kroppen. Automatiseringen leder även till en ökad produktion.

Fråga 4: Vilken robotlösning blir den bästa slutprodukten?

En Industrirobot, som planerades från början, är den slutprodukt som blev bäst. Framför allt då de anställda vill ha möjligheten att gå in i robotens arbetsområden ifall det skulle behövas. Roboten i sig är även billigare än en portalrobot som Bostik önskade vid ett tillfälle.

Fråga 5: Kan man minska avsvälningstiden av gummit efter den första extrudern och därmed öka produktionen?

En fördel med robotlösningen är att avsvälningstiden försvinner helt från första momenten på rullbandet då en robot kan plocka en produkt vid högre temperaturer än en människa. Detta tar bort ett onödigt moment i produktionen. Eftersom momenten ses som en "flaskhals", leder detta till ökat flöde i denna del av produktionen. Om det kommer leda till ett ökat flöde för resterande produktion återstår att se i framtiden.

6.4 Reflektion över etiska aspekter

6.4.1 Ingenjörers hederskodex

Ingenjörernas hederskodex är en kodex som reflekterar kring hur man som Ingenjör i arbetslivet ska ta ansvar för handlingar och arbeten man gjort. Detta för att främja samhället, naturen och till människans bästa[27]. För att få fram budskapet på ett strukturerat sätt har kodexen delats upp i 10 punkter. Denna rapport kommer behandla de punkter som anses ha en relevans för projektet.

1. Ingenjören bör i sin yrkesutövning känna ett personligt ansvar för att tekniken används på ett sätt som gagnar människa, miljö och samhälle.
2. Ingenjören bör sträva efter att förbättra tekniken och det tekniska kunnandet i riktning mot ett effektivare resursutnyttjande utan skadeverkningar

Robotlösningen som projektet har täckt gagnar framförallt människa och samhälle. Företagets resurser har blivit förflyttade för att kunna användas på ett betydligt effektivare sätt. Resursutnyttjande som gjorts har dessutom lett till minskad skadeverkning för företagets anställda.

Resterande punkter är självfallet viktiga men berör projektet minimalt och därför står resterande punkter inte med i detta stycke.

6.4.2 Sekretess

ÅF och Bostik har inte haft någon större sekretess på examensarbetet. Projektet har därför kunnat ta med både scanningsbilder, bilder från produktion, förstudie och olika typer av objektmallar från ÅF.

Tyvärr är prisuppgifter något som uteslutits från rapporten helt och hållet. Detta då det var osäkert ifall det var sekretess på det eller inte, även fast priser har undersökts. Det som tas upp är därför bara vad som blir billigast, utan att förlora kvalitén på produkten.

7 Framtida utveckling

Då tiden inte räckte till för detta examensarbete att omfatta implementationen och idrifttagningen av lösningen kommer fortsatt arbete ske för att färdigställa projektet. En av de största faktorerna till att arbetet inte kunde innefatta implementationen av lösningen är att leveranstiden för en robot oavsett portal eller industrirobot överskrider spannet för examensarbetet. Den långa leveranstiden beror på den stora efterfrågan på robotar under den rådande högkonjunkturen.

Det fortsatta arbetet kommer utföras av ÅF efter detta examensarbets avslutande. Arbetet kommer innebära att roboten monteras i en tillfällig lokal för att testköras under säkra förhållanden och för att inte störa produktionen mer än nödvändigt.

När roboten och tillbehör provkörts kommer den monteras ner och flyttas till Bostik där den kommer monteras upp för produktion. Då anläggningen redan provkörts på annan plats kommer det att vara en kortare uppstartstid.

Utöver detta ingår det även i projektet att implementera ytterligare en robotlösning i nästa steg av produktionen efter gummimassan har svalnat. I det steget ska gummimassan lyftas upp ur mellanlägggen och matas in i en ny extruder som pressar ut den slutgiltiga produkten. Då detta examensarbete inte tagit hänsyn till denna del av processen är det något som ÅF får genomföra på egen hand.

8 Källförteckning

- [1] ÅF AB. [ONLINE] Tillgängligt på: <http://www.afconsult.com/sv/lar-kanna-oss/var-vision-och-affarside/> . [Hämtad 22 mars 2018].
- [2] Bostik AB. [ONLINE] Tillgängligt på: <https://www.bostik.com/sv/sweden/our-company/> .[Hämtad 22 mars 2018].
- [3] Nationalencyklopedin. [ONLINE] Tillgänglig på: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/extrudering> . [Hämtad 03 april 2018].
- [4] Extruder [Online] Tillgängligt på: <https://www.britannica.com/technology/extruder> [Hämtad 03 mars 2018].
- [5] Arbetsmiljöverket [ONLINE] Tillgänglig på: <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/arbetsstallning-och-belastning---ergonomi/> . [Hämtad 03 april 2018].
- [6] Bajd, T., Mihelj, M., Lenarčič., Stanovnik, A., Munih, M. (2010), Robotics. Ljubljana, Springer. Volume 43, 978-90-481-3775-6
- [7] Siciliani, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G. (2010), Robotics modelling, Planning and control, Springer. Volume 1, 978-1-84628-642-1
- [8] PLC open. [Online] Tillgängligt på: http://www.plcopen.org/pages/whats_new/tc1/status.htm . [Hämtad 26 april 2018].
- [9] EC&M. [Online] Tillgängligt på: <http://www.ecmweb.com/archive/basics-ladder-logic> . [Hämtad 27 april 2018].
- [10] PLC Academy. [Online] Tillgängligt på: <http://www.plcacademy.com/function-block-diagram-programming/> . [Hämtad 02 maj 2018].
- [11] LTH föreläsning automationsteknik. [ONLINE] Tillgänglig på: <https://www.iea.lth.se/eief05/pdf/IEC61131-3.pdf> . [Hämtad 26 april 2018].
- [12] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html> [Hämtad 03 maj 2018].

- [13] Automation.com. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://www.automation.com/automation-news/article/profibus-and-modbus-a-comparison> [Hämtad 03 Maj 2018].
- [14] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
https://w3.siemens.com/mcms/automation/en/industrial-communications/profinet/Documents/PROFINET_Brochure.pdf. [Hämtad 03 maj 2018].
- [15] ABB. [ONLINE] Tillgänglig på:
https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf [Hämtad 08 maj 2018].
- [16] PRINCE2. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://www.prince2.com/eur/prince2-processes> [Hämtad 28 mars 2018].
- [17] Faro technologies. [ONLINE] Tillgänglig på:
<http://www.iqlaser.co.za/files/04ref201-664-en---faro-laser-scanner-focus-s-350-tech-sheet.pdf> [Hämtad 27 mars 2018].
- [18] ABB. [ONLINE] Tillgänglig på: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=PR10285EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>. [Hämtad 15 maj 2018].
- [19] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7511-1TK01-0AB0>. [Hämtad 09 maj 2018].
- [20] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/cpu/technology-cpus/pages/default.aspx>. [Hämtad 09 maj 2018].
- [21] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/cpu/fail-safe-cpus/pages/default.aspx>. [Hämtad 09 maj 2018].
- [22] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7511-1TK01-0AB0>. [Hämtad 09 maj 2018].

[23] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/cpu/technology-cpus/pages/default.aspx>. [Hämtad 09 maj 2018].

[24] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig
på: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/6EP13324BA00>. [Hämtad 09 maj 2018].

[25] Siemens AB. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/6AV21232JB030AX0>. [Hämtad 09 maj 2018].

[26] Konjunkturinstitutet [Online] Tillgängligt på:
<https://www.konj.se/publikationer/konjunkturlaget/konjunkturlaget/2018-03-27-konjunktoren-forstarks-och-toppar-2019.html> [Hämtad 03 juni 2018]

[27] Sveriges Ingenjörer. [ONLINE] Tillgänglig på:
<https://www.sverigesingenjorer.se/Om-forbundet/Sa-tycker-vi/hederskodex/>
[Hämtad 03 juni 2018].

9 Bilagor

Bilaga 1: ÅFs Objektkalkyl för framtagning av komponentlista.

Antal	Benämning
	Gemensamt OBS till 2st elskåp
	Elskåp 80*180*40 B*H*D Rostfritt
2	Ben till elskåp
	Elskåp rostfritt
	Sidogavlar 1 par
	Sockeldelar 6 delar
	Låssystem 2 lås
	Elskåp rostfritt
	Elskåp rostfritt
	Elskåp rostfritt
	Elskåp rostfritt
2	Elskåp lackerat
2	Skåpsfläkt med filter
2	Skåpsbelysning
2	Huvudbrytare/Effektbrytare
2	Förlängt frontvred
2	Utlösningsskåp NSX
4	Kabelanslutningar
2	Beröringsskydd IP40
10	3-fas automater C63A
	3-fas automater C50A
6	3-fas automater C25A
	3-fas automater C20A
	3-fas automater C16A
12	3-fas automater C10A
	2-fas automater C10A
2	Samlingsskena 3-fas 57 moduler
8	Samlingsskena ändskydd
4	1-fas automater
2	1-fas automater
6	1-fas automater
2	1-fas automater
	Samlingsskena 12st 1-fas automater
2	24 vdc aggregat
	Säkerhetsrelä
	Säkerhetsrelä Pluto
	Ethernetmodul
	Canbuskabel Pluto
	Progkabel
	Säkerhetsrelä Vital
	Grind och luckbrytare Eden (Adam&Eva)
	Nödstoppsknappar
	Motorskydd GV2P 0,26-0,40
	Motorskydd GV2P 0,63-1
12	Motorskydd GV2P 1,6-2,5
	Motorskydd GV2P 2,5-4
	Motorskydd GV2P 4-6,3

	Motorskydd GV2P 6-10
	Motorskydd GV2P 9-14
	Motorskydd GV2P 20-25
	Kontaktor 4kW
12	Kontaktor 5,5kW
	Kontaktor 7,5kW
	Kontaktor 11 kW
	Kontaktor 15kW
	Kontaktor 18,5 kW
	Kontaktor 37kW
10	Kabelkanaler, montageskena, plint, märkning mm
2	förskrivningar mm
2	jordkabelfläns
	Övrigt kopplingstråd mm
10	Diverse elmaterial
	Siemens KNX syncro 700
	Siemens display till Syncro
	säkerhetsbrytare
160	Montagetid elskåp 2st
	Anläggning
	PLC System S7-315-2PN/DP
	Minneskort 4MB till PLC
	Minneskort 64kB till busskopplare
	Minneskort 2MB
	PLC
	Nättaggregat 24VDC 5A
	Busskopplare PN IM153-4
	Busskopplare PN IM153-4
	Analog in x8
	Analog ut x8
	Analog ut x4
	Digital in x16
	Digital ut x16
	Anslutning 20-pol
	Anslutning 40-pol
	HMI Basic KTP600 color
	HMI Basic KTP1000 color
	Montage rail
	Ethernet Switch
	1 års extra garanti
	Anläggning
	PLC System S7-1200
	Minneskort till PLC 4MB
	Minneskort till PLC 12MB
	Minneskort till PLC 24MB
	PLC S7-1215 14in, 10out, 2AI, 2AO
	Nättaggregat 24VDC 2,5A
	Nättaggregat 24VDC 5A

	Analog in x4
	Analog in x8
	Analog in x4 HIGH RES
	Analog ut x2
	Analog ut x4
	Digital in x8
	Digital in x16
	Digital ut x8
	Digital ut x16
	HMI Basic KTP700 color Profinet
	HMI Basic KTP900 color Profinet
	HMI Basic KTP1200 color Profinet
	Ethernet Switch
	Ethernet Switch Managed
	Ethernet Switch Unmanaged
	Ethernet Switch Managed
	1 års extra garanti
	PLC System 1500
	Minneskort 4MB till PLC
2	Minneskort 256MB
	PLC 1511-1 PN
2	PLC 1511TF-1 PN
	PLC 1513-1 PN
	PLC 1515-2 PN
	PLC 1515TF-2 PN
2	Nätaggregat 24VDC 3A
	Nätaggregat 24VDC 8A
	Buskopplare PN IM153-4
	Buskopplare PN IM153-4
2	Analog in x8
	Analog ut x8
	Digital in x16
	Digital ut x16
4	Digital in x32
4	Digital ut x32
2	Digital in 16 safety
2	Digital out 8 safety
2	Pulsgivarkort
	Anslutning 20-pol
16	Anslutning 40-pol
	HMI Basic KTP400 color PROFINET
	HMI Basic KTP700 color PROFINET
2	HMI Basic KTP900 color PROFINET
	HMI Basic KTP1200 color PROFINET
	Montage rail 160mm
2	Montage rail 482mm
2	Ethernet Switch
	Ethernet Switch Managed
	Ethernet Switch Unmanaged
	Ethernet Switch Managed

	1 års extra garanti
1	Fjärruppkoppling ÅF-HMS lösning
1	Simkort 3G till ovan
	Frekvensomformare
6	
6	
	Transportör 1 ej i vår leverans
	Transportör 2 ej i vår leverans
	Sorteringsverk vänster
	Sorteringsverk höger
	Operatörspanel till Micromaster 4 basic
	Transportör 1 ej i vår leverans
	Operatörspanel G110
	Transportör 1+2 ej i vår leverans
	Sorteringsverk vänster
	Sorteringsverk höger
	Operatörspanel G120C
	Frekvensomriktare G120 1-fas
	Frekvensomriktare kontrollenhet G120 1-fas
	Frekvensomriktare G120 1-fas
	Frekvensomriktare kontrollenhet G120 1-fas
	Operatörspanel till G120 med profinet
	Vågceller WT03, WT04
	Lastcell
	Kopplingslåda
	Transmitter
	Gateway Profinet för 6st AST3P
	Rittal rostfri låda AE 500*500*210
	Solotec montage inkl nödstopp plint mm
	Ventilramp
	Lufberedning m. manuell avstängning
2	CPX terminal, mångledare max 24 ventiler
2	Säker avlufts ventil
	CPX-FB13, grundmodul, profibus 24 ventiler
	CPX-16DE 16 DI
	CPX-8DA
	CPX-4AE 4 AI (0)4-20mA
	CPX-2AA 2AO (0)4-20mA, 0-10V
	CPX-FB13, grundmodul, prop+profibus 24 ventiler
2	Skåp för ventiler och I/O rostfritt

	Övrigt
	UR robot 10kg Radie 1300mm
	Festo portal 1200x1000 25kg 1,55m
	Stativ till ovan
	ABB Robot IRB1600 -10kg/1,2m
2	ABB Robot IRB 2400/16 20kg 1,55m
1	ABB Robot IRB 260
1	Lyftbord Marco max load 1000kg
3	Pulsgivare banor
10	Fraktkostnader

Bilaga 2: Rapid kod för styrning av IRB 260

MODULE Module1

CONST robtarget Target_20:=[[650.470937061,-0.000000001,1082.501010247],[0,0,0.713205267,-0.700955239,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_10:=[[650.487,0,804.325],[0,0,0.713207632,-0.700952833,0],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_30:=[[354.753240445,-1166.124689907,1088.499998913],[0,0,0.713205727,-0.700954771,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_40:=[[354.776,-1166.2,610],[0,0,0.713207632,-0.700952833,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_50:=[[850.154445431,-0.095279283,1082.518133435],[0,0,0.713205267,-0.700955239,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_60:=[[850.470573317,-0.000000001,804.324643509],[0,0,0.713205267,-0.700955239,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_70:=[[486.539430314,-1166.270241465,610.899839663],[0,0,0.713205768,-0.700954729,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_80:=[[484.575253851,-1166.390043405,820.108701708],[0,0,0.713205768,-0.700954729,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_90:=[[485.646429503,-1166.336289336,580.824754156],[0,0,0.71320581,-0.700954686,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_100:=[[650.657070109,-1125.037436646,795.822704755],[0,0,0.713205267,-0.700955239,0],[-2,0,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_110:=[[650.679022829,-1125.074775693,694.436115108],[0,0,0.713205267,-0.700955239,0],[-2,0,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_120:=[[654.982,-1147.872,795.783],[0,0,1,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_130:=[[655.001,-1147.906,593.342],[0,-0.008726535,0.999961923,0],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

CONST robtarget Target_140:=[[655.01,-1147.921,722.588],[0,0,1,0],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,0]];

```

PROC main()
    Path_10;
ENDPROC

PROC Path_10()
MoveL Target_20,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_30,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_100,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_110,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_100,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_120,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_130,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_140,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_30,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_20,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
reset do_Gripper;
MoveL Target_10,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
set do_Gripper;
MoveL Target_20,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_30,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_40,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
reset do_Gripper;
MoveL Target_30,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_50,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_60,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
set do_Gripper;
MoveL Target_50,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_30,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_80,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_70,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
reset do_Gripper;
MoveL Target_80,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_30,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
MoveL Target_20,v200,fine,wrist0\WObj:=wobj0;
ENDPROC
ENDMODULE

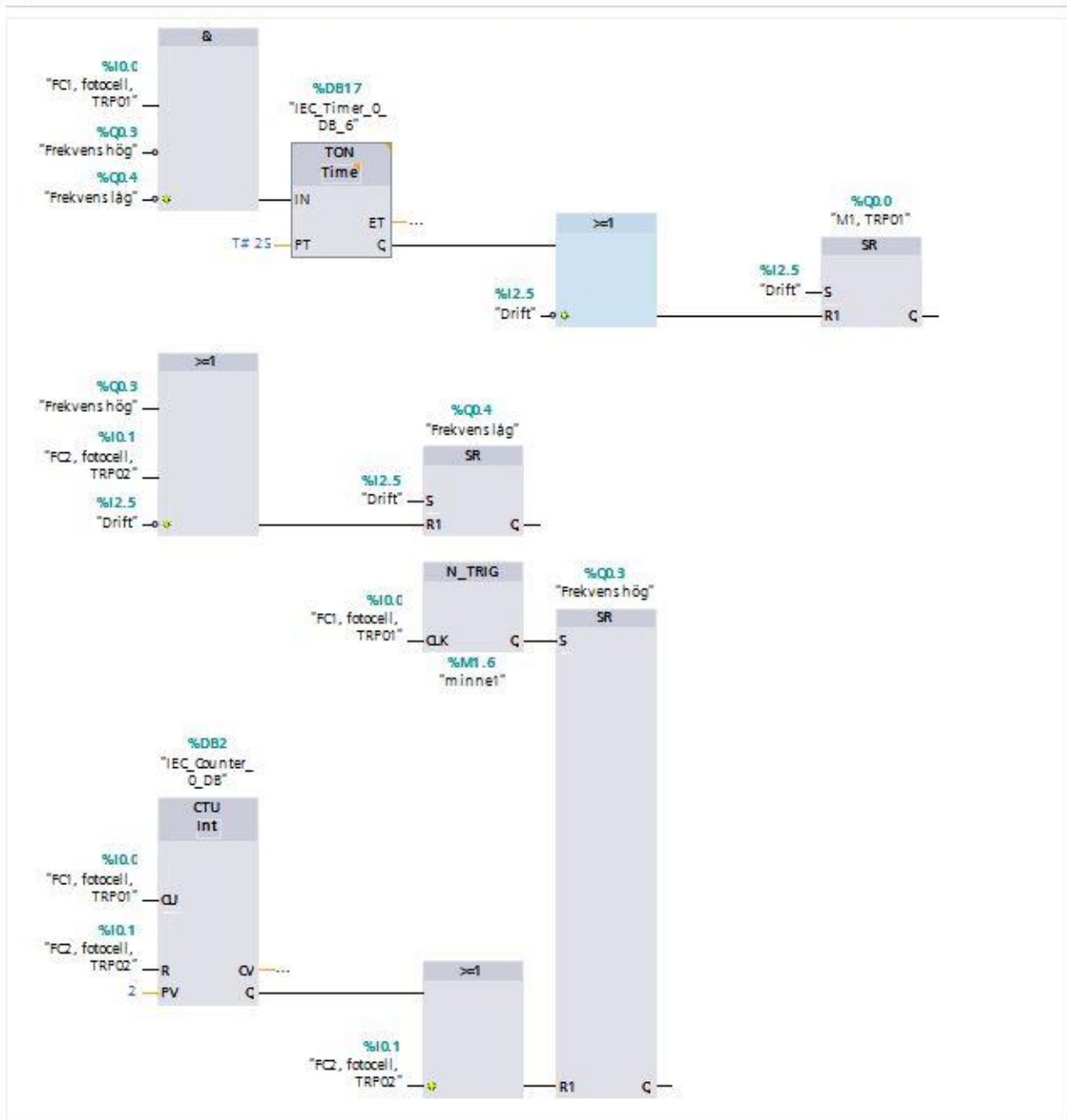
```

Bilaga 3-11: Källkod för styrning av rullbanor i PLC

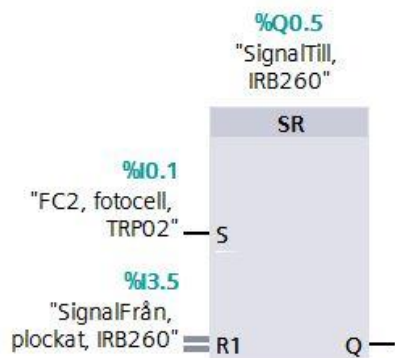
Bilaga 3: I/O lista för PLC-Programmering

	Name	Data type	Address
1	M1, TRP01	Bool	%Q0.0
2	M2, TRP02	Bool	%Q0.1
3	FC1, fotocell, TRP01	Bool	%I0.0
4	Frekvens hög	Bool	%Q0.3
5	Frekvens låg	Bool	%Q0.4
6	SignalTill, IRB260	Bool	%Q0.5
7	SignalFrån, pall full, IRB260	Bool	%I0.3
8	FC2, fotocell, TRP02	Bool	%I0.1
9	FC3, fotocell PPO3	Bool	%I2.0
10	FC116, fyll PPO5	Bool	%I3.7
11	FC117, fyll PPO5	Bool	%I4.0
12	FC118, fyll PPO5	Bool	%I4.1
13	FC119, fyll PPO5	Bool	%I4.2
14	FC120, fyll PPO5	Bool	%I4.3
15	FC121, fyll PPO5	Bool	%I4.4
16	M3, PPO3	Bool	%Q0.6
17	FC5, fotocell PB05	Bool	%I2.1
18	Lyft PB05	Bool	%Q0.7
19	Sänk PB05	Bool	%Q1.0
20	Rem upp, PB05	Bool	%Q1.1
21	FC6, fotocell URPO11	Bool	%I2.2
22	Rem ner, PB05	Bool	%Q1.2
23	M7, RB07	Bool	%Q1.3
24	FC11, fotocell RB07	Bool	%I2.3
25	FC12, fotocell RB07	Bool	%I2.4
26	Drift	Bool	%I2.5
27	M5, PB05	Bool	%Q1.4
28	M110, PB05	Bool	%I2.6
29	M111, PB05	Bool	%I2.7
30	M112, PB05	Bool	%I3.0
31	M113, PB05	Bool	%I3.1
32	bord nere	Bool	%I3.3
33	FD11, PB05	Bool	%I3.4
34	Rem matning, PB05	Bool	%Q1.5
35	minne1	Bool	%M1.6
36	minne2	Bool	%M1.7
37	minne3	Bool	%M2.0
38	SignalFrån, plockat, IRB260	Bool	%I3.5
39	SignalFrån, mellanlägg, IRB260	Bool	%I3.6

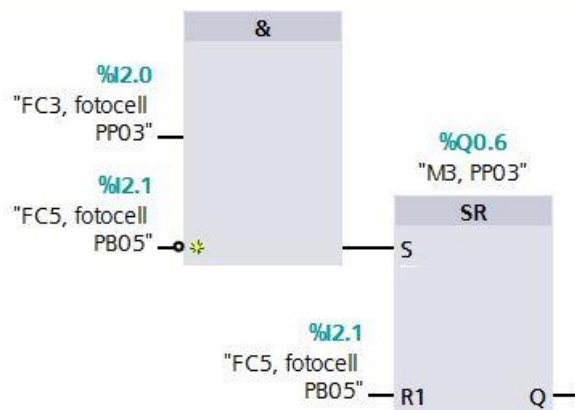
Bilaga 4: Kod för utmatning av gummimassa



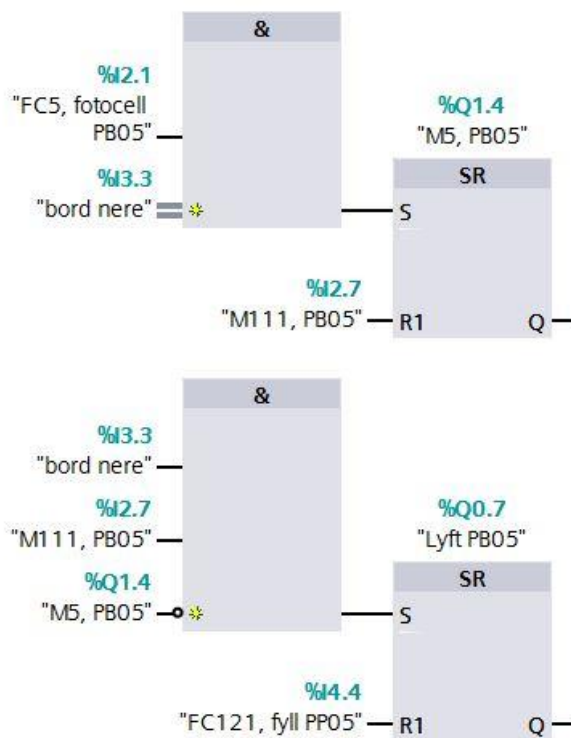
Bilaga 5: Signal till roboten för upplöckning av produkten



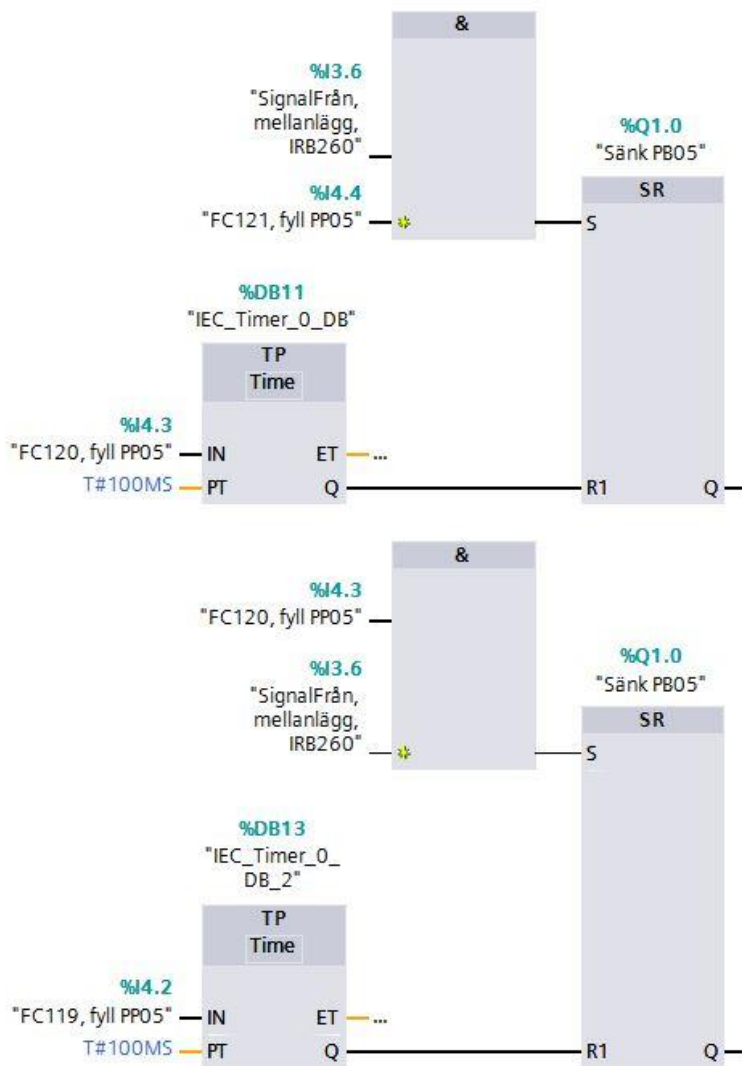
Bilaga 6: Inmatning av en tom pall



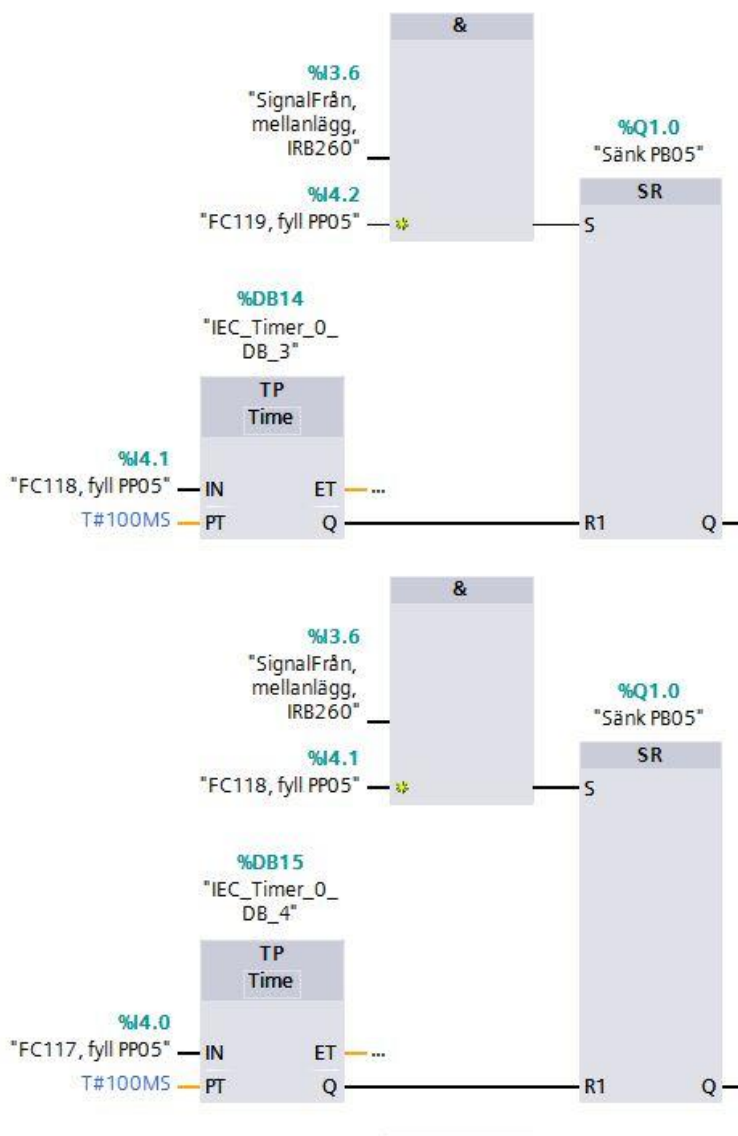
Bilaga 7: Kod för upphöjning av pallyft



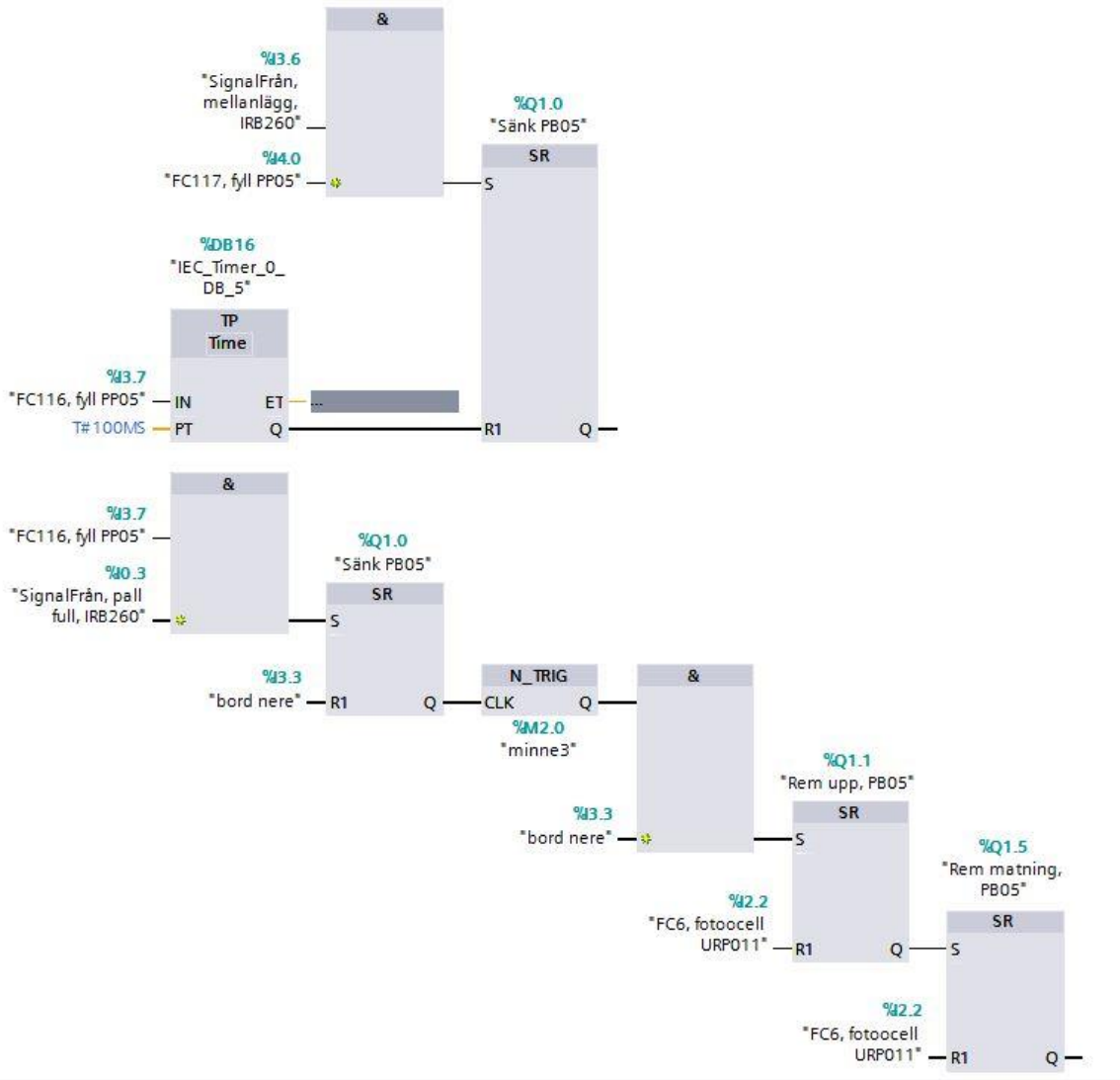
Bilaga 8: Stegvis sänkning av pallyft del 1



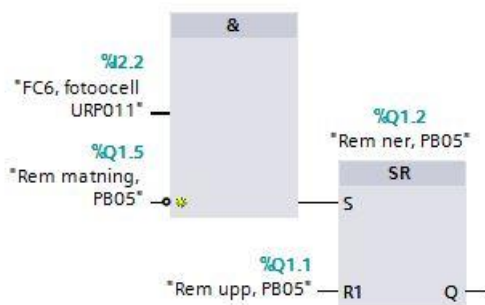
Bilaga 9: Stegvis sänkning av pallyft del 2



Bilaga 10: Stegvis sänkning av pallyft del 3



Bilaga 11: Stegvis sänkning av pallyft del 4



Bilaga 12: Utmatning av pall för upphämtning

