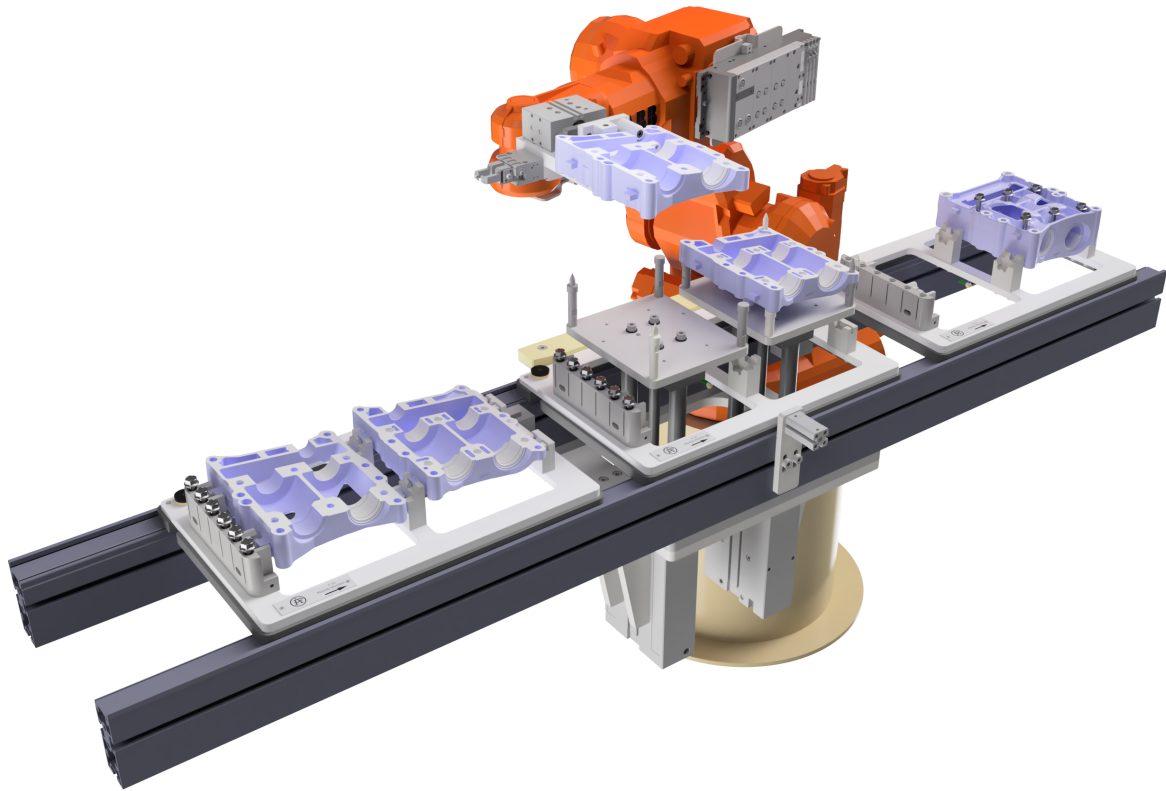




CHALMERS



Automatiserad montering av balansaxelhus

Examensarbete inom mekatronik och maskinteknik

Alexander Andersson och Herman Wäpling

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

Examensarbete 2021

Automatiserad montering av balansaxelhus

Konceptframtagning och konstruktion av en automatiserad monteringsstation

Alexander Andersson och Herman Wäpling



CHALMERS

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2021

© Alexander Andersson, 2021.
© Herman Wäpling, 2021.

Handledare: Marcus Jerne, Powertrain Engineering Sweden AB
Examinator: Göran Gustafsson, institutionen för industri- och materialvetenskap

Examensarbete 2021
Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefonnummer + 46 31 772 1000

Göteborg, Sverige 2021

Förord

Automatiserad montering av balansaxelhus är ett examensarbete på Chalmers tekniska högskola som omfattar 15hp. Arbetet påbörjades våren 2021 som det avslutande momentet i våra utbildningar maskinteknik 180hp respektive mekatronik 180hp.

Vi vill börja med att tacka involverad personal på Powertrain Engineering Sweden AB som med stort engagemang och entusiasm stöttat oss i vårt arbete. Ett extra tack riktas till vår handledare Marcus Jerne och ansvarig chef på underhåll konstruktion Peter Ingvarsson. Vi vill även tacka vår examinator Göran Gustafsson, universitetslektor vid institutionen för industri- och materialvetenskap.

Vi vill också passa på att tacka studentföreningen eXPerimentverkstaden som har gjort det möjligt med prototyp tillverking genom att tillhandahålla sin verkstad och 3Dskrivare.

Sammanfattning

Målet med detta examensarbete är att automatisera en manuell station hos motorproducenten Powertrain Engineering Sweden AB i Skövde. Arbetet genomfördes på institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola.

En komplett robotcell för automatiserad ihopmontering av balansaxelhus har konstruerats. Efter att kravspecifikationen sammanställts inleddes en förundersökning där delösningar togs fram. Delösningarna användes sedan i morfologiska matriser för att generera koncept följt av en eliminerings- och pughsmatris för att systematiskt reducera antalet koncept. Den slutgiltiga konceptelimineringen genomfördes med en Kesselringmatris.

Funktionstester och simuleringar har genomförts för att verifiera funktionaliteten.

Ritningsunderlag och CAD filer har sammanställts som ska användas som tillverkningsunderlag och som hjälpmedel vid felsökning och vidare ombyggnationer.

Den färdigställda robotcellen kommer att förbättra ergonomin för operatörerna i produktionssystemet samt göra det möjligt att minska bemanningen.

Abstract

The goal with this bachelor thesis was to develop an automated assembly station to replace a manually operated assembly station at the internal combustion engine producer Powertrain Engineering Sweden AB in Skövde, Sweden. The thesis has been carried out at the Department of Industrial and Materials Science at Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

A complete robotic station for automated assembly of balance shaft housings was designed. After the requirements specification was compiled, a investigation was initiated where, among other things, sub-solutions were investigated. The sub-solutions were then used in morphological matrices to generate concepts followed by a elimination and pughs matrix to systematically reduce the number of concepts. The final elimination was done using a kesselring matrix.

Function tests and simulations was conducted to verify the functionality. Drawings and CAD files were created. These will be used to build the station as well as a references when maintenance or further rebuilds of the production line is carried out.

The finished robotic assembly station will improve ergonomics for the operators as well as offer a possibility to reduce the staff needed to run the production line.

Termer och förkortningar

- **PES** Powertrain Engineering Sweden AB.
- **UH** Underhåll.
- **MBS** Massbalanseringssystem.
- **Palett** Lastbärande transportfixtur för bansystem.
- **PLC** Programmerbar logisk kontrollenhet.
- **HMI** Människa-maskingränssnitt (kontrollpanel).
- **OP** Operation eller station i en produktionslinje.
- **CAD** Datorstödd konstruktion.
- **FEM** Finita element-metoden.
- **CNC-Fräs** Datorstyrd fräsmaskin.
- **VEDOC** Volvos dokumenthanteringssystem.
- **ABB SafeMove** Säkerhetssystem för industrirobotar som hindrar kollisioner genom att slå till axelbromsarna då roboten går utanför dess fördefinierade arbetsområde.
- **FTT** First Time Through, är en procentsats för hur stor andel av de producerade komponenterna som har producerats utan kvalitetsfels, ombearbetning eller kassation.
- **TAK** Tillgänglighet x Anläggningsutbyte x Kvalitetsutfall = TAK. TAK-värdet är en procentsats som används för att räkna ut produktionsutrustningens totala utnyttjandegrad.

Innehåll

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.1.1 | Balansaxlar | 2 |
| 1.2 | Syfte | 3 |
| 1.3 | Precisering av problem | 3 |
| 1.4 | Avgränsningar | 3 |
| 2 | Metod | 4 |
| 3 | Teoretisk referensram | 6 |
| 3.1 | Programvaror | 6 |
| 3.2 | Mekanik | 7 |
| 3.3 | Elektronik | 7 |
| 3.4 | Pneumatik | 8 |
| 4 | Kravspecifikation | 9 |
| 5 | Problemöversikt och kravidentifiering | 10 |
| 5.1 | Förstudie | 10 |
| 5.2 | Budget | 16 |
| 5.3 | Tillgänglig yta | 17 |
| 5.4 | Funktionsanalys av befintlig station | 18 |
| 6 | Konceptgenerering och eliminering | 19 |
| 6.1 | Genomförande | 19 |
| 6.2 | Konceptgenerering | 22 |
| 6.2.1 | Morfologisk matris | 22 |
| 6.3 | Eliminering av koncept | 30 |
| 6.3.1 | Elimineringsmatris | 30 |
| 6.3.2 | Pughsmatris | 31 |
| 6.4 | Visualisering av kvarvarande koncept | 32 |
| 6.4.1 | Koncept 1 (Orange) | 33 |
| 6.4.2 | Koncept 2 (Blå) | 34 |
| 6.4.3 | Koncept 3 (Turkos) | 35 |
| 6.5 | Respons på koncepten | 36 |
| 6.6 | Kesselringmatris | 36 |
| 7 | Detaljkonstruktion | 38 |
| 7.1 | Robotgripare | 39 |
| 7.1.1 | Dimensioneringen av robotgripare | 41 |
| 7.2 | MBS-lyft | 43 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.3 | Palettindexering | 44 |
| 7.4 | Uppdatering av paletter | 45 |
| 7.5 | Sammanställning av robotcellen | 46 |
| 7.5.1 | Verifiering av funktionalitet | 48 |
| 8 | Resultat | 50 |
| 9 | Reflektion | 51 |
| 9.1 | Reflektioner kring genomförbarhet | 51 |
| 9.2 | Vidareutveckling | 51 |
| 10 | Slutsatser | 52 |
| | Referenser | i |
| | Bilagor | ii |
| A | Bilaga 1: Kravspecifikation | ii |
| B | Bilaga 2: Morfologiska matriser | iii |
| C | Bilaga 3: ABB IRB 140T benämning av axlar | v |
| D | Bilaga 4: ABB IRB 140T maximal last | vi |
| E | Bilaga 5: Hållfasthetsanalyser | vii |
| F | Bilaga 6: Sammanställningsritningar | x |
| G | Bilaga 7: Komponentlistor | xiii |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Powertrain Engineering Sweden AB (tidigare Volvo Personvagnar), är en ledande producent av förbränningsmotorer till bilindustrin. Företagets produktionsanläggning ligger i Skövde och står tillsammans med systerfabrikerna i Kina för produktionen av förbränningsmotorer till Volvo Personvagnar.

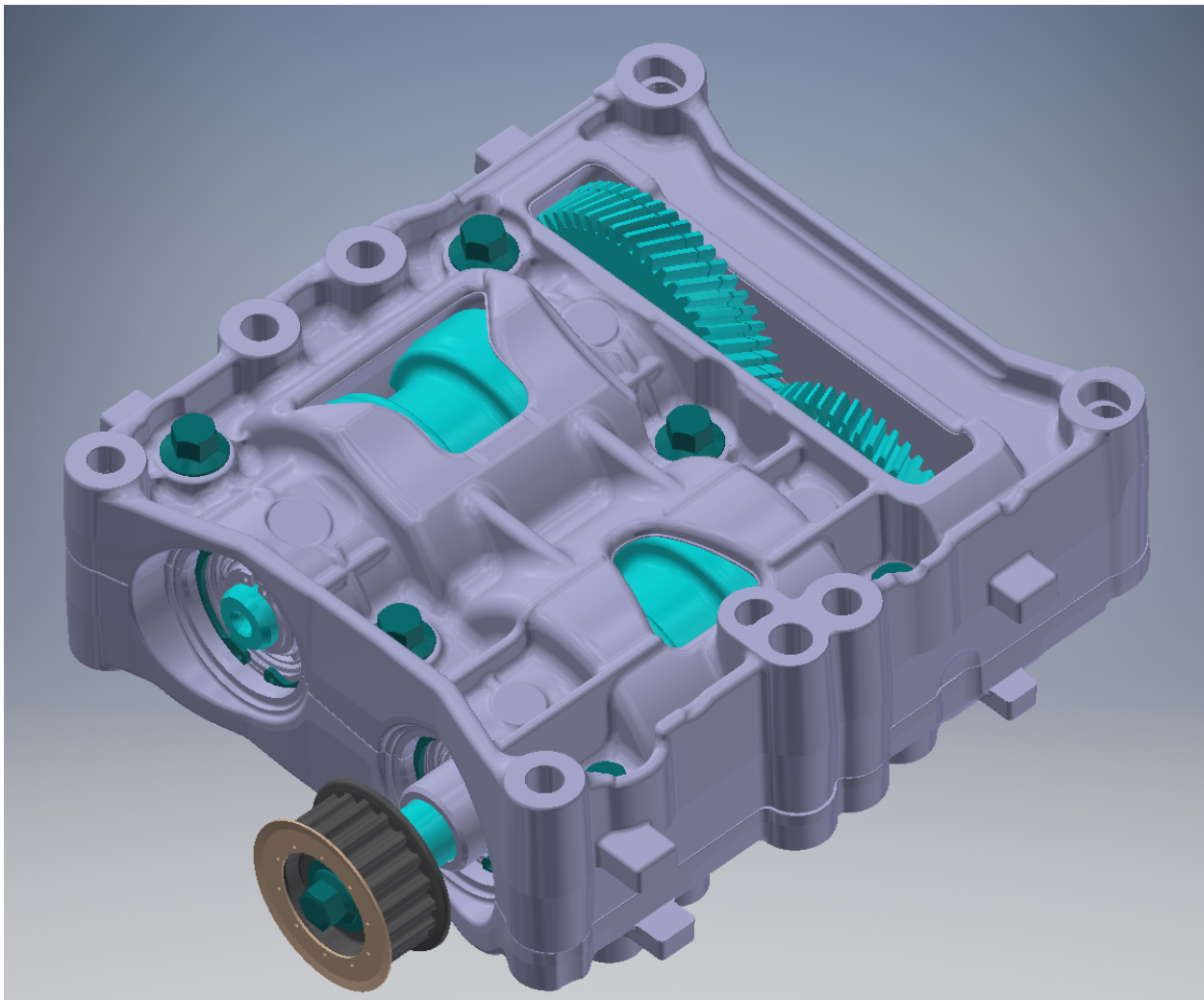
År 1868 startade Johan G Grönvall Skövde Gjuteri och Mekaniska Verkstad [1] som till en början producerade gjutgoods så som pannor, jordbruksmaskiner och verkstadsmaskiner. Med tiden började man att producera förbränningsmotorer, då Assar Gabrielsson och Gustaf Larson i mitten av 1920-talet var på jakt efter en producent av motorer till sin bil Volvo ÖV4 föll valet på Skövde. År 1935 köpte Volvo alla aktier i företaget och Pentaverken blev en del av AB Volvo.

Volvo Personvagnar och Volvo Lastvagnar producerade alla motorer i samma fabrik fram till den nya bilmotorfabriken, Östra fabriken, invigdes år 1991 [2]. Detta blev en ny epok i Volvos historia då den nya produktionsanläggningen byggdes för att tillverka de nya aluminiummotorerna.

Vid årsskiftet 2020/2021 ombildades motorfabriken som ett dotterbolag till Volvo Personvagnar som fick namnet Powertrain Engineering Sweden AB med målsättningen att producera motorer till andra fordonstillverkare samt börja producera elektriska drivlinor i större volymer.

1.1.1 Balansaxlar

Balansaxlar används för att minimera vibrationerna i förbränningsmotorer genom att rotera motvikter som är balanserade för att ta ut vibrationerna som uppstår då vevpartiet är i rörelse. Volvos konstruktion består av två gjutjärnsaxlar som drivs av en snedskuren kuggkrans på vevaxeln. Dessa är monterade i ett tvådelat aluminiumhus som sitter i oljetråget, se figur 1.



Figur 1: *Balansaxelenhet*

1.2 Syfte

Uppdraget består av att automatisera en monteringsstation för balansaxelhus, ett arbete som i dagsläget utförs manuellt av en operatör. Balansaxelhuset består av två gjutna aluminiumhalvor som anländer till stationen på en palett. Operatören vänder den ena halvan av huset och lägger sedan ihop den med den andra. Efter detta placeras de sex skruvarna för hand i MBS-huset. Då dessa är monterade kvitterar operatören arbetet och paletten åker vidare till nästa station där en maskin drar åt skruvarna till rätt moment inför vidare bearbetning av lagerlägena.

Vårt arbete skall resultera i en helautomatisk monteringsstation för vändning av balansaxelhusets halvor samt placering av skruvarna.

Ombyggnationen kommer att leda till att operatörerna avlastas från ett monotont arbete och att den aktuella produktionslinjen kan drivas mer effektivt.

1.3 Precisering av problem

- Automatisera processen med att montera balansaxelhuset.
- Konceptlösning för vändning av sammanläggning av MBS och integration i befintligt tillverkningssystem.
- Konstruktion av vändare och integration.
- Ta fram beställningsunderlag för standardartiklar och komponenter som skall tillverkas.

1.4 Avgränsningar

Stationen som vi ska konstruera ska inte dra åt skruvarna då detta görs i stationen efter. Vårt fokus kommer att vara den mekaniska konstruktionen vilket innebär att CE-certifiering, PLC-programmering och liknande inte kommer att genomföras av oss.

2 Metod

Vi började med att sätta oss in i problemet genom att besöka monteringsstationen för MBS-hus som ska byggas om och prata med ansvariga på UH-konstruktion för att få en överblick över problemet. Tillsammans med vår handledare kom vi fram till de mål och avgränsningar som vi ska ha för projektet.

Vi tog fram en kravspecifikation på problemet som ska lösas. En avstämning med alla inblandade i projektet genomfördes för att säkerställa att kravspecifikationen är korrekt.

När kravspecifikationen var sammanställd började vi att samla in information. Detta gjordes genom att prata med operatörer, gå runt i fabriken och söka hos underleverantörer efter dellösningar som kan användas i projektet. Dellösningarna kombinerades för att generera koncept.

De koncept som inte levde upp till kraven i kravspecifikationen elimineras på ett tidigt stadium då det inte finns någon mening att fortsätta arbeta med ett koncept som inte är möjligt att använda.

Efter att alla koncept som inte uppfyller kraven sållats bort så var det dags att fortsätta arbetet med att reducera antalet koncept. Koncepten utvärderas och på ett systematiskt sätt eliminerades de sämre alternativen tills ett koncept återstår. Det kvarvarande konceptet är det som bäst lever upp till kravspecifikationen och blev det koncept som vi arbetar vidare med.

Innan konstruktionsarbetet inleds verifieras det att konceptet uppfyller kraven i kravspecifikationen och att projektet är genomförbart med den tidsplan och budget som är avsatt.

Konstruktionsarbetet inleddes med att dimensionera de komponenter och maskiner som skall köpas in samt begära offert på dessa för att få en uppfattning om det går att hålla budgeten. Vi var ombedda att i största möjliga mån använda oss av befintliga underleverantörer till Powertrain Engineering Sweden AB. Efter att komponenterna var valda förankras detta med underhåll och produktion för att säkerställa att de är lämpliga ur driftsäkerhets- och ekonomisk synpunkt.

Nästa steg var att börja paketeringsarbetet i CAD, detta för att se var alla komponenter skulle placeras och hur komponenter som behöver tillverkas skall vara utformade. Detta var en iterativ process där flera versioner behövde göras innan en slutgiltig konstruktion kunde tas fram. Stort fokus under konstruktionsarbetet lades på att göra delarna lätta att tillverka och att konstruktionen skall vara lätt att underhålla.

Under konstruktionsarbetet genomfördes dynamiska simuleringar för att på så sätt säkerställa att vår konstruktion kommer att fungera innan den fysiska ombyggnationen påbörjas. Hållfasthetsberäkningar används för att säkerställa att konstruktionerna kommer att vidstå de belastningar som uppstår.

Då konstruktionsarbetet var helt färdigt togs ritningsunderlag, komponentlistor och inköpsunderlag fram. Ritningsunderlag och komponentlistor laddades därefter upp i företagets databas för maskindokumentation.

3 Teoretisk referensram

3.1 Programvaror

CAD

CAD-programmet Autodesk Inventor Professional 2019 användes för:

- 3D-modellering
- Hållfasthetsanalyser
- Ritningsunderlag
- Sammanställningar

3D-modellering

3D-modellering i CAD bygger på att man gör tvådimensionella skisser som med hjälp av olika kommandon modifieras för att generera 3D-modeller.

Hållfasthetsanalyser

För att säkerställa att de delar som konstrueras klarar de påfrestningar som de kommer att utsättas för, krävs det att hållfasthetsberäkningar görs. Hållfasthetsanalyserna är baserade på FEM-beräkningar. Lastfall och begränsningar appliceras för att simulera de olika scenarier som komponenten kan komma att utsättas för.

Sammanställningar

Komponenterna kan monteras ihop i sammanställningar genom att låsa fast 3D-modeller i varandra med olika villkor. I sammanställningen kan man undersöka om delarna passar ihop samt använda denna som simuleringsunderlag.

Ritningsunderlag

Ritningsunderlaget används vid tillverkning av komponenterna. En huvudvy och övriga relevanta vyer placeras ut i företagets ritningsmall. Vyerna måttsätts och toleranser anges. Information om material, ytfinhet och värmebehandling specificeras. Ritningar på sammanställningar är ett bra komplement till komponentritningarna, dessa kan underlätta ihopmontering och felsökning.

ABB RobotStudio

ABB RobotStudio är en simuleringsmjukvara för att simulera robotrörelser och robotprogram i robotens tilltänkta miljö.

3.2 Mekanik

Maskinelement

Inom tillverkningsindustrin väljer man ofta att konstruera sina maskiner med så mycket standardiserade maskinelement som möjligt för att säkerställa reservdelstillgång och minimera utvecklingskostnad.

Powertrain Engineering Sweden AB har ett nätverk av maskinelementsleverantörer som de använder sig av. Några av dessa är Momentum, ABB, Festo, Bosch Rexroth och Schunk.

Tillverkningsmetoder

Konstruktionen är begränsad till vad som kan produceras i den mekaniska verkstaden i fabriken. Det finns tillgång till manuella svarvar, fräsar, planslipar, svetsar samt en 3-axlig CNC-fräs.

3.3 Elektronik

För att det överordnade PLC-systemet skall få återkoppling när ett villkor är uppfyllt används närvarogivare av olika typer. De vanligaste givarna i fabriken är lasergivare, optiska givare och induktiva givare.

Servomotorer

Servomotorer har en inbyggd positioneringssensor som genom återkoppling till servodrivningen övervakar motorns positionering, till skillnad från en stegmotor som bara roterar en viss vinkel per steg utan återkoppling.

3.4 Pneumatik

Ett pneumatisksystems huvudfunktion är att använda komprimerad luft som medium för att överföra kraft med hjälp av komponenter som luftcylindrar och ventiler. Systemtrycket i pneumatiksystemet justeras med hjälp av en tryckregulator samt vilket arbetstryck kompressorn kan generera.

Cylindrar

En luftcylinders funktion är att applicera kraft och rörelse linjärt. Kraften i en cylinder beror på systemtrycket och kolvens diameter. För en normal cylinder är arean mindre på den sidan där kolvstången är placerad vilket resulterar i mindre kraft. Cylinderns hastighet beror på hur snabbt luften kan fyllas och evakueras. Utöver de vanliga cylindrarna så finns det bland annat cylindrar med genomgående kolvstång samt vridblock som har en roterande rörelse istället för linjär.

Ventiler

För att styra cylindrarna använder man sig av ventiler. I ett automatiserat produktionssystem så används vanligen elektriskt styrda ventiler där en solenoid aktiveras för att manövrera ventilsliden. Även pilotstyrda ventiler som styrs av en annan pneumatisk krets förekommer.

Strypventiler används för att reglera hastigheterna på rörelserna. Genom att justera dem så minskar eller ökar luftflödet vilket i sin tur avgör hur snabbt en cylinder eller dylikt kan fyllas.

Backventiler tillåter luftflöde i en riktning men blockerar flöde i den andra riktningen. Dessa finns även i pilot- eller solenoidstyrda varianter som kan öppnas för att möjliggöra avluftning.

4 Kravspecifikation

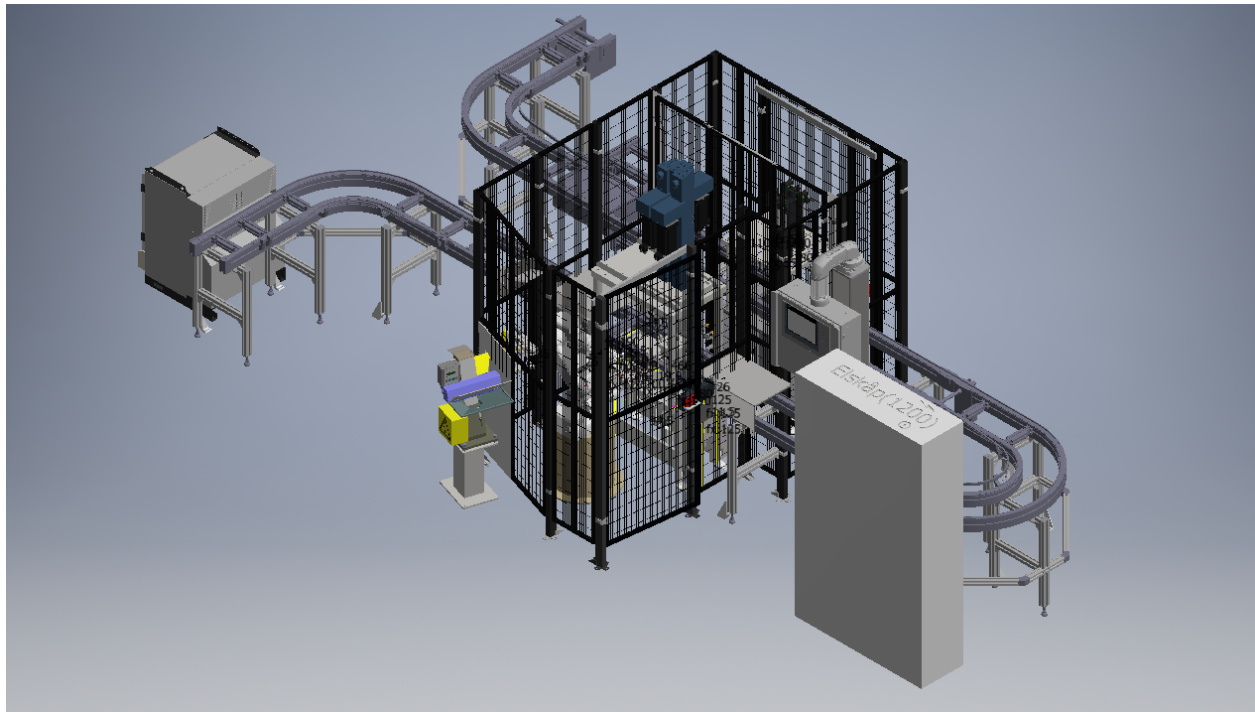
En kravspecifikation formuleras tillsammans med uppdragsgivaren där krav och önskemål definieras, se Bilaga 1. Kravspecifikationen användes under hela arbetet för att säkerställa att arbetet fortsatte i rätt riktning.

För målvärden som inte är direkt givna har antaganden och mätningar genomförts för att säkerställa att kriteriet är rimligt. Det är viktigt att det finns ett sätt att verifiera varje krav och önskemål för att säkerställa att funktionen uppfylls.

5 Problemöversikt och kravidentifiering

I kapitlet ges en överskådlig bild över hur problemet som helhet ska angripas. Problemöversikten utgör grunden för kravspecifikationen.

5.1 Förstudie



Figur 2: Överblicksbild över OP30, OP40 och OP50 i MBS-produktionslinjen

Den delen av produktionslinjen som påverkar projektet i störst utsträckning är OP30 och OP50 som kan ses i figur 2.

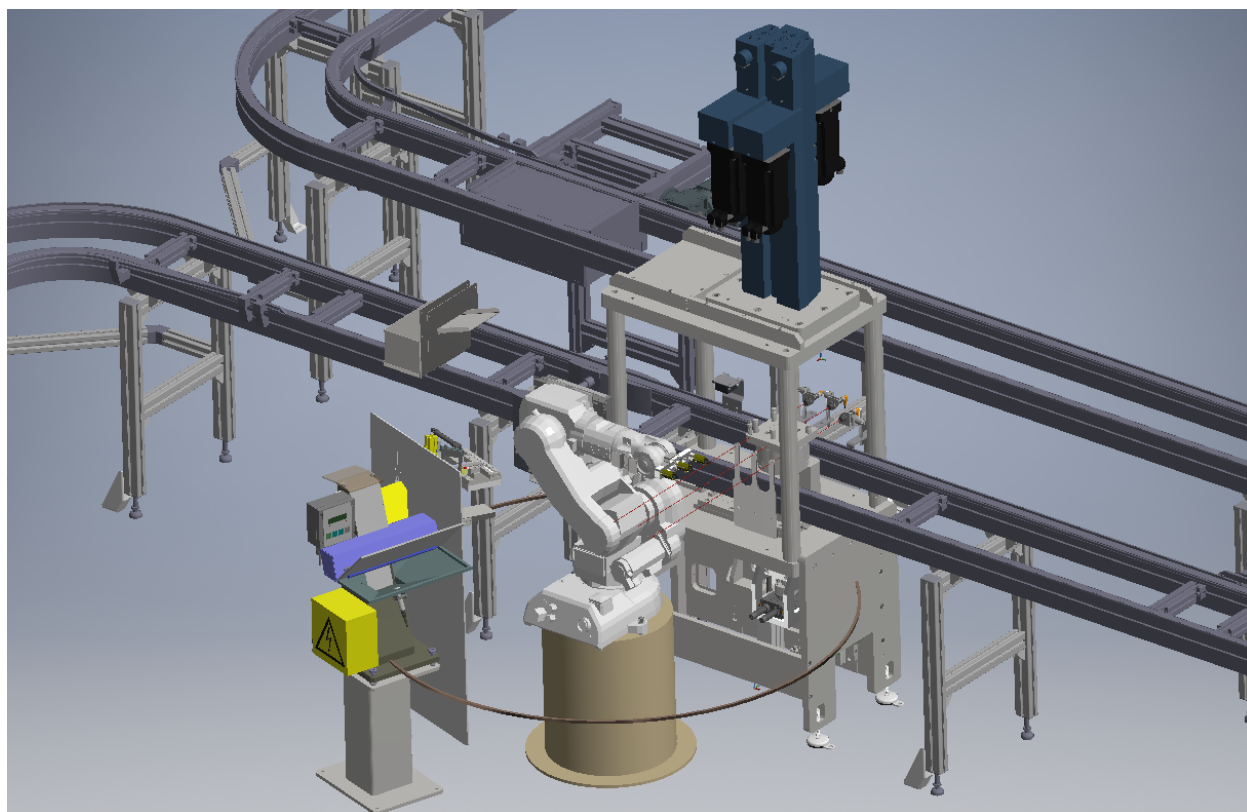
Paletten med de två MBS-halvorna anländer via bansystemet i figurens övre vänstra hörn. Den transporteras sedan in i OP30 där en robot plockar styrtstift från en matare och placerar dem i MBS-huset. En pressenhet trycker sedan fast styrtstiften och paletten transporteras vidare.

OP40 är utrymmet mellan gallret till robotcellen och el-skåpet något till höger i figurens nederkant. Här stannar paletten mot ett banstopp och operatören lägger ihop MBS-halvorna och monterar skruvarna. Stationen består i dagsläget endast av ett banstopp, en skruvlåda och HMI-skärmen för OP30 och OP40.

I OP50 transporteras paletten in i en fixtur med 6st skruvdragare som drar samtliga skruvar med korrekt moment medan en lyft håller upp MBS-huset.

Den nuvarande robotcellen för OP30 delar i dagsläget staket med OP50. Tanken är att staketet skall byggas ut mot banans kurva och försöka minimera cellens fotavtryck genom att i så stor utsträckning som möjligt använda ytan där operatören i dagsläget står, HMI-skärmen kommer att flyttas och OP40 kommer att slås ihop med OP30.

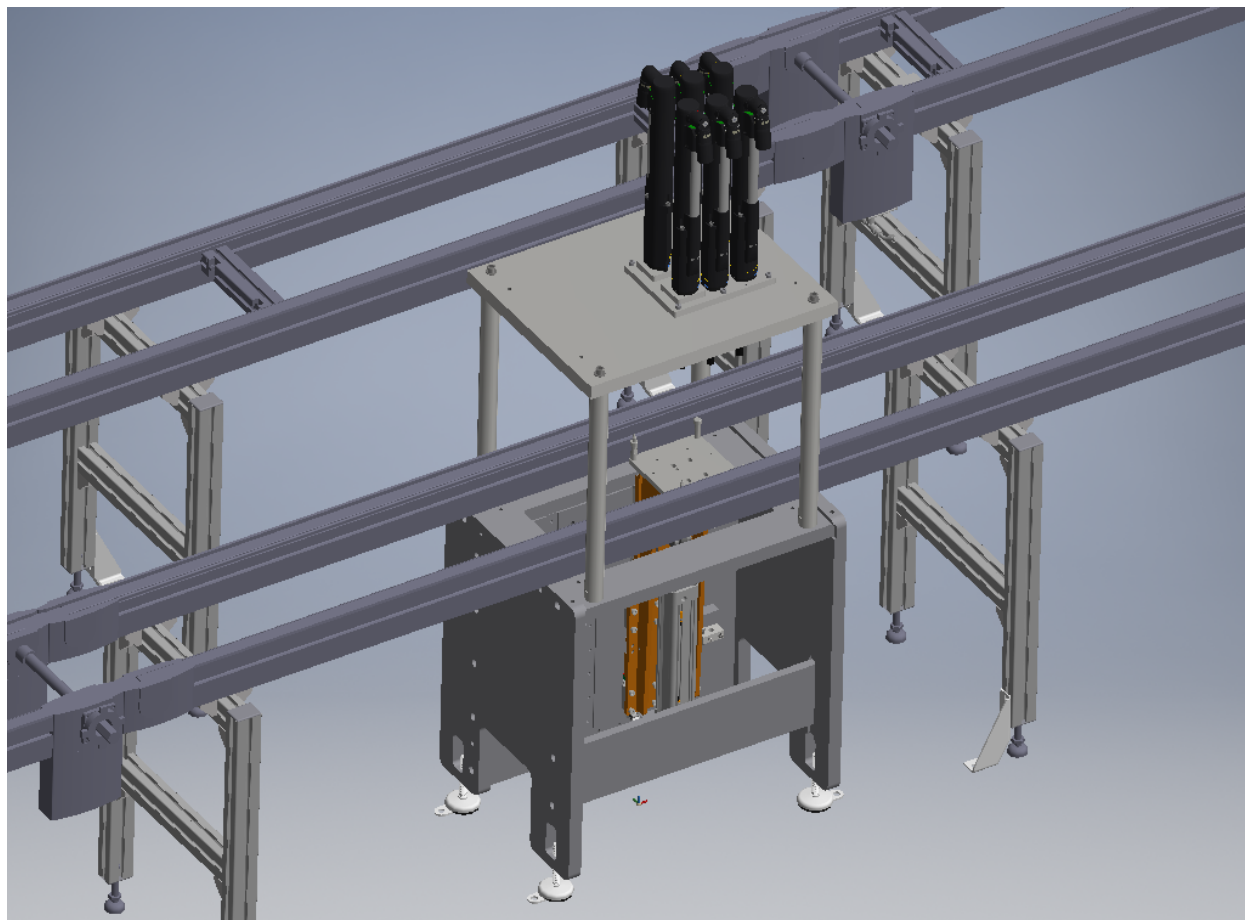
MBS OP30



Figur 3: OP30 i MBS-produktionslinjen

Figur 3 visar OP30 utan staketet. Nere till vänster syns en stegmatare som matar fram styrstiften. Roboten som plockar och placerar dessa i MBS-huset är försedd med ett robotverktyg som plockar tre styrstift åt gången. Fixturen mitt i bilden är försedd med en indexeringslyft och en pressenhet, denna används för att pressa i stiften.

MBS OP50



Figur 4: OP50 i MBS-produktionslinjen

Figur 4 visar skruvdragarna i OP50 där MBS-huset lyfts upp av cylindern som är placerad i maskinens fundament. Sex Atlas Copco-dragare drar sedan alla skruvar till rätt moment samtidigt.

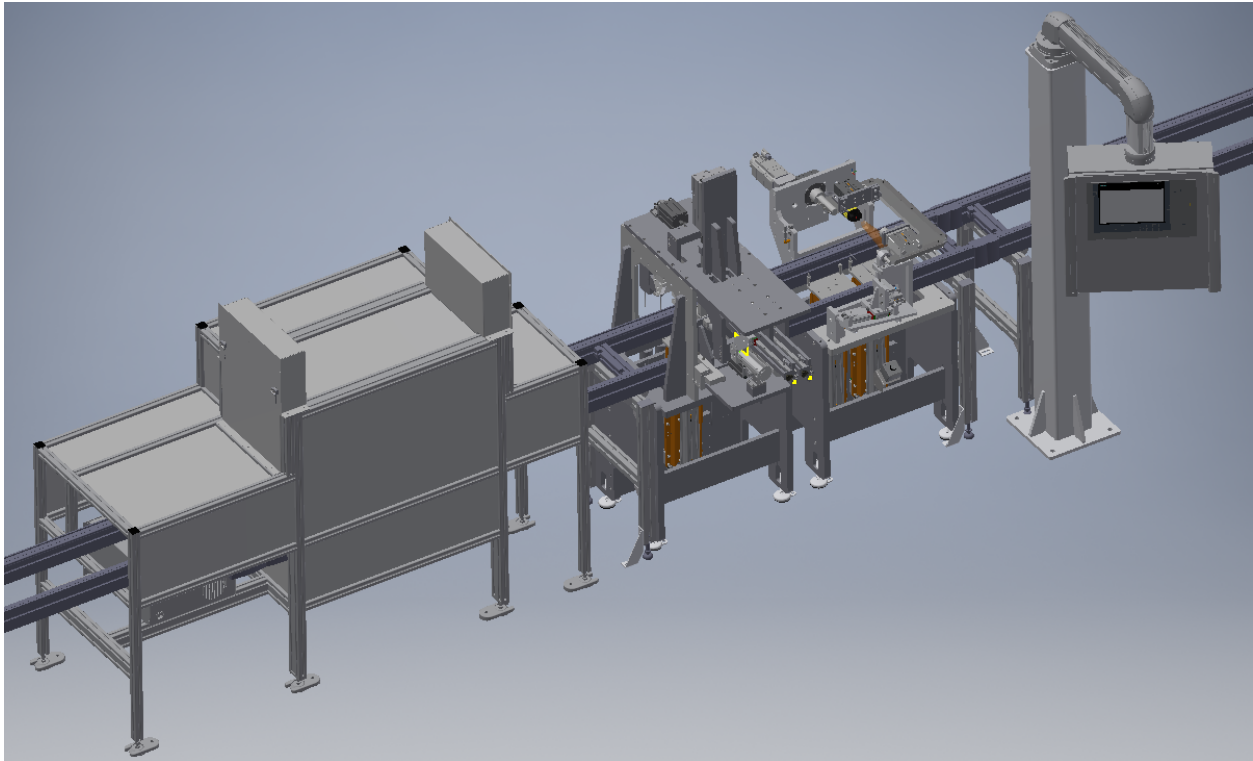
MBS OP71



Figur 5: OP71 i MBS-produktionslinjen

OP71 är en del av robotcellen OP70 vars syfte är att ladda den 5-axliga CNC-fräsen OP60 där bland annat MBS-husets lagerlägen bearbetas men också att vända MBS-halvorna efter att dessa har skruvats isär. Med andra ord gör denna robot samma sak som utförs i OP40 fast den monterar isär huset istället för att lägga ihop det. Detta gjorde givetvis att stationen var intressant att studera och då främst geometrin på robotgriparen.

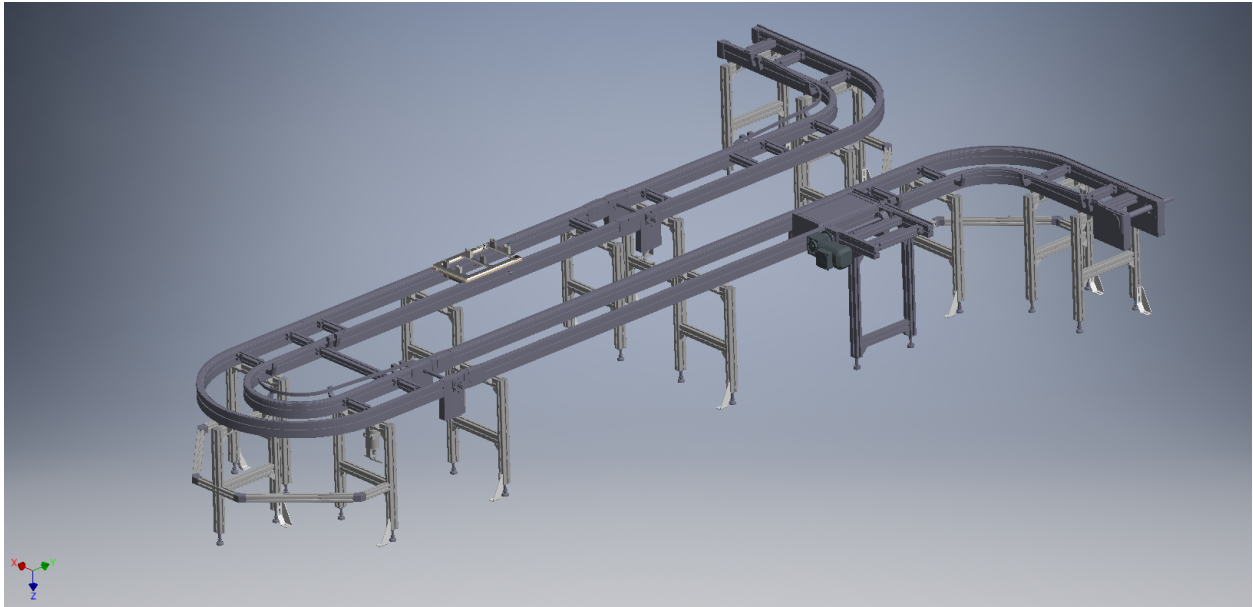
MBS OP240



Figur 6: OP240 i MBS-produktionslinjen

I OP240 går paletten först in i lasermärkningsstationen till vänster i figur 6. Lasermärkaren bränner in en QR-kod och ett serienummer i MBS-huset. Nästa maskin i operationen monterar segersäkringarna som håller balansaxlarnas rullningslager på plats. Slutligen kommer en station där hela MBS-huset vänds med hjälp av en vändare. Den är försedd med två indexeringslyftar som används för att positionerna och lyfta MBS-huset. En arm med en servomotor vänder sedan hela MBS-huset. I denna station är det vändarenheten som är intressant då denna skulle gå att använda med små modifikationer.

Bansystem

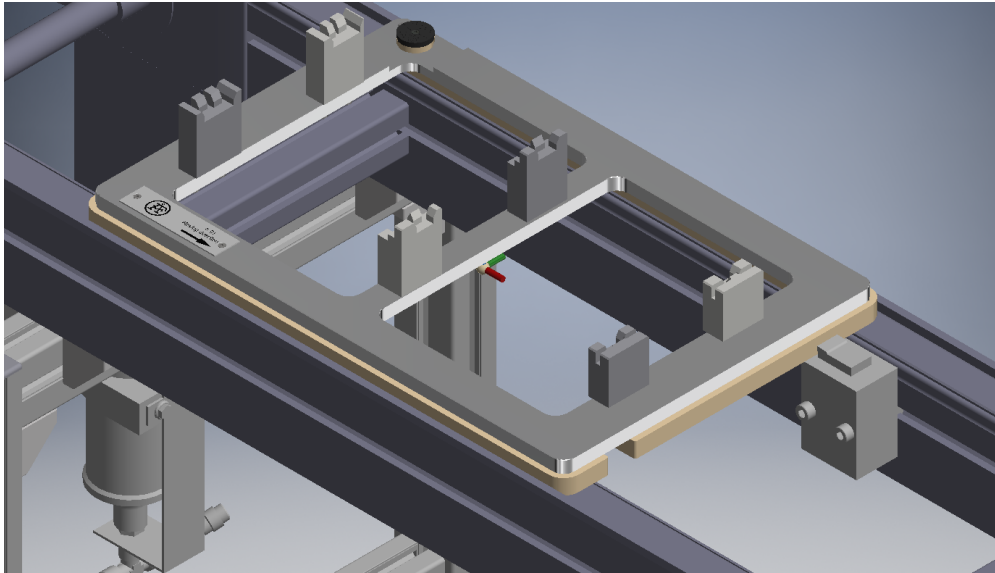


Figur 7: Bansystem

Den nuvarande stationen använder sig av en palett och ett bansystem för att transportera MBS-huset mellan de olika bearbetningsmaskinerna och monteringsstationerna.

Systemet består av ramar som är tillverkade av extruderade aluminiumprofiler med T-spår som kan användas för montage av utrustning. Transportbanden består av sammankopplade nylonlänkar som sitter på insidan av aluminiumprofilerna. Dessa drivs av frekvensstyrda asynkronmotorer och kan på så sätt hastighetsstyras så att olika bansektioner kan hålla olika hastigheter.

Banstopp



Figur 8: Banstopp

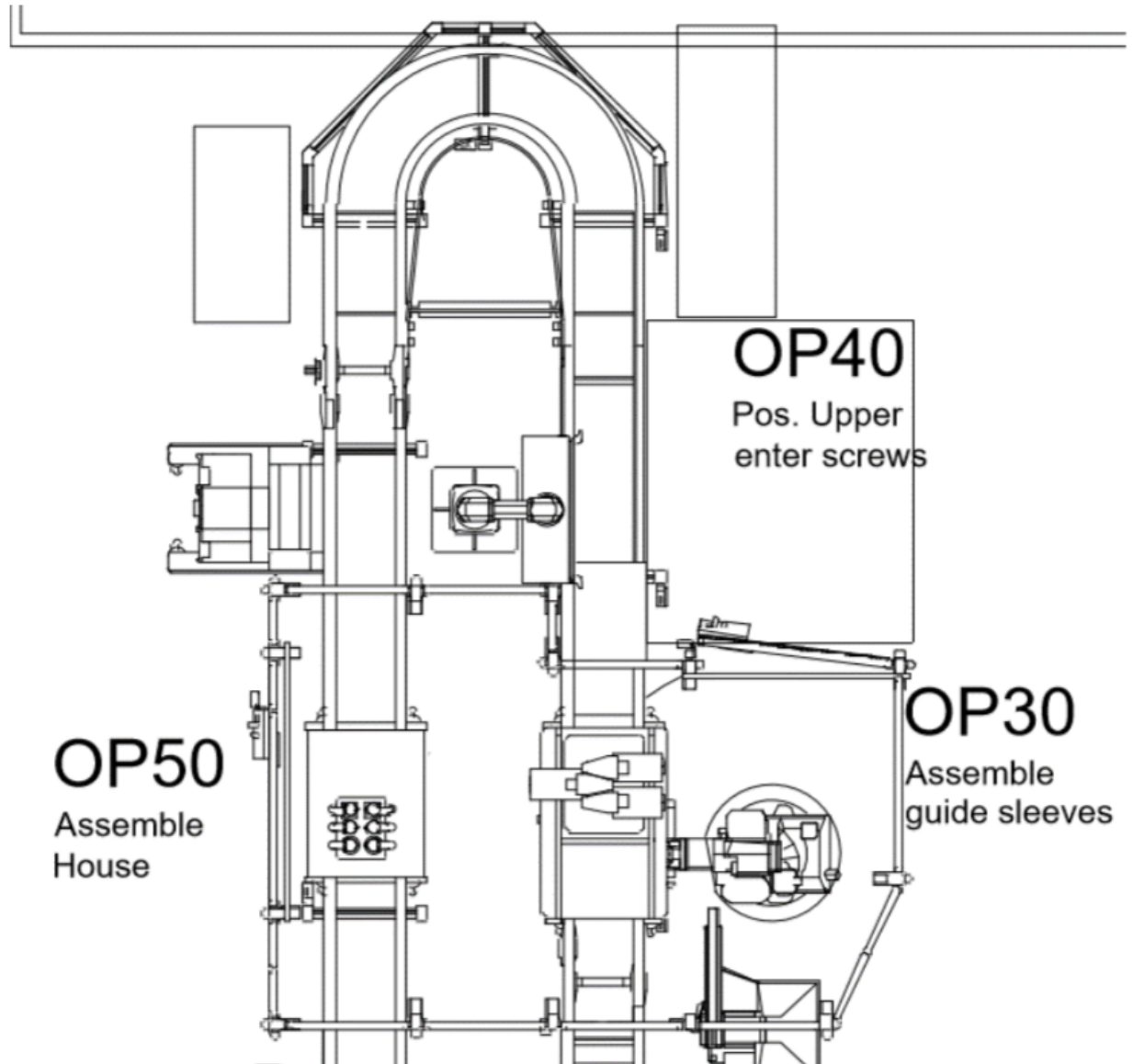
Banstopp används för att stanna paletter som transporteras på bansystemet i produktionslinjen. Generellt sett är banstoppen pneumatiska och kan antingen vara permanent inbyggda i banan eller monterade med T-spårsmutter. I figur 8 syns ett banstopp från Bosch Rexroth som används på MBS-produktionslinjen.

5.2 Budget

I nuläget står det en montör med låg beläggning som har en hög driftkostnad och utför monteringen. Målet är att driftkostnaden ska bli lägre då stationen automatiseras. Ett av kraven är att ha en återbetalningstid på under 1 år på projektet.

5.3 Tillgänglig yta

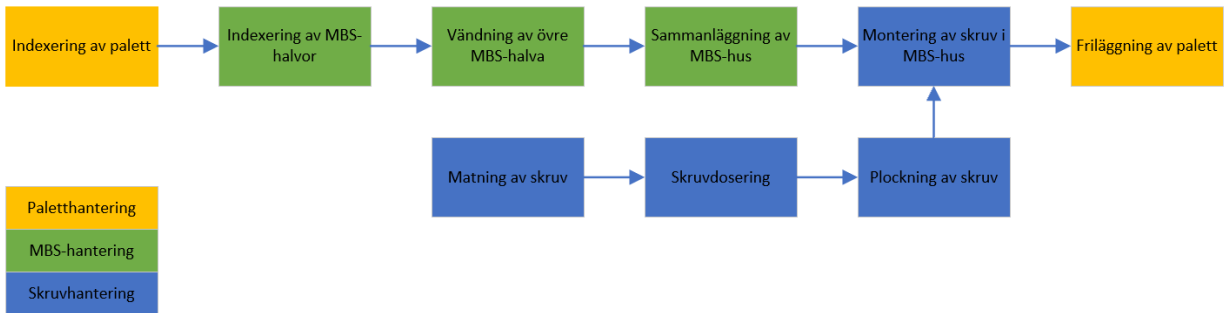
Den tillgängliga ytan är mycket liten, målet är att kunna integrera de nya maskinerna i den befintlig cellen och göra modifikationer på skyddsnetet. Ytan som är tillgänglig för den nya produktionsutrustningen är utrymmet där operatören för OP40 står i dagsläget samt utrymmet mellan banorna, se figur 9.



Figur 9: Nuvarande anläggning

5.4 Funktionsanalys av befintlig station

Den nuvarande layouten på stationen undersöktes för att få en djupare förståelse över vilka uppgifter som utförs och vilka ytor som finns tillgängliga för att bygga upp automationscellen på. Denna fas av projektet handlade i stor utsträckning om att samla in så mycket användbar information som möjligt som kan hjälpa oss att ta bra beslut senare i processen. Figur 10 visar ett flödesschema över nuvarande station.



Figur 10: Flödesschema

6 Konceptgenerering och eliminering

I kapitlet redovisas konceptgenereringen och elimineringsprocessen. Vi använde oss av en systematisk generering [3] och elimineringsprocess [4] baserat på Göran Gustafssons föreläsningar.

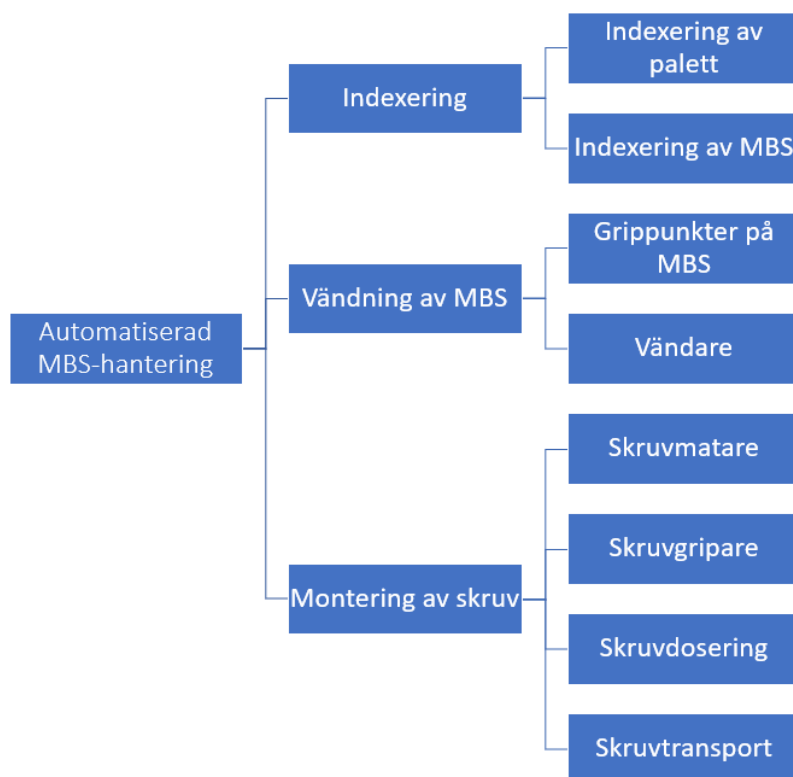
6.1 Genomförande

Innan vi satte oss ned och började generera koncept så såg vi till att leta efter liknade lösningar i fabriken. Detta för att på ett tidigt stadium kunna få en uppfattning om hur andra företag och konstruktörer har löst liknande problem och få fart på vårt kreativa tänkande. Detta resulterade i ett dokument med dellösningar som kom att lägga grunden till den morfologiska matrisen senare. Även om det inte finns någon maskin som utför exakt samma uppgift så kunde inspiration till dellösningar hittas.

Det finns några olika sätt som den nya automatiserade stationen kan utformas på, men det är önskvärt att så lite som möjligt ändras för att hålla nere kostnaderna. Modifikationer på bansystemets layout eller modifikationer som påverkar funktionen för OP30 och OP50 kommer inte att bli aktuellt då detta blir för komplext med den aktuella budgeten och tidsplanen.

Utifrån problembeskrivningen och funktionsanalysen togs olika lösningar fram för att lösa deluppgifterna. I figur 11 syns en uppdelning av huvudproblemet som användes för att generera dellösningar. Tre huvudsakliga delproblem definierades. Dessa var indexering, vändning av MBS samt montering av skruv. Under varje delproblem definierades vad som behöver lösas för att få detta att fungera. Trädet användes sedan för att generera den morfologiska matrisen.

6 Konceptgenerering och eliminering



Figur 11: Visualisering av delproblem

- Indexering
 - Indexering av palett, för att kunna säkerställa att den stannar med tillräckligt hög repeterbarhet krävs en indexeringslösning.
 - Indexering av MBS, för att säkerställa att ihopmontering av MBS-halvor och skruvmontering kan genomföras måste en indexeringslösning för MBS-huset användas.
- Vändning av MBS
 - Grippunkter på MBS, grippunkterna som skall användas vid vändning av den övre MBS-halvan måste dels hålla tillräckligt goda toleranser för att säkerställa god repeterbarhet och dels ska de gå att komma åt med en gripare.
 - Vändare, det finns flera potentiella typer av vändare som är möjliga att använda.
- Skruvplacering
 - Skruvmatare, skruven behöver komma från lådan till skruvtransporteringen.
 - Skruvgripare, skruvarna ska plockas och placeras i MBS-huset med god repeterbarhet.
 - Skruvdosering, skruvarna ska dukas upp så att en gripare ska kunna plocka dem.
 - Skruvtransportering, skruvarna ska transporteras från skruvmatningen till skruvdseringen

6.2 Konceptgenerering

6.2.1 Morfologisk matris

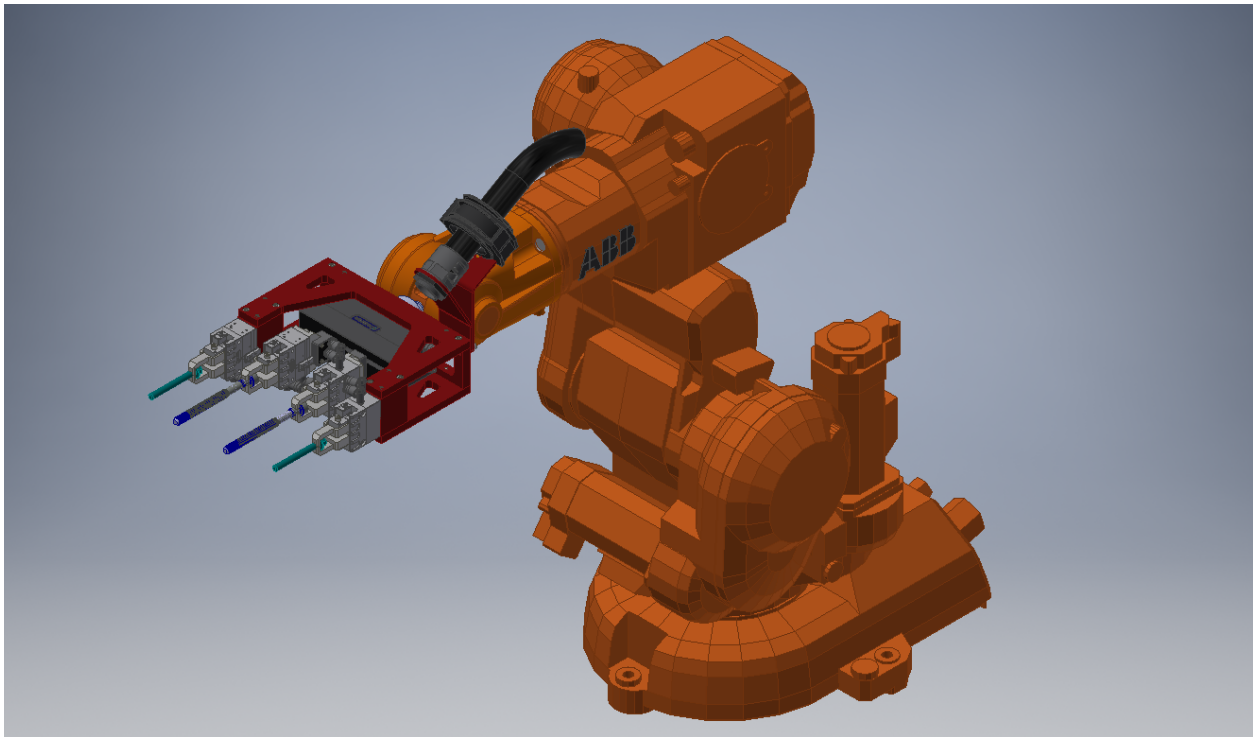
Den morfologiska matrisen användes för att kombinera dellösningarna från datainsamlingen och sedan använda dessa för att generera relevanta koncept. I figur 12 visas den morfologiska matrisen som användes vid konceptgenereringen. En morfologisk matris ger lätt upphov till ett stort antal koncept men en del dellösningar är helt enkelt inte möjliga att kombinera eller inte en relevant lösning på problemet. Vi begränsade antalet koncept genom att endast generera koncept som ansågs vara genomförbara, dessa färgkodades för att lättare visualiseras längre fram i elimineringsprocessen, se bilaga 2.

| Morfologisk matris MBS OP40 | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------|-----------------------|----------------|
| Delfunktioner | | Dellösningar | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatare | Stegmatare | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletterna | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumbgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodriven lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstop | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshål |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodriven | Robot |

Figur 12: Morfolofisk matris

Industrirobot

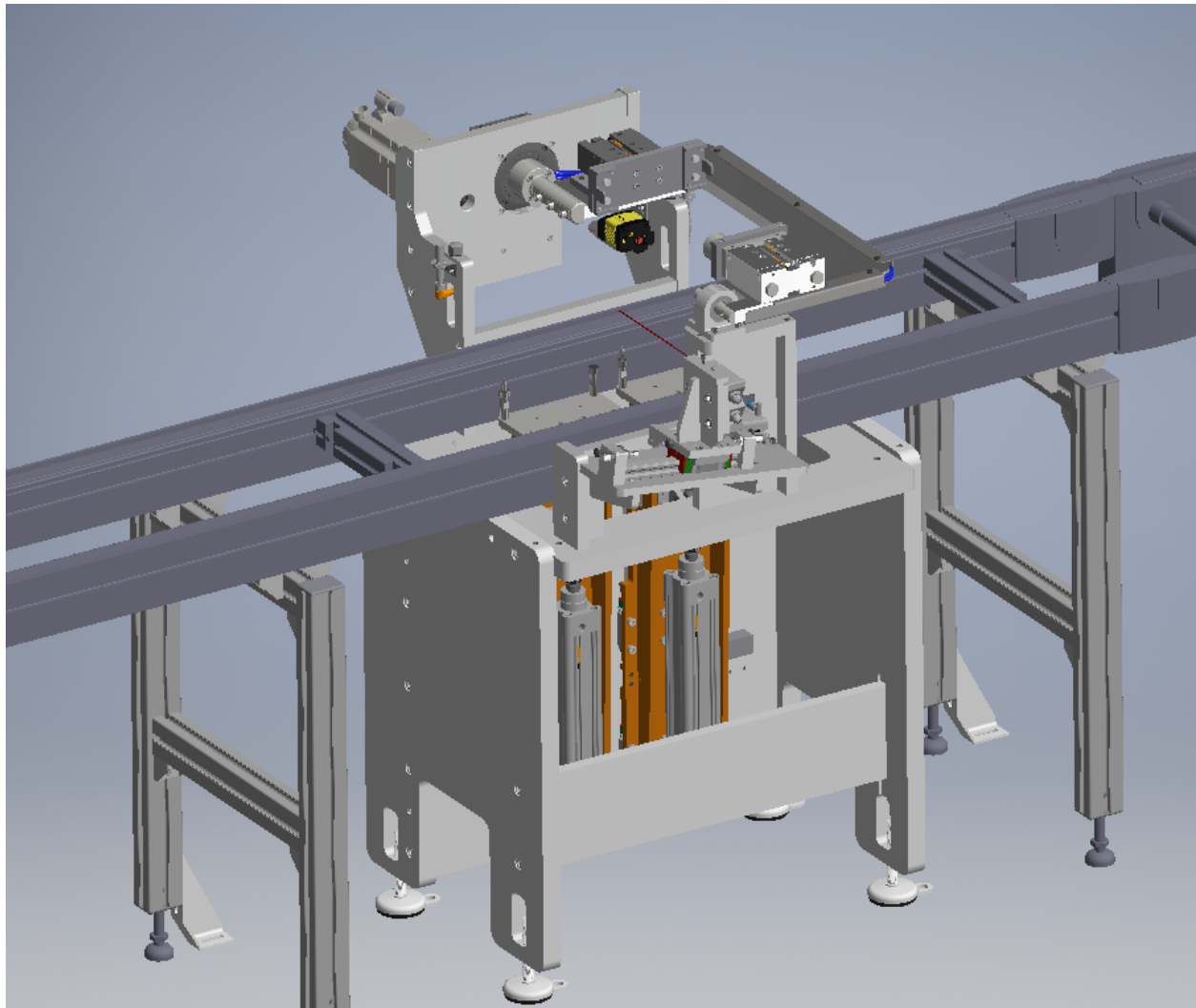
En industrirobot(figur 13) är ett vanligt inslag i dagens fabrikslandskap. Industrirobotar är vanligtvis utformade som en arm med 6 axlar, se bilaga 3, och förses med ett verktyg anpassat för uppgiften som skall utföras. Roboten är programmerbar och kopplas upp mot fabriken överordnade PLC-system och på så sätt kan den utföra arbete tillsammans med övrig utrustning i operationen.



Figur 13: ABB IRB 140T

Vändarenhet

Vändarenheten (figur 14)som det finns möjlighet att använda är en befintlig enhet som redan finns i fabriken, det är ett beprövat koncept som fungerar. Om denna lösning kommer att användas är tanken att köpa in en likadan som finns i OP240 och integrera denna i den nya stationen för att underlätta konstruktionsarbetet.

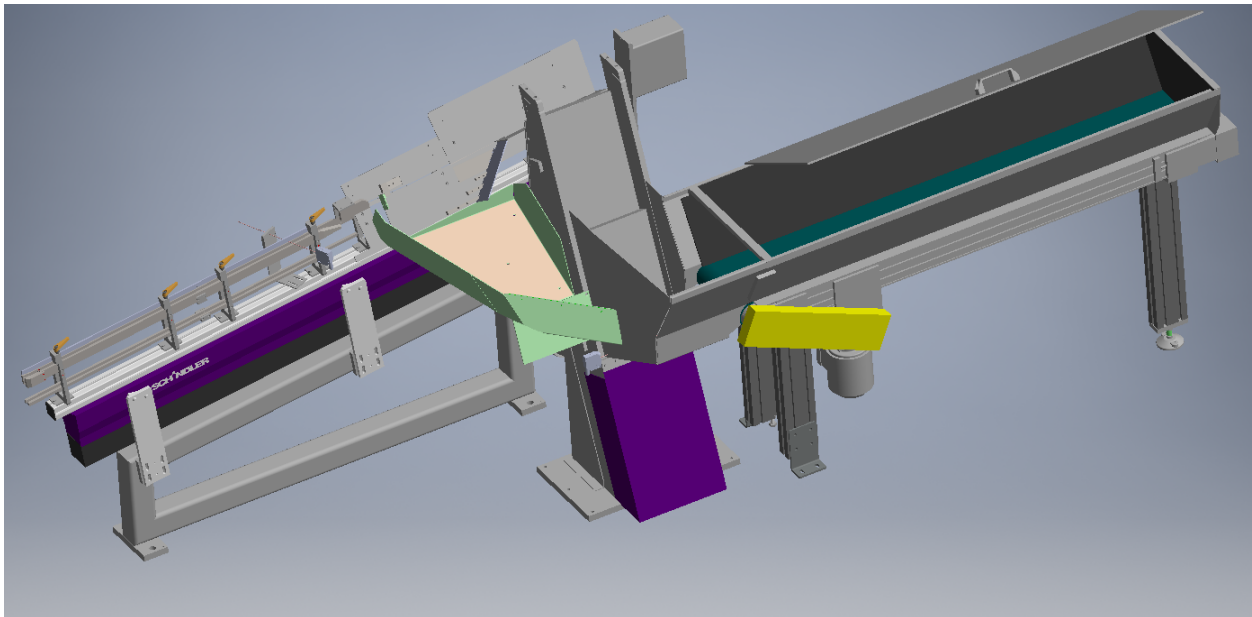


Figur 14: OP240 i MBS-produktionslinjen

Skruvmatare

En skruvmatare är en maskin vars uppgift är att tillfredsställa en stations behov av skruv, maskinen är ofta uppbyggd så att skruvarna kommer in i stationen mellan två skenor som sedan möjliggör att annan produktionsutrustning kan plocka skruvarna.

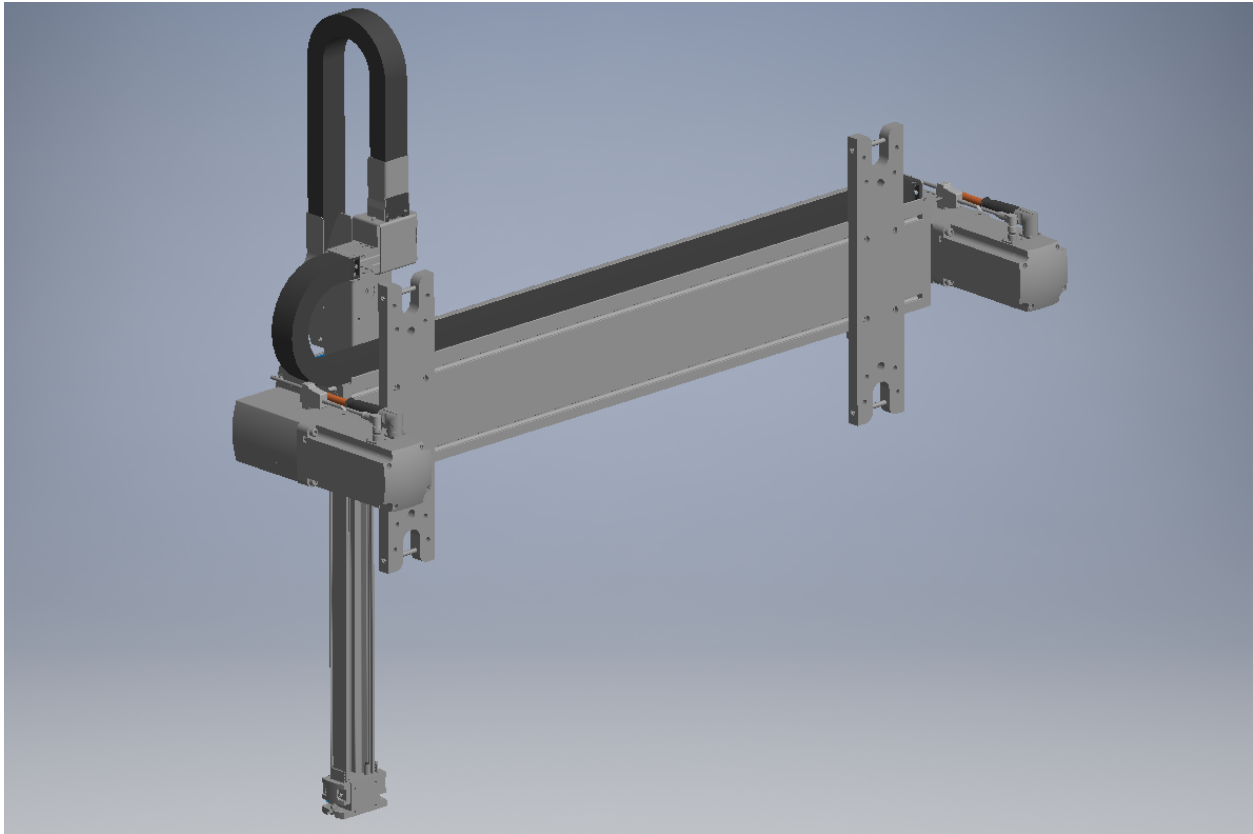
Figur 15 visar en stegmatare. Skruvarna placeras i behållaren till höger i bilden. Ett transportband används sedan för att förse själva mataren med skruv. Mataren använder sig av trappsteg som åker upp och ned för att på så sätt förse sorteringsverket med skruv. I sorteringsverket åker skruvarna ut på en skena där endast skruvar med skallen uppåt kan balansera, resterande skruvar åker ned på den gröna plåten. Dessa skruvar får gå igenom mataren igen tills de hamnar åt rätt håll. De åker sedan vidare på skenan som syns till vänster i figuren för vidare sortering eller hantering.



Figur 15: Skruvmatare

Plocka och placera

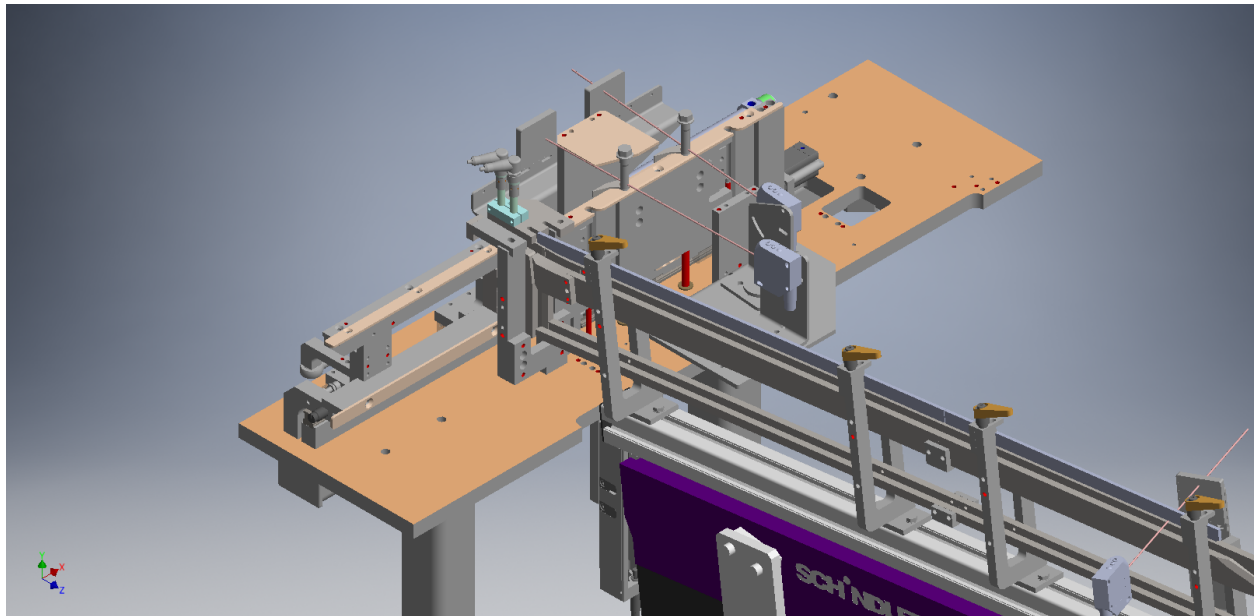
Ett plocka och placera-system (figur 16) är en fleraxlig apparat som förses med gripare. Systemet är konstruerat som en portal med en släde som kan åka på en axel. Släden är försedd med en z-axel där griparna monteras. Det finns en uppsjö typer av plocka och placera-system som kombinerar olika drivningsmetoder. Servomotorer i kombination med pneumatik är det som används på andra ställen i fabriken.



Figur 16: Festo YXML-2

Doseringslist

Funktionen hos en doseringslist (figur 17) är att ta emot skruvar från en skruvmatare och sedan duka upp dessa för att möjliggöra skruvplockning från kända positioner. Detta görs genom att en list med uttag för en eller flera skruvar passerar skruvmatarens utlopp. Då ett uttag för skruv passerar utloppet släpps en skruv fram, detta följs av att listan förflyttas till den slutliga position där skruvarna plockas.



Figur 17: Doseringslist

Skruvgripare

Placeringen av skruvar kan ske på olika sätt. De olika typer som vi har studerat är:

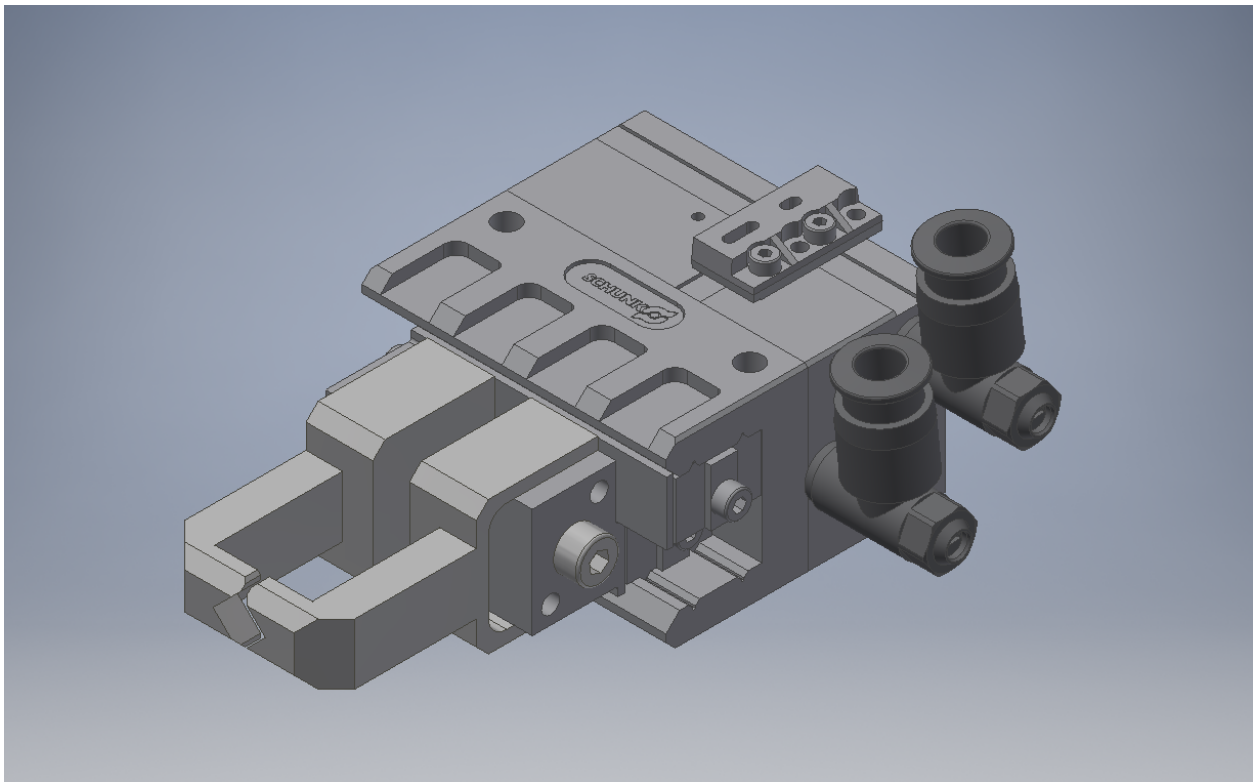
- Fingergripare
- Magnetgripare
- Vakuumbgripare

De olika griparna har sina för- och nackdelar. Fingergriparen är bra på det sättet att när den väl har fått tag på skruven så har den ett fast och stadigt grepp om den, se figur 18, vilket tillåter höga hastigheter utan att skruven lossnar ur griparfingrarna. En nackdel är att fingrarna tar plats då de behöver greppa runt skruven och därför inte alltid får plats i trånga utrymmen.

Både magnetgriparen och vakuumbgriparen greppar på ovansidan av skruvens skalle, vilket medför att båda typerna kan användas i trånga utrymmen. De har dock inte samma stadiga grepp om skruven vilket kan resultera i att man måste hålla lägre hastighet.

En annan nackdel med vakuumbgriparen är att den förlitar sig på tätningar som ligger an mot skruvens skalle. Om denna blir sliten eller om det samlas mycket smuts i griparen så kan undertrycket bli för dåligt vilket medför att griparen tappar skruven. Detta kommer även att inträffa vid strömavbrott, vilket kan påverka uppstartstiden negativt.

Magnetgriparen riskerar att eventuellt magnetisera skruven. Detta kan dels leda till att det fastnar stålspån på skruvskallen under produktion eller att skruven drar till sig järnpartiklar från motoroljan då motorn är i drift. Detta kan potentiellt sett leda till ökat slitage eller haveri.



Figur 18: Schunk MPG-50 plus

Slangblåsning

En typ av skruvtransportering som används mycket inom automationstekniken är slangblåsning. Systemet bygger på att en skruvmatare förser en blåsstation med skruvar som sedan blåses genom slangar med hjälp av tryckluft till gripare som släpper skruvarna direkt i detaljen som skall skruvas ihop.

De största fördelarna med systemet är att cykeltiden är låg och att skruvmataren inte behöver placeras i anslutning till operationen. Tyvärr blir det bullrigt då man skjuter skruven i slangar och man riskerar att blåsa med smuts som kan hamna i gängorna om skruvarna inte är rena.

Indexering av palett

För indexering av paletter används olika metoder beroende på repeterbarhetskrav eller andra faktorer så som tillgänglig plats, palettens massa och utformning. Under informationsinsamlingen så fann vi tre typer av relevanta indexeringar.

- Palettlyft
- Banstopp
- Anhåll

Palettlyften bygger på att man lyfter upp paletten med indexeringar och på så sätt styr upp denna. Detta är ofta det mest exakta systemet men komplexiteten som en lyftstation medför bidrar till en högre inköpskostnad.

Banstopp är det mest primitiva och billigaste sättet att indexera paletter på. Men då stoppet bara hindrar rörelse i banans färdriktning så är precisionen och repeterbarheten låg.

Anhållet bygger på att paletten stoppas mot ett banstopp, för att sedan bli tryckt åt sidan mot anhållet med hjälp av en luftcylinder. Detta system får en bättre repeterbarhet och precision än ett simpelt banstopp då man tar bort glappet som finns mellan palett och banans styrskenor.

Indexering av MBS

MBS-husen har fyra bearbetade uppläggningsytor var som används för indexering på de övriga stationerna. Dessa punkter är placerade i varje hörn av MBS-huset och kan användas utan att störa skruvmontaget.

Indexering sker genom att lyfta upp en indexeringsplatta med indextappar. Dessa styr upp

MBS-huset och säkerställer en positionering med god repeterbarhet. Lyften kan antingen drivas med en pneumatisk cylinder eller en servomotor.

6.3 Eliminering av koncept

6.3.1 Elimineringssmatris

Genom att ställa upp alla koncepten i en elimineringssmatris (figur 19) och undersöka om dessa uppfyller kraven från kravspecifikationen så plockas alla koncept som inte är genomförbara bort. Detta görs på ett tidigt stadium för att inte slösa onödigt mycket tid och resurser på ett koncept som inte kommer att kunna användas.

| Elimineringssmatris | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|-----------------|----------|-------|-------------|-------------------|-----------------------------------|--|----------------------------|-----------------|-------------------------|------------|
| Koncept | Budget | Arbets säkerhet | Cykeltid | Plats | Reservdelar | Indexering av MBS | Minimera risken för skador på MBS | Säkerställa korrekt placering av skruv | Minimera risken gångskador | Smutstillföser! | Tillgodose skruvbehovet | Beslut |
| | 1 | 2 | 3 | 8 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | |
| Blå | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | Behåll |
| Gul | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | NEJ | | Elimineras |
| Svart | NEJ | | | | | | | | | | | Elimineras |
| Lila | NEJ | | | | | | | | | | | Elimineras |
| Rosa | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | Behåll |
| Grön | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | Behåll |
| Orange | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | Behåll |
| Grå | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | NEJ | | Elimineras |
| Brun | NEJ | | | | | | | | | | | Elimineras |
| Röd | NEJ | | | | | | | | | | | Elimineras |
| Turkos | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | JA | Behåll |
| Lime | NEJ | | | | | | | | | | | Elimineras |
| Marin blå | NEJ | | | | | | | | | | | Elimineras |

Figur 19: Elimineringssmatris

Koncepten som har uppfyllt alla krav i kravspecifikationen har markerats med ett JA i alla kolumner medan de som inte lever upp till kraven har fått ett NEJ i en eller flera kolumner. Alla koncept med ett eller flera NEJ elimineras då dessa inte lever upp till kraven. De kvarvarande koncepten går vidare till nästa steg i elimineringssprocessen.

6.3.2 Pughsmatris

De fem kvarvarande koncepten sätts in i en pughsmatris. Matrisen används för att avgöra vilka koncept som uppfyller önskemålen sämre än andra. Det blå konceptet som togs fram med hjälp av den morfologiska matrisen sattes som referens. De övriga koncepten jämfördes med detta koncept. Kriterium togs fram från kravspecifikationen, kolumnen längst till vänster visar vilka krav eller önskemål som kriteriet baseras på. Pughsmatrisen är främst baserad på kravspecifikationens önskemål men två krav vars målvärde gärna skall överträffas inkluderades i matrisen.

Koncept som uppfyllde kriterier bättre än referensen tilldelades ett plustecken. De som uppfyllde kriterier sämre markerades med ett minustecken och de som var likvärdiga markerades med en nolla. Antalet plus- och minustecken summerades för koncepten och detta låg till grund för beslutet om vilka koncept som skulle elimineras.

| Pughsmatris | | | | | | |
|-------------|----------------------------------|------------|------------|------------|--------|--------|
| Kriterier | | Alternativ | | | | |
| | | Blå | Rosa | Grön | orange | turkos |
| Ö1 | Livslängd | R | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ö2 | Driftsäkerhet | E | 0 | - | - | + |
| Ö3,Ö4 | Ergonomi | F | - | - | - | - |
| Ö8 | Intervall mellan skruvpåfyllning | E | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K | Minimera smutstillförsel | R | 0 | - | - | + |
| K | Pris | E | 0 | - | - | + |
| Ö7 | Antal komponenter | N | - | - | + | + |
| Ö6 | Materialmängd | S | - | 0 | 0 | + |
| Ö5 | Flexibilitet | | - | 0 | 0 | + |
| | Operatörs arbetsinsats | | - | 0 | 0 | - |
| Σ+ | | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| Σ 0 | | 0 | 5 | 5 | 5 | 2 |
| Σ - | | 0 | 5 | 5 | 4 | 2 |
| Nettovärde | | 0 | -5 | -5 | -3 | 4 |
| Rangordning | | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| Beslut | | Behåll | Elimineras | Elimineras | Behåll | Behåll |

Figur 20: Pughsmatris för de fem kvarvarande koncepten

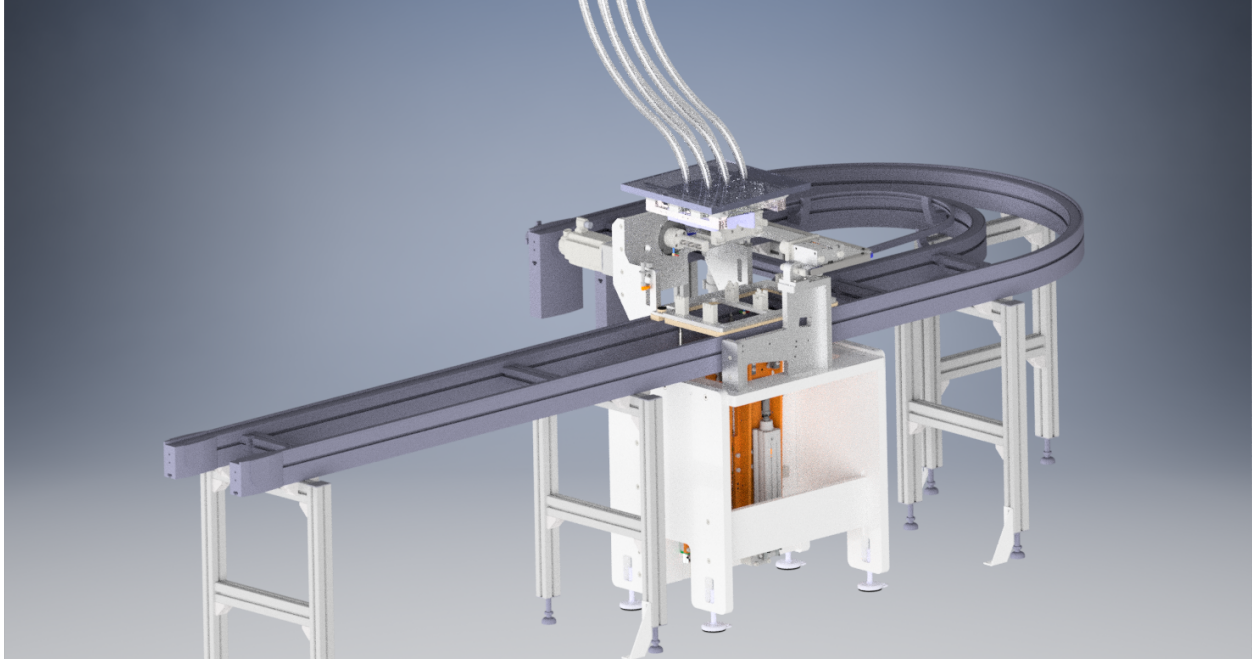
Pughsmatrisen resulterade i att tre koncept kvarstod vilket visas i figur 20. De tre kvarvarande koncepten blev:

- Orange, en servodriven vändare och slangbläsning
- Blå, en svervodriven vändare och ett plocka och placera-system
- Turkos, en industrirobot och en skruvhållare på paletten.

6.4 Visualisering av kvarvarande koncept

De tre kvarvarande koncepten från pughsmatrisen valde vi att visualisera med hjälp av enkla modeller i CAD. Detta för att se om de kommer att kunna genomföras i verkligheten och få en preliminär uppskattning av hur mycket plats de kommer att ta.

6.4.1 Koncept 1 (Orange)



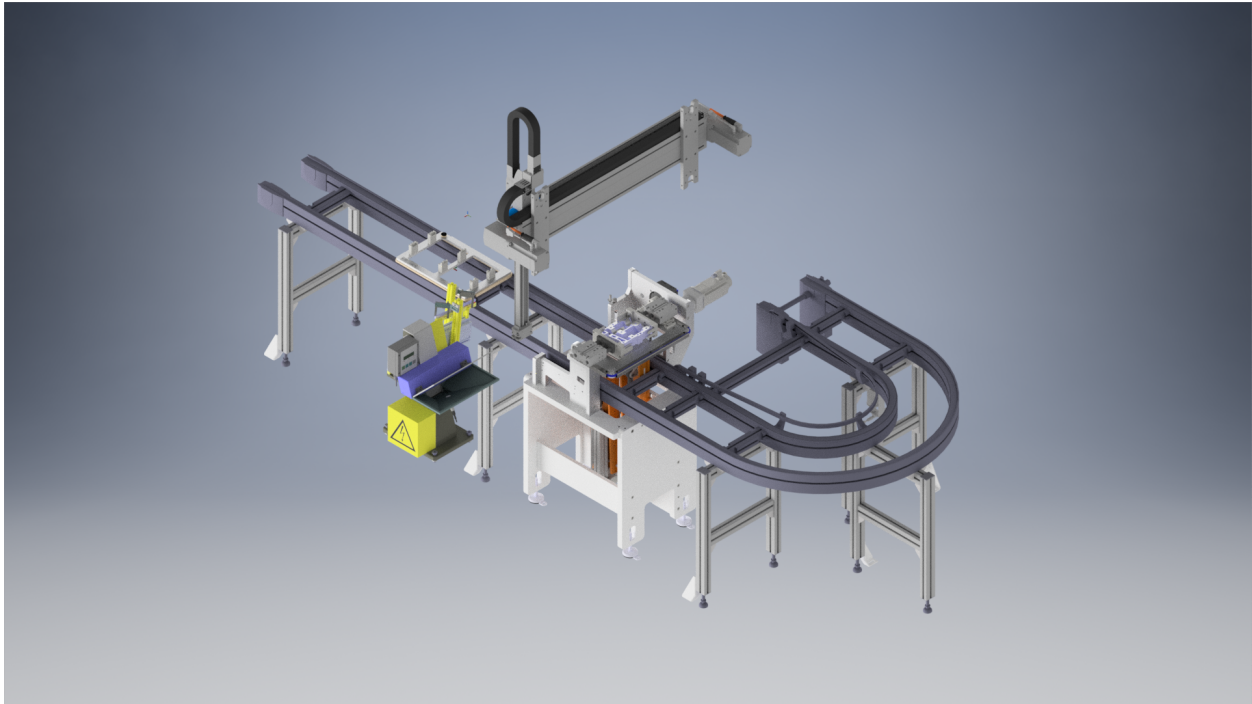
Figur 21: Koncept 1, slangblåsning

Konceptet 1 som visas i figur 21 bygger på en befintlig vändare som redan finns i OP240 (figur 21). Denna använder två indexeringsplattor med luftcylindrar för att indexera MBS-huset och en servodriven arm för att vända den ena hushalvan och lägga den på den andra.

Skruvarna transporteras till en doseringsplatta med gripare genom att blåsas i slangar från skruvmataren. Detta är ett beprövat koncept som redan används på många ställen i fabriken. Fördelen med att blåsa skruvarna genom slangar till monteringsstationen är att man inte behöver placera skruvmataren i direkt anslutning till operationen och på så sätt kan ytan i fabriken utnyttjas på ett friare sätt.

En låg cykeltid kan uppnås då samtliga skruvar skjuts till monteringsstationen samtidigt. Nackdelarna med att använda en blåslösning är kostnaden för utrustningen och underhållskostnaden, andra aspekter att ta hänsyn till är ergonomin då blåsningen genererar en del ljud. Processen kan också ge upphov till att smuts från skruvarna blåses ned i balansaxelhuset, vilket kan leda till ökat slitage på motorn.

6.4.2 Koncept 2 (Blå)



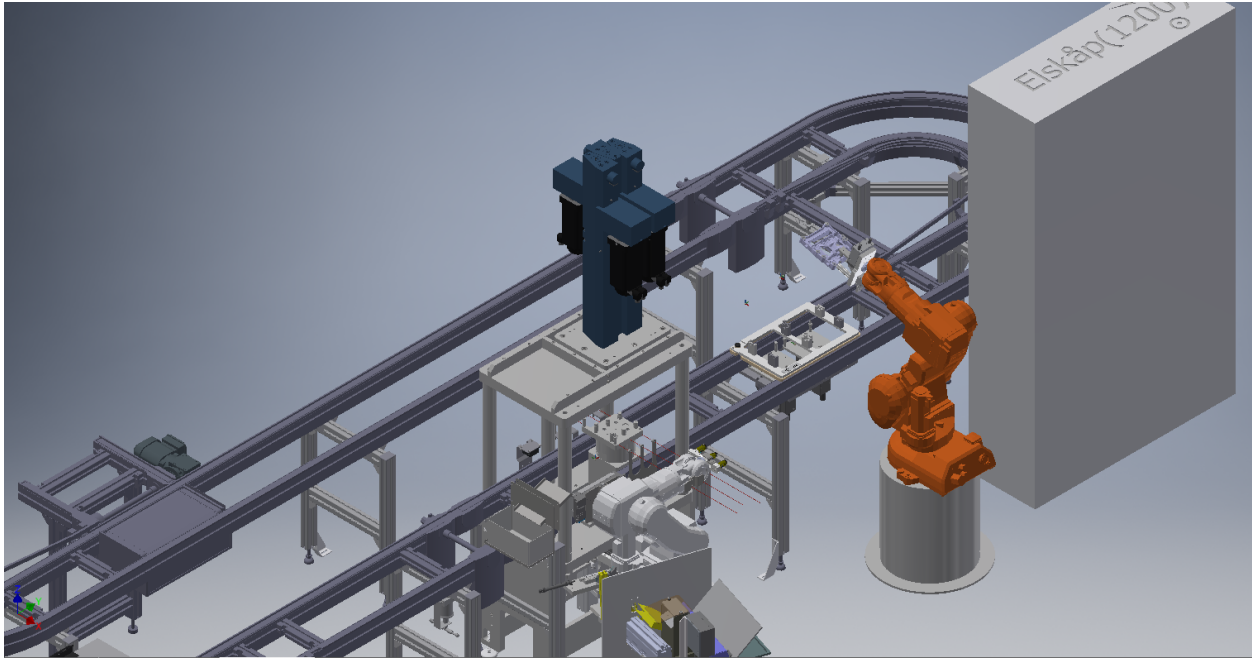
Figur 22: Koncept 2, plocka och placera

Konceptet bygger i likhet med koncept 1 på att vändaren från OP240 används (figur 22). Skruvdoseringen sker med hjälp av en skruvmatare men denna levererar istället skruven till en doseringslist.

Skruven placeras med hjälp av en plocka och placera-enhet. Även detta system är beprövat och används i andra delar av fabriken. En luftcylinder med två eller tre gripare är placerad på ett linjärdon. Linjärdonet har en hämtaposition där skruv hämtas från en doseringsstation i anslutning till skruvmataren. Griparna plockar och åker sedan och placerar skruvarna i MBS-huset. Då plocka och placera-systemet har en begränsad räckvidd måste skruvmataren vara i anslutning till monteringsstationen.

Fördelen med systemet är att det kan ha högre driftsäkerhet än ett slangblåsningssystem, det är billigare och betydligt tystare än slangblåsning.

6.4.3 Koncept 3 (Turkos)



Figur 23: Koncept 3, industrirobot

Det tredje konceptet (figur 23) bygger på att hushalvorna indexeras med hjälp av två pneumatiska lyftar med indexeringspinnar för att på så sätt få två positioner där MBS-huset kan hämtas och lämnas med god repeterbarhet.

Konceptet använder ingen skruvmatare utan istället placeras skruven i en hållare som skruvas fast på paletterna. Tanken är att dessa skall laddas av operatören som står i en avsyningsstation som har en låg beläggning. Skruvarna åker sedan med paletten tills dessa ska monteras.

En industrirobot används både för att vända MBS-halvorna och greppa skruvarna. Detta innebär att roboten måste ha ett verktyg som klarar av att både vända MBS-huset och placera skruvarna. Tanken är att först greppa MBS-husets lock och därefter placera locket på bottendelen. Efter detta plockar roboten skruvarna och positionerar dem i MBS-huset.

Fördelen med konceptet är att det innehåller väldigt få delar. Roboten köps in från ABB, och de andra delarna går att tillverka på plats i fabriken. Trots att det kräver en manuell placering av skruvarna i paletten så blir detta alternativ billigast både i inköp och i drift.

6.5 Respons på koncepten

När de tre kvarvarande koncepten var färdigställda så hade vi ett möte med de övriga inblandade i projektet. Representanter från produktion, beredning, maskininköp, el- och mekanisk konstruktion deltog för att alla inblandade skulle kunna komma med respons på koncepten innan den slutgiltiga elimineringen.

Då projektet involverar personal från många olika avdelningar så finns en bred kompetens som givetvis är bra att ta vara på. Mötet resulterade i att en klar majoritet förespråkade det turkosa konceptet där en industrirobot används. De största argumenten för en industrirobot var främst driftsäkerheten och flexibiliteten som en robot medför. Med en robot är det också möjligt att hålla nere priset och komplexiteten på konstruktionen. Trots detta genomförde vi en kesselringmatris för att undersöka de förutfattade antagandena.

6.6 Kesselringmatris

Den slutgiltiga elimineringen gjordes med hjälp av en kesselringmatris där varje kriterium tilldelades en vikt med hjälp av en parvis jämförelse. Vi bedömde sedan hur bra de tre koncepten uppfyllde kriterierna. Genom att multiplicera uppfyllandegraden med kriteriets vikt. Detta summerades sedan för varje koncept för att generera en poängsumma. Det koncepten med lägst poäng eliminerades och ett slutgiltigt koncept kvarstod.

| Parvisa jämförelser | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|----------|----------------|
| Kriterier | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | Σ | Σ_{rel} |
| (A) Livslängd | - | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 7.5 | 0.166667 |
| (B) Driftsäkerhet | 0.5 | - | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 7.5 | 0.166667 |
| (C) Ergonomi | 0.5 | 0.5 | - | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 7 | 0.155556 |
| (D) Intervall mellan skruvpåfyllning | 0 | 0 | 0.5 | - | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 | 4.5 | 0.1 |
| (E) Minimera smutstillförelse | 0 | 0 | 0 | 0.5 | - | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0.111111 |
| (F) Pris | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | - | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 | 4 | 0.088889 |
| (G) Antal komponenter | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.011111 |
| (H) Materialmängd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | - | 0 | 0 | 0.5 | 0.011111 |
| (I) Flexibilitet | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | - | 0.5 | 5 | 0.111111 |
| (J) Operatörens arbetsinsats | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | - | 3.5 | 0.077778 |

Figur 24: Parvisa jämförelser

Den parvisa jämförelsen användes för att generera vikterna till kesselringmatrisen (figur 24). Detta genomfördes genom att jämföra alla kriterium med varandra efter hur viktiga de anses vara. Ett kriterier som är mindre viktigt än jämförelsekriteriet tilldelades en nolla. För kriterier som ansågs vara lika viktiga tilldelades 0,5. Kriterier som ansågs viktigare än referensen markerades med en etta. Resultaten summerades sedan ihop och en procentsats räknades ut, detta kom sedan att användas som vikterna i kesselringmatrisen.

6 Konceptgenerering och eliminering

| Kesselryngsmatris | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------|------------|-----------|------|-----------|--------|----------|
| Kriterier | | | Alternativ | | | | | |
| | | | orange | | blå | | turkos | |
| Namn | w | v | t | v | t | v | t | |
| Ö1 | Livslängd | 0.166667 | 4 | 0.666667 | 5 | 0.833333 | 5 | 0.833333 |
| Ö2 | Driftsäkerhet | 0.166667 | 3 | 0.5 | 4 | 0.666667 | 4 | 0.666667 |
| Ö3, Ö4 | Ergonomi | 0.155556 | 2 | 0.311111 | 4 | 0.622222 | 3 | 0.466667 |
| Ö8 | Intervall mellan skruvpåfyllning | 0.1 | 5 | 0.5 | 5 | 0.5 | 5 | 0.5 |
| K | Minimera smutstillförsel | 0.111111 | 1 | 0.111111 | 4 | 0.444444 | 4 | 0.444444 |
| K | Pris | 0.088889 | 2 | 0.177778 | 2 | 0.177778 | 4 | 0.355556 |
| Ö7 | Antal komponenter | 0.011111 | 2 | 0.022222 | 2 | 0.022222 | 5 | 0.055556 |
| Ö6 | Materialmängd | 0.011111 | 2 | 0.022222 | 2 | 0.022222 | 5 | 0.055556 |
| Ö5 | Flexibilitet | 0.111111 | 1 | 0.111111 | 1 | 0.111111 | 4 | 0.444444 |
| | Operatörens arbetsinsatts | 0.077778 | 5 | 0.388889 | 5 | 0.388889 | 3 | 0.233333 |
| <i>T (Totalt viktat värde)</i> | | | 27 | 2.811111 | 34 | 3.788889 | 42 | 4.055556 |
| Medel | | | 2.7 | 0.281111 | 3.4 | 0.378889 | 4.2 | 0.405556 |
| Standardavvikelse | | | 1.24 | 0.192222 | 1.32 | 0.236444 | 0.64 | 0.184444 |
| Median | | | 2 | 0.244444 | 4 | 0.416667 | 4 | 0.444444 |
| Antal svaga punkter | | | 2 | 10 | 1 | 10 | 0 | 10 |
| Rangordning | | | | 3 | | 2 | | 1 |
| Beslut | | | | Eliminera | | Eliminera | | Behåll |

Figur 25: Kesselryngsmatris

Då den slutgiltiga elimineringen genomförts återstod det turkosa konceptet där en industrirobot används för både vändning av MBS-halvan och placering av skruv (figur 25).

7 Detaljkonstruktion

Under detaljkonstruktionsfasen ritades de nykonstruerade detaljerna i CAD. De egendesignade komponenterna tillsammans med befintliga delar och standardkomponenter lades sedan in i en sammanställning för hela robotcellen. För att säkerställa funktionaliteten gjordes hållfasthetsberäkningar och dynamiska simuleringar med hjälp av Autodesk Inventor.

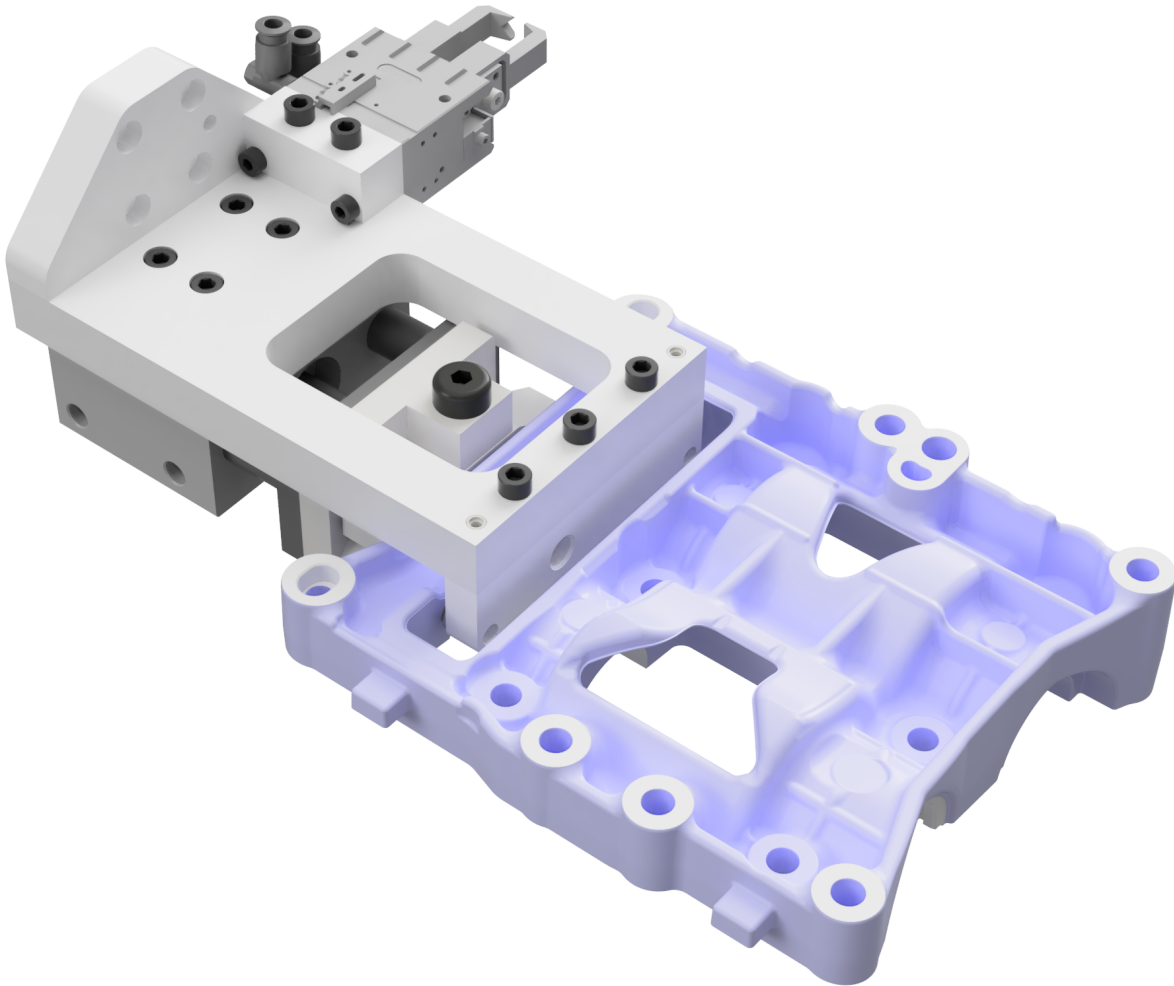
För att verifiera hur funktionaliteten och cykeltiden förändrades under projektets gång simulerades stationen i ABB RobotStudio. På så sätt hjälpte simuleringarna till att driva konstruktionsarbetet framåt och designrelaterade beslut kunde tas med simuleringarnas resultat som underlag.

Designarbetet var ett iterativt arbete där kontinuerliga modifieringar av komponenterna genomfördes för att åstadkomma ett fungerande system. Vi eftersträvade en konstruktion med logisk uppbyggnad som är lätt att underhålla och med ett så litet antal unika komponenter som möjligt.

För att kunna göra cellen så kompakt som möjligt bestämdes att vi skulle försöka ställa roboten mellan banorna. Genom att göra det räknade vi med att ombyggnationen skulle uppta samma yta som nuvarande manuellstation OP40 med robotens säkerhetszoner inkluderade.

Det beslutades också att den nuvarande manuella stationen skall flyttas till kurvan på bansystemet så att manuell montering kan genomföras under ombyggnationen och vid eventuella driftstörningar.

7.1 Robotgripare



Figur 26: Sammanställning av robotgriparen

Robotgriparens huvudsakliga uppgift är att gripa skruv och vända den övre MBS-halvan (figur 26). En mindre uppenbar uppgift som griparen ska kunna utföra är att användas för att kalibrera robotens koordinatsystem.

Då beslutet togs att ställa roboten på insidan av bansystemet blev det uppenbart att den största roboten vi kan få plats med är en ABB IRB140T [9]. Valet av robot kom att påverka utformningen av robotgriparen markant då denna har en begränsad lyftkapacitet på 6 kg längst inne vid robotens axel 6, se bilaga 4. Detta påverkade både utformning av griparen och valet av material.

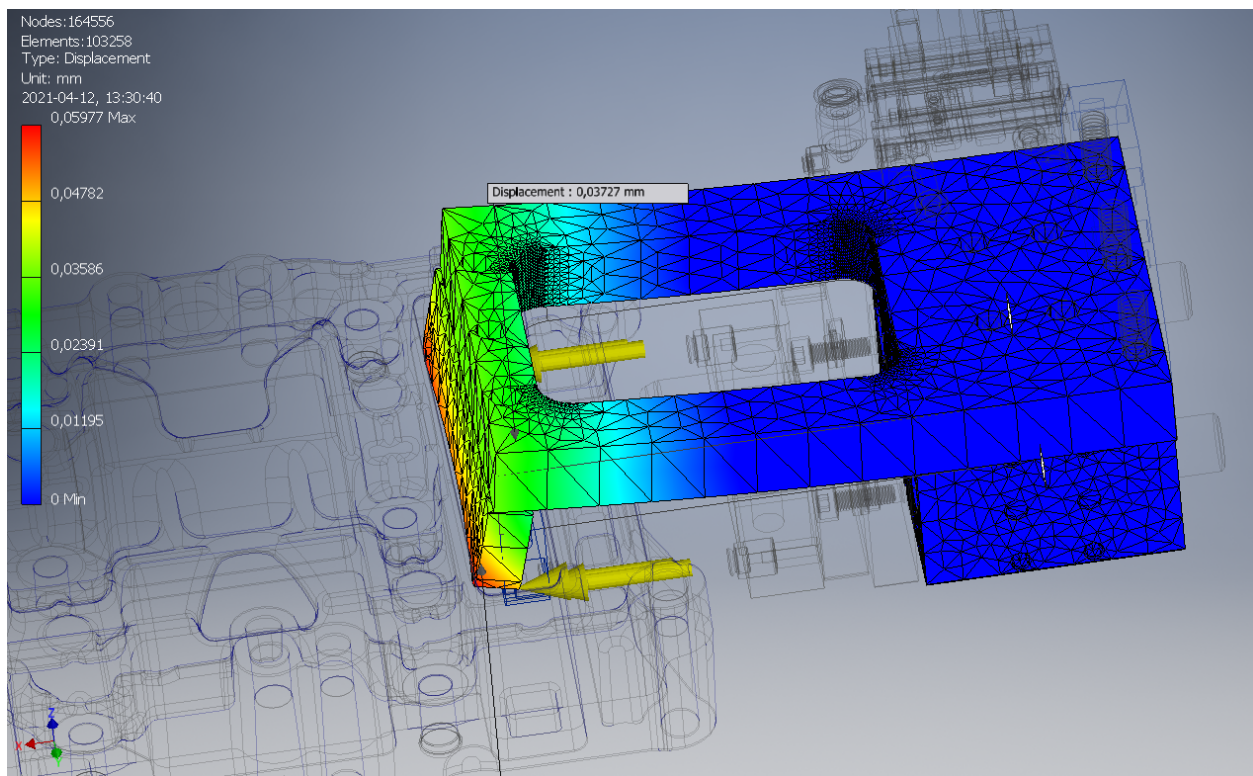
Vi utgick från geometrin på griparen som används i OP71, men på grund av viktbegränsningarna på roboten så kunde bara två komponenter från den ursprungliga griparen användas.

För att klara viktbegränsningen så konstruerades griparens chassi av aluminium 7075-t6 istället för stål. Detta är en höghållfast legering som har mycket hög sträck-, brott- och utmattningsgräns för att vara en aluminiumlegering [6]. Detta är givetvis att föredra då vi har en cyklisk belastning på griparen och det blir stora konsekvenser så som dyra produktionsstopp om chassit i griparen skulle gå sönder.

En mindre luftcylinder[10], än i OP71 måste användas för att klara viktkraven. Detta medförde att klämkraften minskade från 400 N till 245 N vid fabriken standardiserade lufttryck på 5 bar. För att verifiera att detta håller genomfördes ett fysiskt test på griparen i OP71. Det konstaterades att klämkraften var tillräcklig för ändamålet och om problem uppstår så skall en tryckstegrare monteras för att på så sätt erhålla 400 N.

Skruvgriparen är en Schunk MPG-plus 50 [12], som redan används för att plocka samma typ av skruv i en annan robotcell i fabriken med gott resultat. Genom att använda komponenter som redan är reservdelsförda i fabriken reservdelsförråd så minskar kostnaderna för lagerföring.

7.1.1 Dimensioneringen av robotgripare



Figur 27: Utböjning av robotgriparens chassi vid 245 N klämkraft

Det som styrde dimensioneringen av robotgriparen var paketeringen och funktionen, men också viktbegränsningarna på roboten. Utmattningstidslängd och utböjningen var de materialrelaterade egenskaper som vi fokuserade mest på. Med hjälp av ett iterativt designarbete i CAD och verifiering av hållfastheten med hjälp av hållfasthetsberäkningar växte den slutgiltiga designen fram.

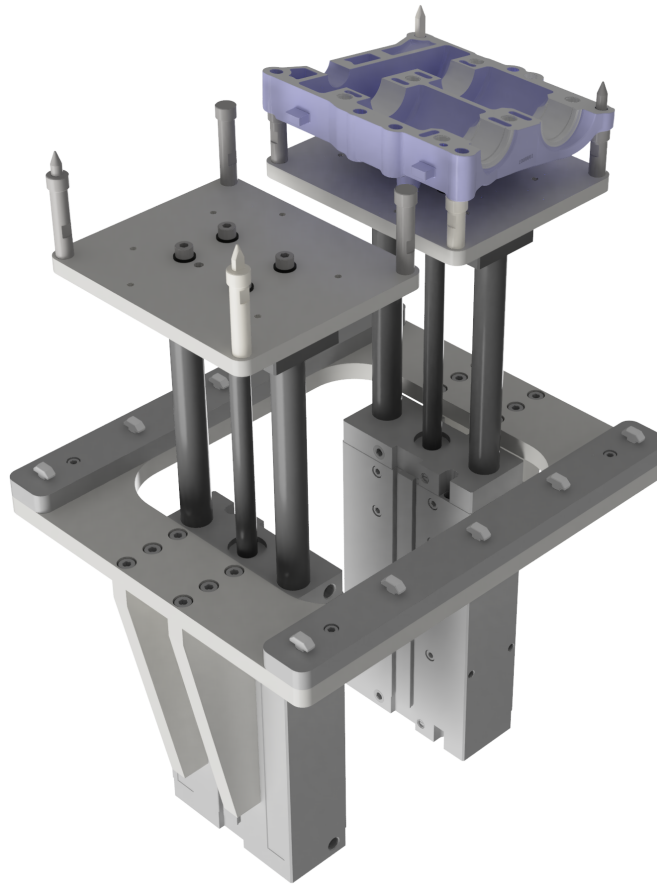
Det framgick tidigt att det inte var hållfastheten som begränsade oss men beslutet togs att bygga chassit så robust som möjligt med de begränsningar som fanns för att minimera utböjningen och på så sätt få en bättre precision på gripdonet.

Dimensioneringen av robotgriparens chassi gjordes med hjälp av FEM-beräkningar i Autodesk Inventor Professional 2019. Vi fokuserade främst på utböjningen av chassit vid 400 N statisk klämkraft. Luftcylinderns axelbussningar låstes fast då lasten applicerades i hålen för mothållets anläggningsklackar. För att få ett så realistiskt resultat som möjligt användes en konvergerande beräkning där elementen i analysen gradvis minskar i storlek tills ett resultat har en felmarginal på under 10 procent.

Den slutgiltiga designen har en utböjning på 0,085 mm och en maximal effektivspänning på 2,09 MPa vid 400 N, som är den nuvarande klämkraften i griparen i OP71. Vid normal drift är tanken att hålla en klämkraft på 245 N och motsvarande värden blir då 0,06 mm och 1,28 MPa, se figur 27 samt bilaga 5.

Den slutgiltiga griparen inklusive övre MBS-halva fick en massa på 4950 g och masscentrum 116 mm från robotens spindelnos. Detta uppfyller lastbegränsningarna från ABB, se bilaga 4.

7.2 MBS-lyft

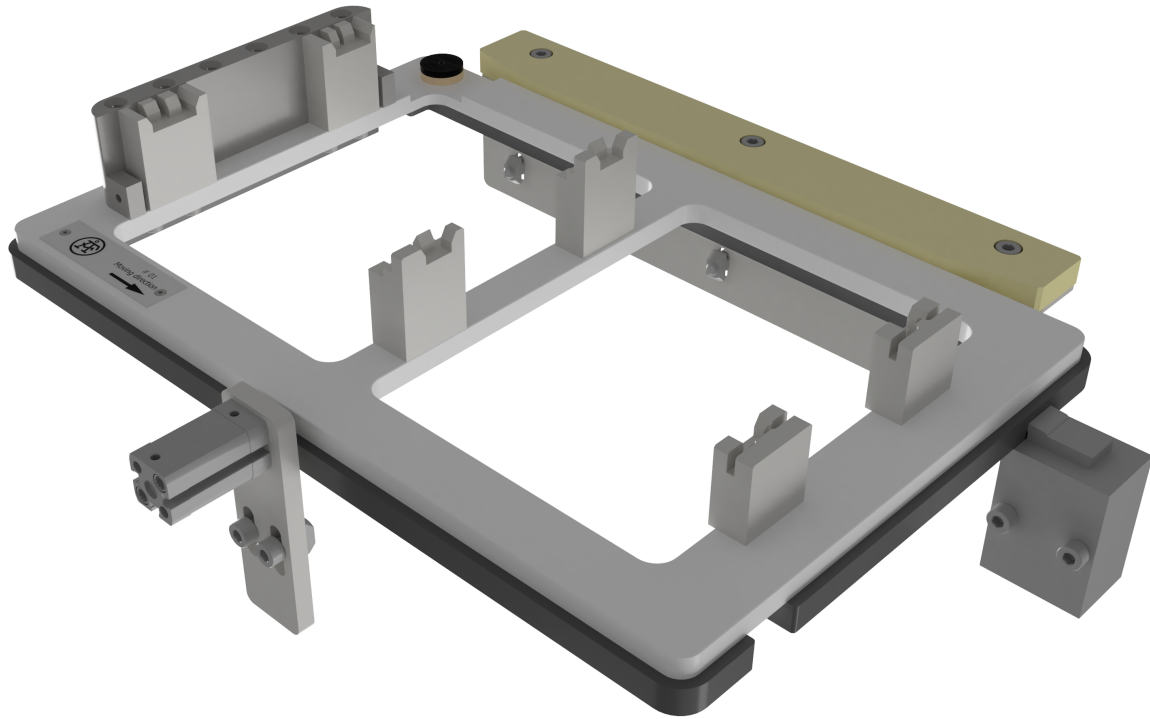


Figur 28: Sammanställning av MBS-lyften

MBS-lyftens funktion är dels att positionera MBS-halvorna med hög noggrannhet för att roboten ska ha exakta positioner för hämtning och lämning och dels säkerställa att roboten kommer åt att greppa om den övre MBS-halvan. För att åstadkomma detta använder vi två indexeringsplattor som redan används i MBS-produktionslinjen. Varje indexeringsplatta är utrustad med fyra indextappar, varav två används för att styra upp MBS-halvorna, se figur 28.

För att minimera komplexiteten och antalet komponenter utgick vi från två cylindrar med inbyggda linjärlagringar [10]. Fördelen med dessa är att de är så pass stabila att vi inte behöver någon mer linjärstyrning. Chassit till MBS-lyften byggdes robust med en stabil ram av stål för att vara stabilt och klara av att roboten kraschar in i den utan att gå sönder.

7.3 Palettindexering



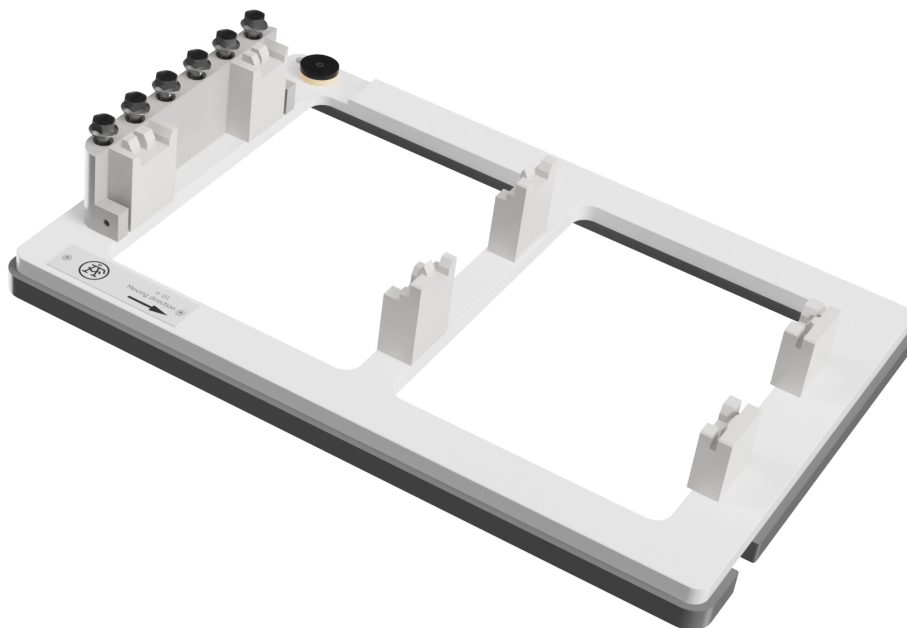
Figur 29: Sammanställning av palettindexeringen

Palettindexeringens funktion är att positionera paletten med så bra repeterbarhet att roboten alltid kan greppa skruven som åker med på paletterna. Utöver detta skall palettindexeringen säkerställa att indexeringspinnarna på lyften träffar MBS-halvorna korrekt.

Vi löste detta genom att använda ett pneumatiskt banstopp av samma typ som redan används på bansystemet i MBS-produktionslinjen. Detta kompletterades med en luftcylinder [11] som skjuter paletten åt sidan mot ett mothåll, se figur 29.

Materialvalet för anhållet och tryckaren på cylindern gjordes med hjälp av boken Plaster [7, s. 113-114]. Målet var att hitta en plast med god formstabilitet och nöttningsresistens. Låg friktion och goda maskinbearbetningsegenskaper eftersträvades också. Materialet som stämde bäst in på vår materialprofil var acetalplast (POM).

7.4 Uppdatering av paletter

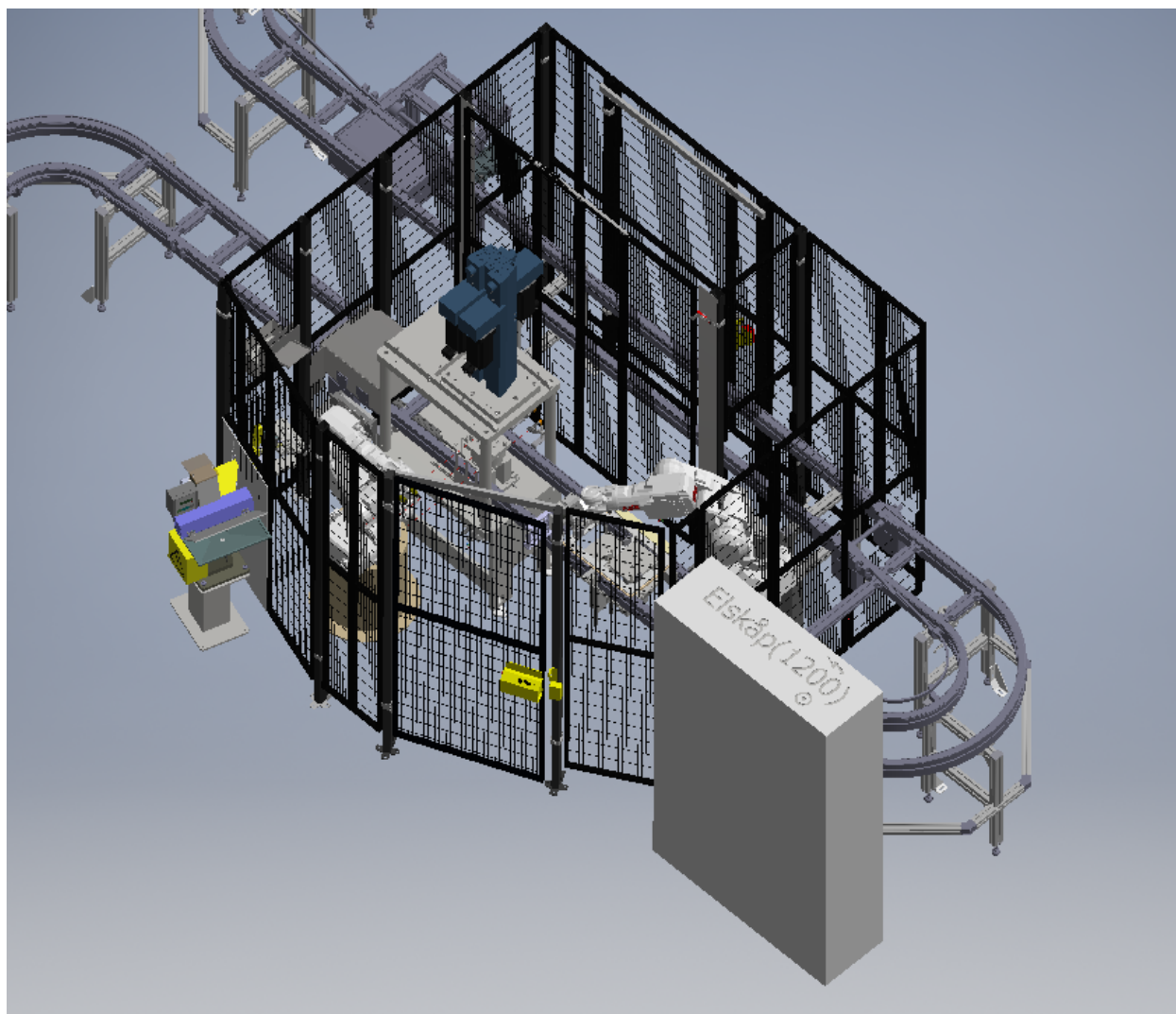


Figur 30: Palett med skruvhållare

För att möjliggöra transport av skruv på paletterna så modifierades dessa med en skruvhållare i bakkant på paletten vilket visas i figur 30. Denna är försedd med justerskruvar för att kunna ställa in samtliga paletter efter robotens positioner. Hålen för skruvarna har dräneringshål då paletten går igenom en tvättmaskin.

Detta genomfördes av personal i produktion men då detta är en kritisk del i projektet så hade vi från UH-konstruktion en dialog med dem under konstruktionsfasen.

7.5 Sammanställning av robotcellen



Figur 31: Sammanställning av robotcellen

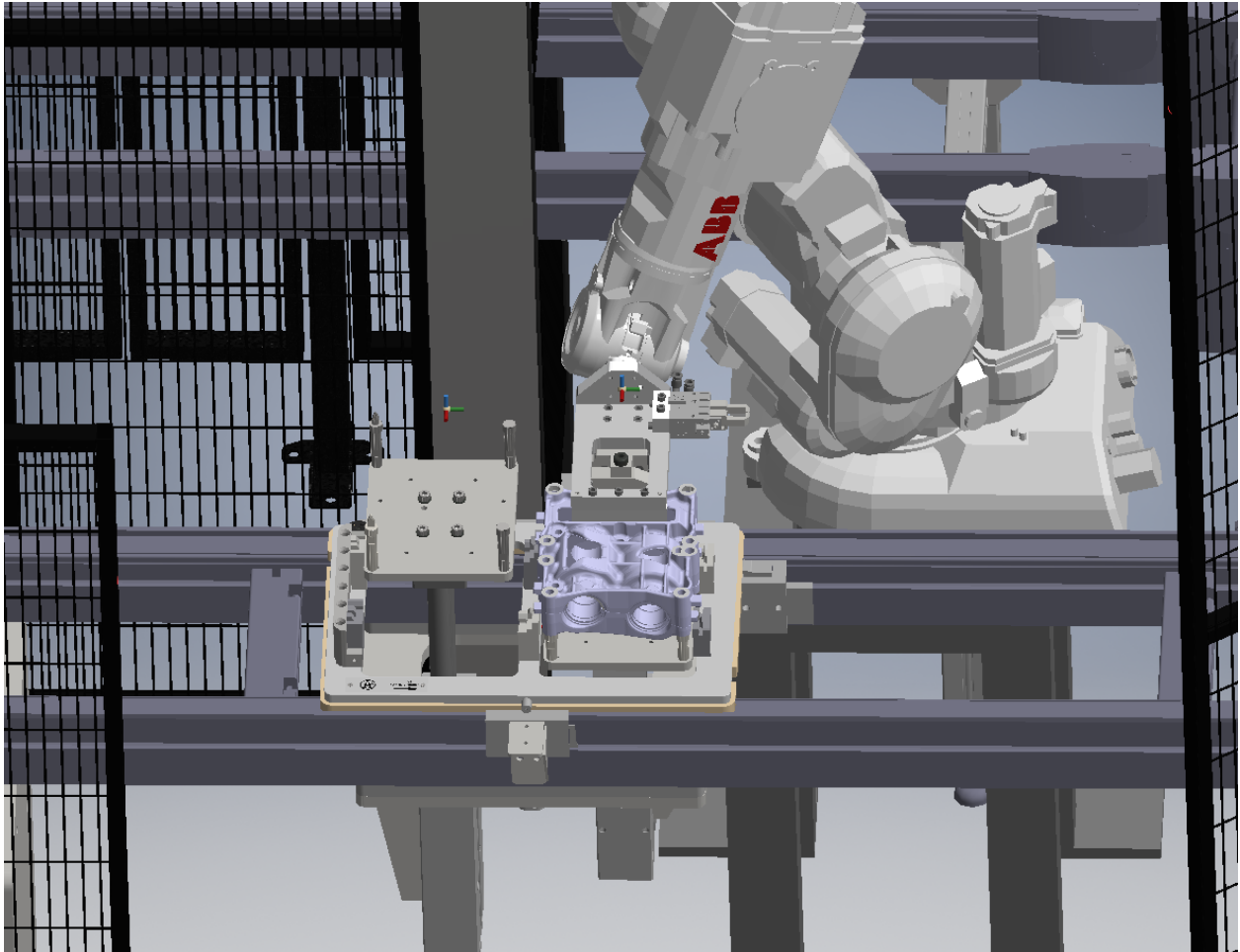
En sammanställning gjordes av delsystemen och den nuvarande robotcellen OP30, se figur 31. Denna användes sedan som simuleringsunderlag och som bas för den nya layouten då stationerna kommer att använda sig av samma staket.

Staketet placeras ut med hänsyn till robotens simulerade bromssträcka och SafeMove zoner detta innebär att den ska hinna stanna innan kollision med staketet då den kör med topphastighet och kommer utanför sitt normala arbetsområde. För att säkerställa en hög säkerhet får inga rörliga delar i robotcellen kunna komma närmare staketets banöppningar än 800 mm för att minimera risken att fastna eller klämma sig. Av samma anledning monteras en dörr med säkerhetslås som kan låsas med hänglås då arbete ska utföras i cellen för att på så sätt hindra att maskinen startas.

VERKSTADSHANDBOKEN [8] och RITTEKNIK FAKTABOK [5] användes som stöd under ritningsframställningen. Slutligen laddas underlaget upp i VEDOC för att uppdatera layouten för fabriken. Powertrain Engineering Sweden AB har CAD-underlag på alla nyare produktionslinjer i fabriken vilket givetvis är en stor fördel när man genomför ombyggnationer då man därmed har ett komplett underlag att utgå ifrån.

Sammanställningsritningarna för robotgriparen, MBS-lyften och palettindexeringen kan studeras i bilaga 6 och komponentlistorna i bilaga 7.

7.5.1 Verifiering av funktionalitet



Figur 32: ABB IRB 140T i position för att lämna övre MBS-halva

Sammanställningen av robotcellen kom att användas som simuleringsunderlag i ABB RobotStudio. Med hjälp av dessa simuleringar kunde vi bland annat säkerställa att inga kollisioner inträffar under drift och att cykeltiden kan hållas. I figur 32 är roboten positionerad för att lämna den övre MBS-halvan.

Modifikationer av griparen och MBS-lyften gjordes med simuleringarnas resultat som beslutsunderlag. Bland annat resulterade detta i att klämcyllindern flyttades fram för att den inte skulle ta i roboten vid stora vinklar på axel 5, se bilaga 3.

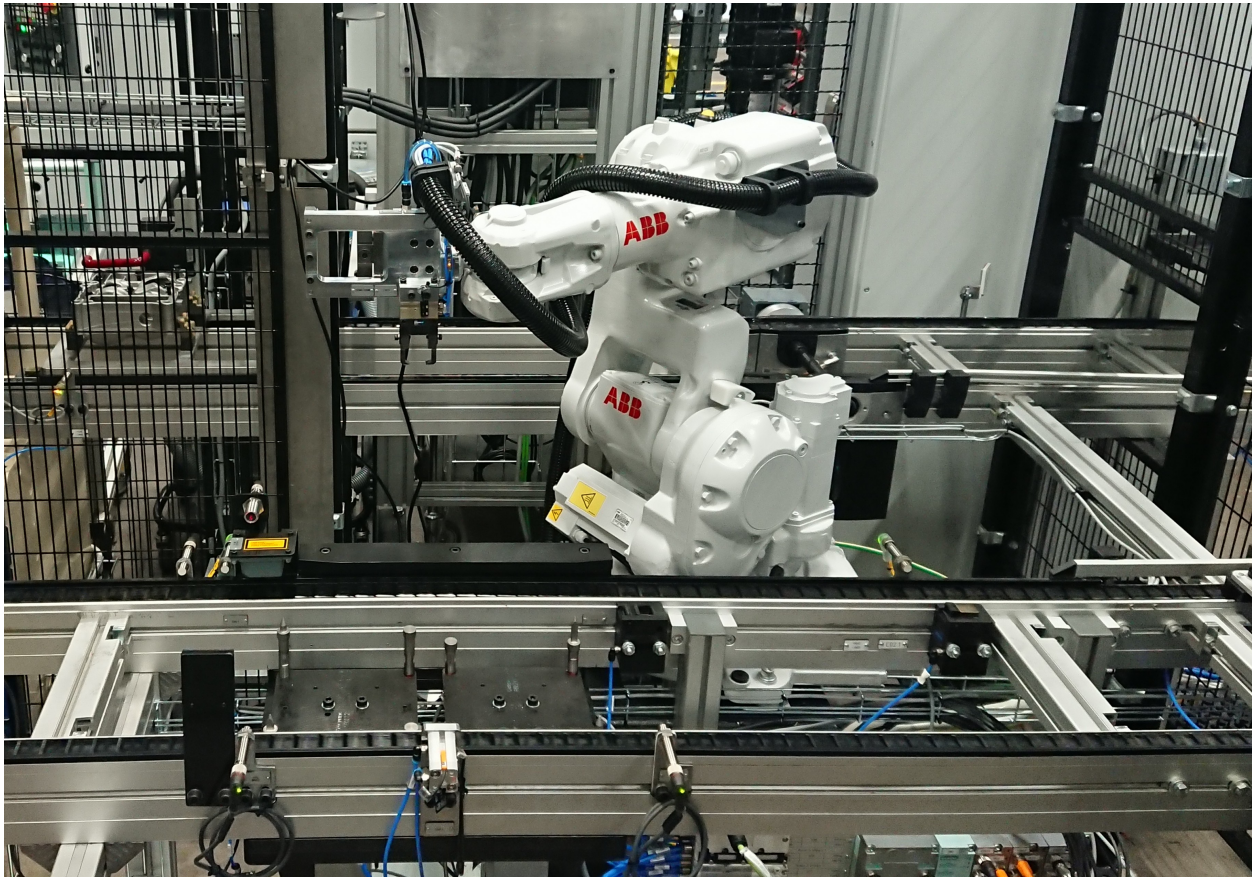
Cykeltiden för operationen beräknades till 33 sekunder för vändning och skruvplacering. Detta innebär i praktiken att stationen kommer att klara av att hålla samma produktionshastigheter som resten av produktionslinjen.



Figur 33: Test av klämkraft

Utöver simuleringar så utfördes fysiska tester av klämkraft med hjälp av griparen i OP71 som har samma grepppunkter som vår konstruktion. Tester med den nuvarande klämkraften på 400 N jämfördes med vår tänkta klämkraft på 245 N genom att sänka arbetstrycket, se figur 33. Testet blev lyckat och vi konstaterade att MBS-huset satt stadigt i roboten även med dessa förutsättningar.

8 Resultat



Figur 34: Robotcell under uppbyggnad

Det slutgiltiga resultatet är ett komplett ritningsunderlag, 3D-underlag och beställningsunderlag till den mekaniska konstruktionen av robotcellen.

Powertrain Engineering Sweden AB är nöjda med resultatet och ombyggnationen har inletts, se figur 34. Vi är givetvis mycket glada över att vi har fått ta ett så stort ansvar och att våra konstruktioner kommer att användas!

9 Reflektion

9.1 Reflektioner kring genomförbarhet

Avsikten har hela tiden varit att projektet skall genomföras. Under konstruktionsarbetet fokuserade vi på att konstruera en lättbyggd konstruktion som till största del kan byggas i den mekaniska verkstaden som finns på Powertrain Engineering Sweden AB. Vi försökte i stor utsträckning att använda oss av beprövade komponenter som redan används i liknande robotceller på företaget för att på så sätt underlätta både byggandet och underhållet av stationen.

9.2 Vidareutveckling

Utöver den mekaniska konstruktionen som vi har genomfört så kvarstår arbete med att ta fram resterande underlag som krävs för att bygga och ta stationen i drift. Detta innefattar bland annat pneumatikritningar, elritningar, PLC-program samt inköpsunderlag för elkomponenter.

När väl stationen är byggd så börjar arbetet med drifttagningen. Kalibreringskörning och duglighetskörningar kommer att genomföras innan upptaktningen genomförs för att komma ned i samma cykeltid som resterande produktionslina. Man kan mycket väl stöta på problem som måste lösas under inkörningsperioden.

Delsystemet med störst utvecklingspotential är skruvtillförseln. Vår konstruktion resulterade i att det manuella arbetet flyttades till en station med mindre beläggning. Men om man i framtiden ser ett behov av att ta bort skruvdoseringen i avsyningsstationen så skulle installation av en skruvmatare vara en naturlig vidareutveckling om ekonomiska resurser finns.

Indexeringen av paletten är ett annat delsystem som skulle vara aktuellt att rikta fokus på vid vidareutveckling. På grund av tidsåtgången för utvecklingen av övriga delsystem så togs beslutet att använda ett banstopp av samma typ som redan används i MBS-produktionslinje. Banstoppet stoppar paletten mot dess plastkant. Det finns en viss osäkerhet kring hur plastkanten kommer att slitas över tid och hur detta kommer att påverka repeterbarheten på positioneringen av paletten. Detta kan resultera i svårigheter för robotgriparen att greppa skruven.

10 Slutsatser

Syftet med examensarbetet var att leverera det mekaniska konstruktionsunderlaget för automatiseringen av OP40 i MBS-produktionslinjen. Vi har lyckats leverera CAD-filer, komponentlistor, ritningsunderlag och komplett beställningsunderlag för att konvertera den manuella stationen till en robotcell. Denna är simulerad i ABB RobotStudio för att verifiera funktionalitet och cykeltid.

De krav som Powertrain Engineering Sweden AB hade på projektet är uppfyllda och underlaget har skickats till produktion med målet att bygga klart stationen under sommaren 2021. När projektet är färdigställt kommer ombyggnaden att resultera i att personalen kommer att kunna reduceras med en operatör per skift samtidigt som ergonomin förbättras då ett monotont arbetsmoment försvinner.

Projektet har varit mycket utvecklande för oss då vi har fått en inblick i hur projekt i stora företag fungerar samtidigt som vi har fått tillämpa det vi lärt oss på Chalmers. Vi har fått arbeta tillsammans med personal från många olika avdelningar och med stor variation i kompetensområden, vilket har varit mycket spännande och lärorikt.

Referenser

- [1] Volvo Lastvagnar, *F-fabriken i Skövde 40 år*", Hämtad 2021-05-28 från: <https://www.volvogroup.com/se/news-and-media/news/2016/feb/f-fabriken-i-skovde-40-ar.html>
- [2] Volvo personvagnar, *"Volvos motorfabrik i Skövde - en pigg 100-åring"*, Hämtad 2021-05-28 från: <https://www.media.volvocars.com/se/sv-se/media/pressreleases/12362>
- [3] Gustafsson, G *"PPU196-TME271 Fö2. Konceptgenerering 2020"*, Hämtad 2021-05-17 från: https://chalmers.instructure.com/courses/9898/files/481460?module_item_id=72869
- [4] Gustafsson, G *"PPU196-TME271 Fö3. Konceptutvärdering 2020"*, Hämtad 2021-05-17 från: https://chalmers.instructure.com/courses/9898/files/504402?module_item_id=75920
- [5] Lilja, Olsson, Wickström, *RITTEKNIK FAKTABOK*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2010
- [6] ALCOA, *"7075 plate and sheet"*, Hämtad 2021-05-28 från: https://www.protolabs.com/media/1014719/7075_t651.pdf
- [7] C. Klason, J. Kubát, A. Boldizar, M. Rigdahl, *Plaster*, ISBN: 978-91-47-02063-8, Stockholm: Liber, 2002
- [8] N-O. Eriksson, B. Karlsson, *VERKSTADSHANDBOKEN*, ISBN: 978-91-47-08533-0, Stockholm: Liber, 2011
- [9] ABB, *"IRB 140, M2004, Product specification"*, Hämtad 2021-05-17 från: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC041346-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [10] FESTO *Guided drivers DFM/DFM-B"*, Hämtad 2021-05-17 från: https://www.festo.com/cat/sv_se/data/doc_engb/PDF/EN/DFM_EN.PDF
- [11] FESTO, *"Compact cylinders ADN/AEN to ISO 21287"*, Hämtad 2021-05-17 från: https://www.festo.com/cat/sv_se/data/doc_engb/PDF/EN/ADN_EN.PDF
- [12] Schunk, *Product Information Gripper for small components MPG-plus 50"*. Hämtad 2021-05-17 från: <https://schunk.com/fileadmin/pim/docs/IM0020085.PDF>

Bilagor

A Bilaga 1: Kravspecifikation

| Övergripande kravspecifikation | | | | | | |
|--------------------------------|---|---|-----|--|-------------------------------|--|
| Nr | Kriterium | Målvärde | (Ö) | Verifieringsmetod | Intressent | Varför? |
| 1 | Budget. | Återbetalningstid på under 1 år. | K | Pris på komponenter, utveckling och installationskostnad. | PES ekonomiavdelning. | Budgeterat belopp är de resurser vi har att tillgå för ombyggnationen. |
| 2 | CE godkänd. | Godkänd CE-märkning. | K | Besiktning av konstruktion. | Arbetsmiljöverket. | Krav från PES/arbetsmiljöverket. |
| 3 | Cykeltid. | < 40 s. | K | Cykeltidssimuleringar . | Produktion. | Uppnä önskad taktid i produktionssystemet. |
| 4 | Livslängd. | 10 år. | Ö1 | Utmattningsanalyser och underleverantörers specifikationer. | Uppdragsgivare. | Stationen skall vara i drift hela produktionssystemets livslängd. |
| 5 | Driftsäkerhet. | PES krav på anläggningsutnyttjande. | Ö2 | Underleverantörers specifikationer, TAK på liknande stationer. | UH service, Uppdragsgivare. | För att minimera underhållsrelaterade kostnader och produktionsstörningar. |
| 6 | Tunga lyft. | Uppfylla PES standard för ergonomi. | Ö3 | Volvos standard för ergonomi. | Produktion/Arbetsmiljöverket. | Förbättra ergonomin för operatörerna. |
| 7 | Buller. | Uppfylla PES standard för ergonomi. | Ö4 | Volvos standard för ergonomi. | Produktion/Arbetsmiljöverket. | Förbättra ergonomin för operatörerna. |
| 8 | Maskinen skall få plats på angiven yta. | Enligt maskinlayout från uppdragsgivaren. | K | CAD modeller och ritningsunderlag. | Uppdragsgivare/produktion. | Det är begränsat med plats i fabriken och därför måste tilltänkta ytan användas. |
| 9 | Flexibilitet. | Möjlighet omställning. | Ö5 | Uppskattning av arbetsinsats vid förändring av MBS-design. | UH/produktion. | För att underlätta omställning produktgenerationer. |
| 10 | Materialmängd. | Mindre material = bättre. | Ö6 | CAD sammanställningar. | UH. | Underlätta installation och minska kostnader. |
| 11 | Antal komponenter. | Så få komponenter som möjligt. | Ö7 | CAD sammanställningar | UH. | Minimera komplexitet och underlätta underhåll. |
| 12 | Säker reservdelstillgång. | 10 års reservdelstillgång. | K | Dialog med underleverantörer och legotillverkare. | UH service. | För att säkerställa att processen kan hållas igång en lång tid framöver. |
| Vändning av MBS-halvor | | | | | | |
| 13 | Säkerställa korrekt placering av balansaxelhus. | ± 0,5 mm. | K | Ritningsunderlag på balansaxelhus. | Produktion/Kvalite. | Säkerställa korrekt montering. |
| 14 | Minimera risken för skador på MBS | Enligt PES toleranser för kläm och tryck. | K | Dialog med produktionsteknik. | Produktion/Kvalite. | Minimera ombearbetning och kassation. |
| Skruvdosering | | | | | | |
| 15 | Säkerställa korrekt placering av skruv. | 6 st skruvar korrekt placerade i hålen. | K | Station 50 verifierar antalet skruv och att de har placerats rätt. | Produktion/Kvalite. | Undvika ombearbetning på grund av felaktigt antal skruv. |
| 16 | Minimera gångskador i MBS huset. | PES krav på kvalitetsutfall. | K | Analys av FTT utfall på liknande stationer. | Kvalite. | Undvika kassation/ombearbetning på grund av skadade gängor. |
| 17 | Intervall mellan skruvpåfyllning. | 8 h. | Ö8 | Volym i mataren i kombination med skruvåtgång i stationen. | Produktion/Kvalite. | Minska tillfällena som operatören behöver ladda maskinen. |
| 18 | Minimera smutstillförel. | PES krav på kvalitetsutfall. | K | Analys av FTT utfall på liknande stationer. | Produktion/Kvalite. | Smuts kan leda till en defekt på färdig produkt. |
| 19 | Tillgodose skruvbehovet. | Kapacitet på minst 540 skruv/h. | K | Underleverantörens produkt specifikation. | Produktion/kvalite. | Skruvmatningen ska inte vara en flaskhals i stationen. |

B Bilaga 2: Morfologiska matriser

| BLÅ | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Grön | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Gul | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Orange | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Svart | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Grå | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Lila | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Brun | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatore | Stegmatore | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumpgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlyft | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshåll |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

Referenser

| Rosa | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatare | Stegmatare | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumbgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlift | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshål |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Lime | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatare | Stegmatare | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumbgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlift | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshål |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

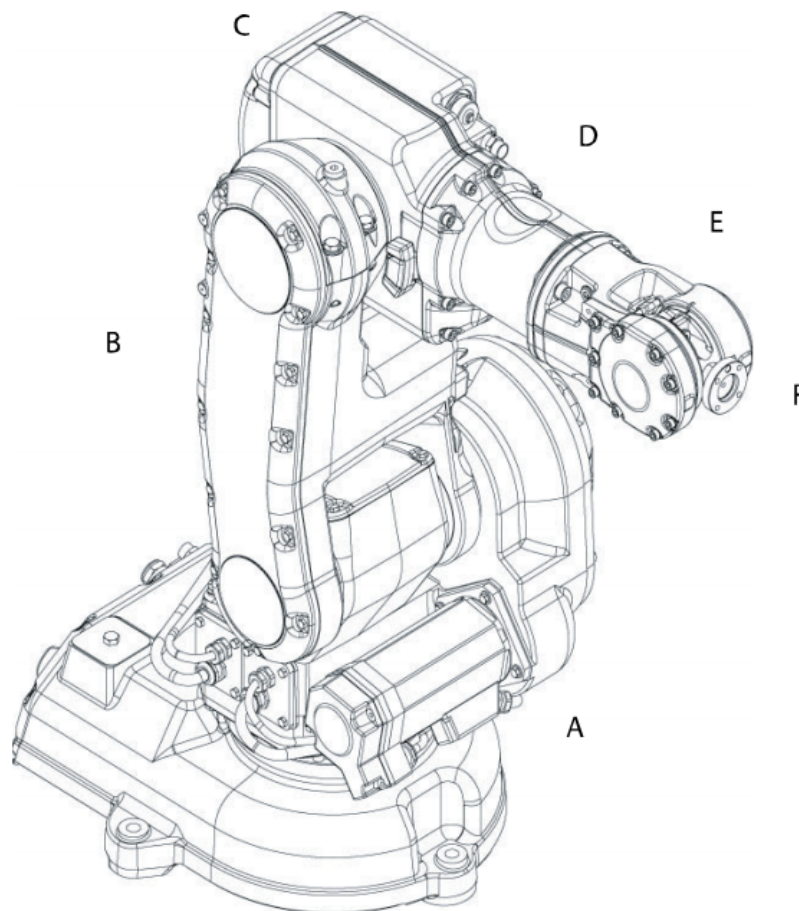
| Marinblå | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatare | Stegmatare | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumbgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlift | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshål |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Turkos | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatare | Stegmatare | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumbgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlift | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshål |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

| Röd | | Dellösningar | | |
|----------------------|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Delfunktioner | | 1 | 2 | 3 |
| Skruvmatning | A | Trummatare | Stegmatare | Manuellt |
| Skruvdosering | B | Doseringslist | Hållare på paletter | Slangblåsning |
| Skruvtransportering | C | Slangblåsning | Plocka & placera | Robot |
| Skruvgripning | D | Fingergripare | Magnetgripare | Vakuumbgripare |
| Indexering av MBS | E | Pneumatisk lyft | Servodrivnen lyft | |
| Indexering av palett | F | Palettlift | Banstopp | Anhåll |
| Grippunkter på MBS | G | Lagergångar | Klackar | Drivningshål |
| Vändning | H | Pneumatisk | Servodrivnen | Robot |

C Bilaga 3: ABB IRB 140T benämning av axlar

Manipulator axes



xx100000859

| Position | Description | Position | Description |
|----------|-------------|----------|-------------|
| A | Axis 1 | B | Axis 2 |
| C | Axis 3 | D | Axis 4 |
| E | Axis 5 | F | Axis 6 |

D Bilaga 4: ABB IRB 140T maximal last

IRB 140-6/0.8

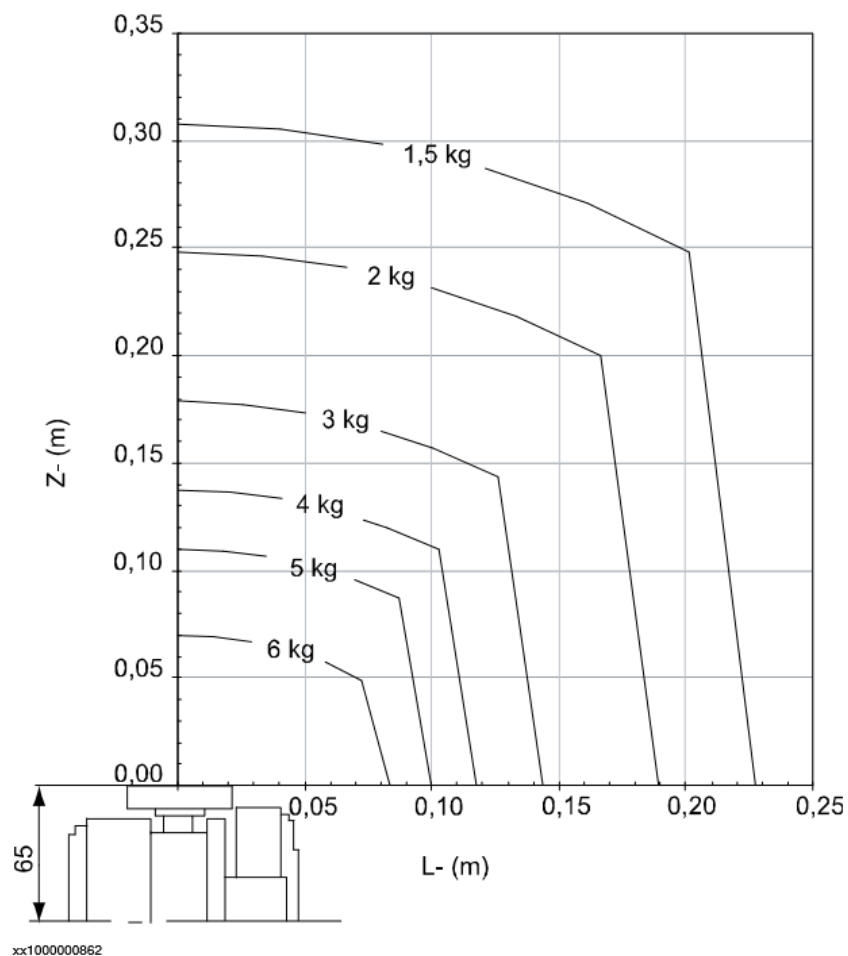
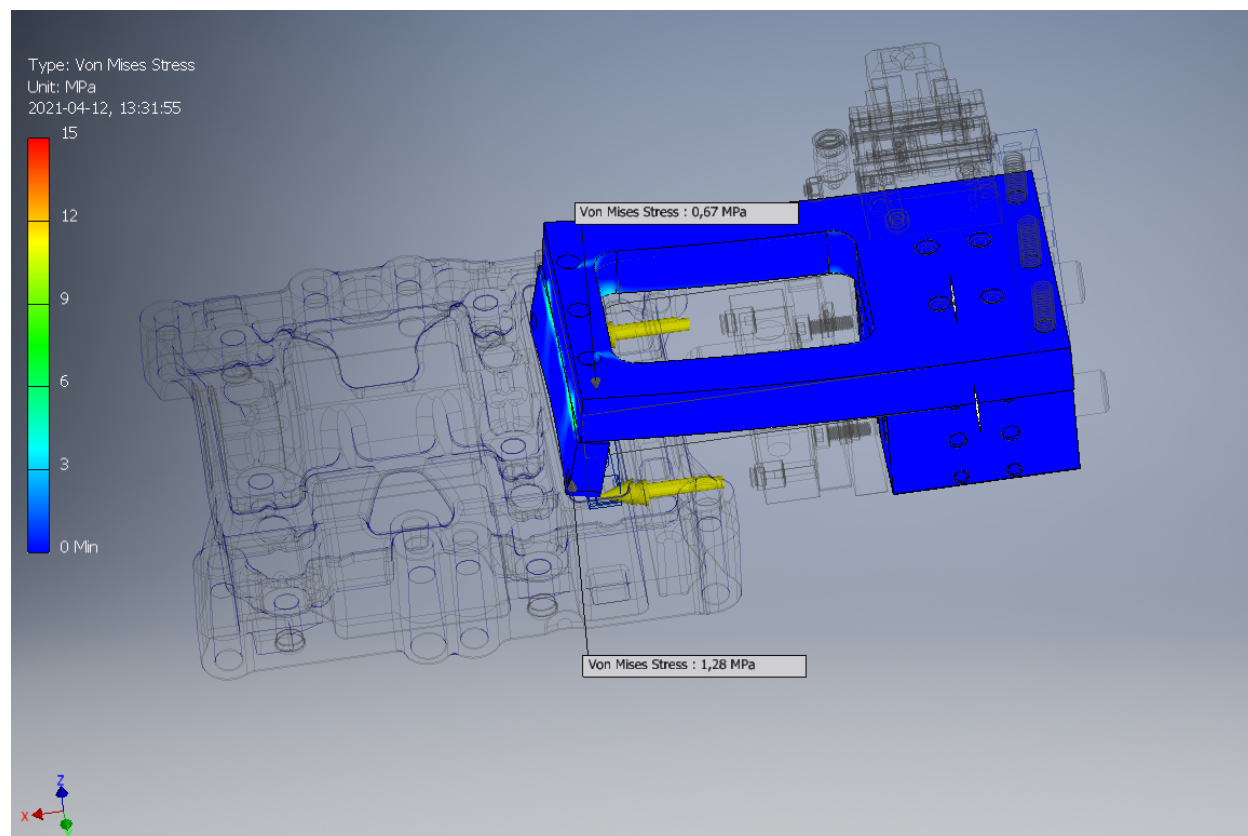
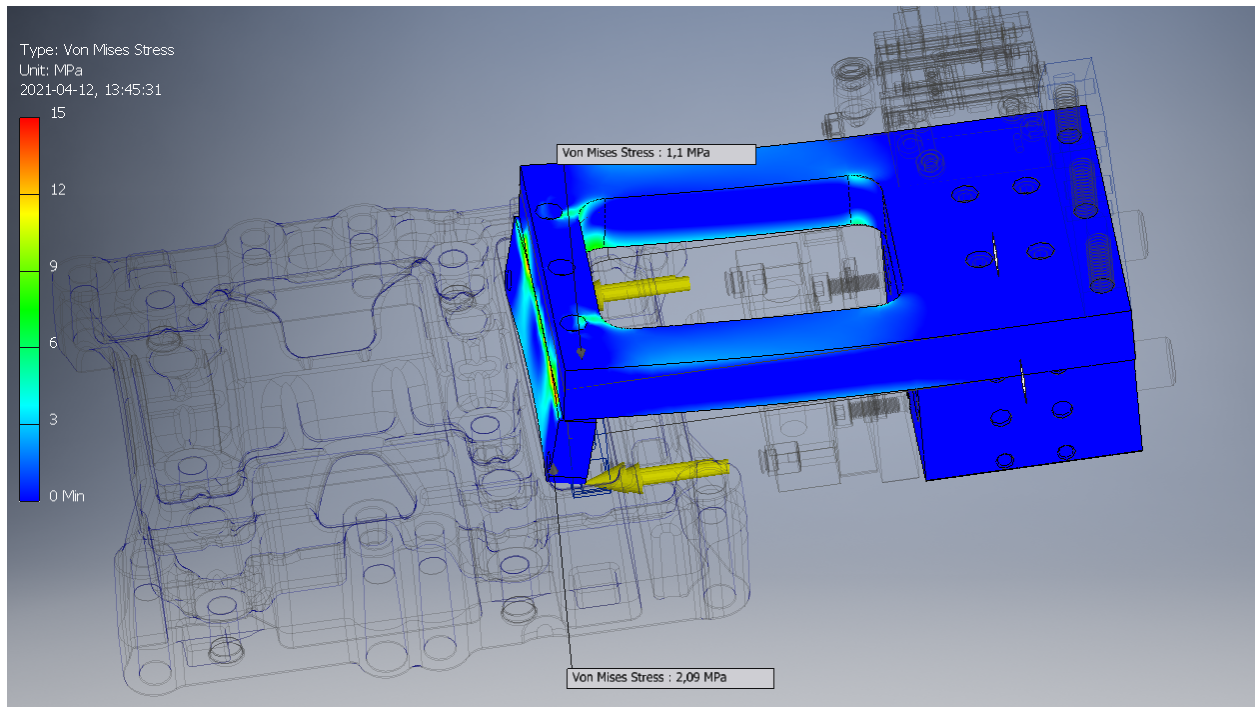


Diagram för att beräkna maximal last och hävarm för ABB IRB 140T. Maximal tillåten last för roboten beror på avståndet till lastens masscentrum. Diagrammets Z-axel anger masscentrumets avstånd axiellt till robotfästet medan L-axeln anger det radiella avståndet. Kurvorna anger maxlasten vid aktuell hävarm.

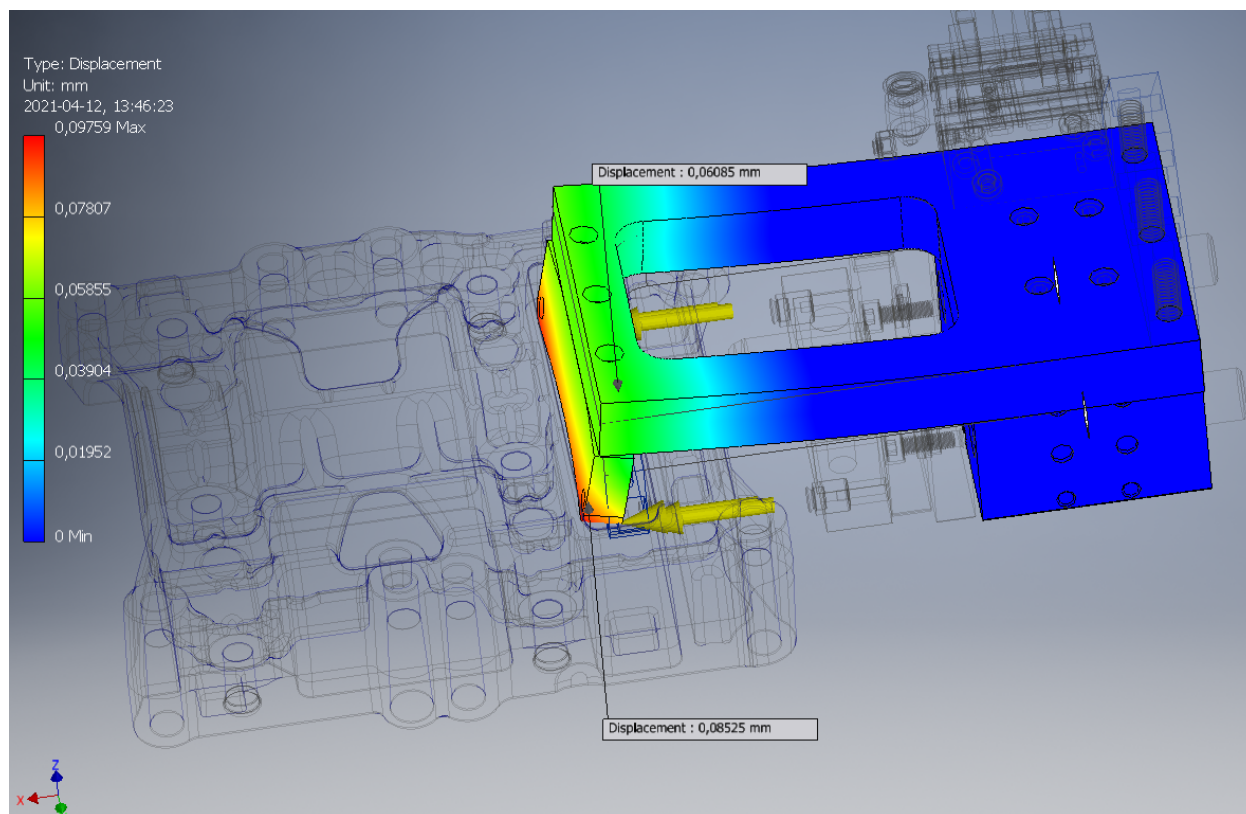
E Bilaga 5: Hållfasthetsanalyser



Effektivspänning 245 N

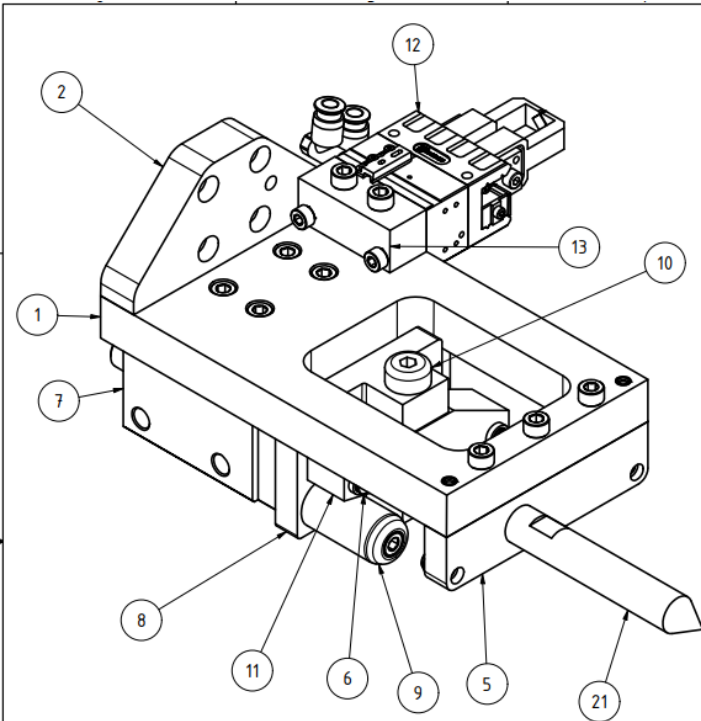


Effektivspänning 400 N



Utböjning 400 N

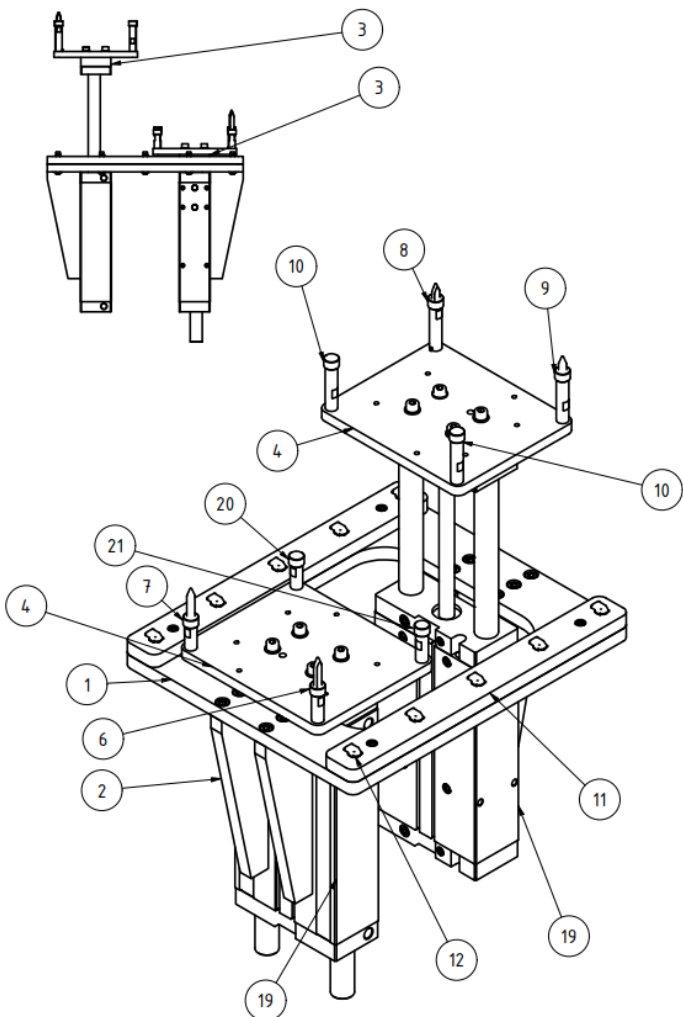
F Bilaga 6: Sammanställningsritningar



| 21 | 1 | W-895950-06 | Kalibreringspinne robot | | |
|-----|-----|--------------------------|-------------------------|----------|----------|
| 20 | 2 | M5x35 | | | |
| 19 | 4 | M6x16 | | | |
| 18 | 3 | M8x30 | | | |
| 17 | 4 | M6x30 | | | |
| 16 | 5 | M6x35 | | | |
| 15 | 1 | M6x45 | | | |
| 14 | 2 | 150927 ZBH-9 | ZBH-centring sleeve | | FESTO |
| 13 | 1 | W-895950-05 | Fäste Schunk | | |
| 12 | 1 | Schunk MPG-plus 50 | Gripare skruv | | ea |
| 11 | 1 | 1264-1596 | Arm | | |
| 10 | 1 | ISO 7379 - 12 x 40 x M10 | Sexkanthåls ansatsskruv | | |
| 9 | 1 | 1264-1462 | Hylsa | | |
| 8 | 1 | W-895950-04 | Fäste för pivotarm | | |
| 7 | 1 | 170848 | Cylinder | | FESTO |
| | | DFM-25-25-P-A-GF---(0) | | | |
| 6 | 4 | 02002-504X0120 | Pendelstöd | | Norelem |
| 5 | 1 | W-895950-03 | Anhåll | | |
| 4 | 1 | ea038364 | Styrning | | ea |
| 3 | 4 | ISO 8735 - 6 x 30 - A | Parallelsprint | | |
| 2 | 1 | W-895950-02 | Robotfäste | | |
| 1 | 1 | W-895950-01 | Chassiplattform | | |
| Pos | Qty | Part no | Description | Stock no | Supplier |

| | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------|--------------|------------|-------------|
| *Hardened = H | Nitride-hardened = NH | Name | Robotgripare | | |
| Tough-hardened = SH | SGH Nitro-carburized = NC | | | | |
| Case-hardened = SH | | | | | |
| Stress reliv. Annealed = AVSP | | | | | |
| (575°-630°C for min 2h unless else stated) | | | | | |
| Dimension with no tolerances acc to | | | | | |
| Machined | SS-ISO 2768-1 medium | | | | |
| Weld Forge | SS-ISO 2768-1 coarse | | | | |
| ISO Tolerance | SS-ISO 286-1 | No. | | | |
| Surface roughness | ISO 1302 | | | | |
| Form & position tol | SS-ISO 1101 | | | | |
| Notice: This drawing contains proprietary information and shall not be used or reproduced or its contents disclosed in whole or in part, without the prior written consent of the Volvo Car Corporation. | | | | | |
| Design | Herman Wäpling | Scale | 1:1,5 | | |
| Drawn | Herman Wäpling | CAD syst | Inventor | | |
| Check. by | | Projection method | | | |
| Appr. by | | | | | |
| Date | 2021-04-23 | | Size | Drawing No | Sheet Issue |
| | | | A3 | W-895950 | 1 |

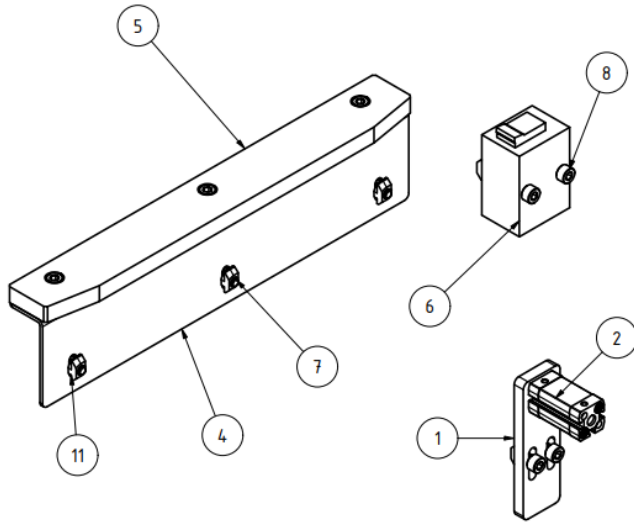
Robotgripare




| | | | | | |
|----|----|--|--|--|---------------|
| 22 | 2 | ISO 2338 - 3 x 8 | Parallelsprint | | |
| 21 | 1 | 1264-1016 | Uppläggstapp | | |
| 20 | 1 | 1264-1432 | Uppläggstapp | | |
| 19 | 2 | 534769 DFM-50-200-B-PPV-A-GF---(0) | DFM-B (m)-Guide cylinder, Modular system | | FESTO |
| 18 | 4 | 91290A330_BLACK-OXIDE CLASS 12.9 SOCKET HEAD CAP SCREW | STEP AP203 | | |
| 17 | 12 | 96144A215_METRIC CLASS 12.9 SOCKET HEAD CAP SCREW | STEP AP203 | | |
| 16 | 8 | ISO 4762 - M8 x 4.5 | Sexkanthålskruv | | |
| 15 | 8 | ISO 7091 - ST 8 - 100 HV | Bricka | | |
| 14 | 12 | 91290A348_BLACK-OXIDE CLASS 12.9 SOCKET HEAD CAP SCREW | STEP AP203 | | |
| 13 | 10 | Flange nut M8_3842345081 | Flange nut M8 | | Bosch Rexroth |
| 12 | 10 | 096hk1030m0840 (1) | STEP AP214 | | |
| 11 | 2 | 895951-10 | Distansplatta | | |
| 10 | 2 | 895951-09 | Indextapp | | |
| 9 | 1 | 895951-08 | Indextapp | | |
| 8 | 1 | 895951-07 | Indextapp | | |
| 7 | 1 | 895951-04 | Indextapp | | |
| 6 | 1 | 895951-03 | Indextapp | | |
| 5 | 2 | DIN 6885 - A 8 x 7 x 4.0 | Plankil | | |
| 4 | 2 | 1264-1319 | Platta | | |
| 3 | 2 | 1264-1726 | Distans | | |
| 2 | 4 | 895951-02 | Cylinderfästen | | |
| 1 | 1 | 895951-01 | Bottenplatta | | |

| Pos | Qty | Part no | Description | Stock no | Supplier |
|--|-----|---------------------|---|----------|---|
| *Hardened = H Nitride-hardened = NH Tough-hardened = SGH Nitro-carburized = NC Case-hardened = STH Stress reliv. Annealed = AVSP (575-630°C for min 2h unless else stated) | | | | | |
| Dimension with no tolerances acc to Machined SS-ISO 2768-1 medium Weld Forge SS-ISO 2768-1 coarse | | | | | |
| ISO Tolerance SS-ISO 286-1 Surface roughness ISO 1302 Form & position tol SS-ISO 1101 | | | | | |
| Notice: This drawing contains proprietary information and shall not be used or reproduced or its contents disclosed in whole or in part, without the prior written consent of the Volvo Car Corporation. | | | | | |
| Design A.Andersson H.Wäpling Drawn Alexander Andersson Appr. by Date 2021-05-11 | | | Scale 1:4 CAD syst Inventor Projection method | | Name MBS-lyft Volvo Cars Engine |
| Size A3 | | Drawing No W-895951 | | Sheet | Issue 1 |

MBS-lyft



| 11 | 7 | T_NUT_N10 | no description | | |
|--|-----|--|--|----------|---|
| 10 | 3 | 90592A022_STEEL HEX NUT | STEP AP203 | | |
| 9 | 3 | 91290A426_BLACK-OXIDE CLASS 12.9 SOCKET HEAD CAP SCREW | STEP AP203 | | |
| 8 | 2 | 91290A212_BLACK-OXIDE CLASS 12.9 SOCKET HEAD CAP SCREW | STEP AP203 | | |
| 7 | 5 | 91290A417_BLACK-OXIDE CLASS 12.9 SOCKET HEAD CAP SCREW | STEP AP203 | | |
| 6 | 1 | Bosch Rexroth VE 2 stop gate | no description | | |
| 5 | 1 | 895952-04 | Anhåll | | |
| 4 | 1 | 895952-03 | Anhållsfäste | | |
| 3 | 1 | 895952-02 | Tryckare | | |
| 2 | 1 | 536207 | ADN-Compact cylinder | | FESTO |
| 1 | 1 | 895952-01 | Cylinderföste | | |
| Pos | Qty | Part no | Description | Stock no | Supplier |
| *Hardened = H Nitride-hardened = NH Tough-hardened = SGH Nitro-carburized = NC Case-hardened = STH Stress reliv. Annealed = AVSP (575°-630°C for min 2h unless else stated) | | | | | |
| Dimension with no tolerances acc to Machined SS-ISO 2768-1 medium Weld Forge SS-ISO 2768-1 coarse | | | | | |
| ISO Tolerance SS-ISO 286-1 Surface roughness ISO 1302 Form & position tol SS-ISO 1101 | | | | | |
| Notice. This drawing contains proprietary information and shall not be used or reproduced or its contents disclosed in whole or in part, without the prior written consent of the Volvo Car Corporation. | | | | | |
| Design A.Andersson H.Wäpling Drawn Alexander Andersson Check. by Appr. by Date 2021-05-11 | | | Scale 1 : 3 CAD syst Inventor Projection method  | | Name Indexering palett Volvo Cars Engine |
| Size A3 | | Drawing No W-895952 | | Sheet | Issue 1 |

Palettindexering

G Bilaga 7: Komponentlistor

| W-895950 Bill of Material | | | |
|---------------------------|-------------------------|---|-------|
| ursprung | art.nr | beskrivning | antal |
| Ny design | 895950-01 | Chassiplatta | 1 |
| | 895950-02 | Robotfäste | 1 |
| | 895950-03 | Anhåll | 1 |
| | 895950-04 | Fäste till pivotarm | 1 |
| | 895950-05 | Fäste till Schunkgriparen | 1 |
| | 895950-06 | Kalibreringspinne för robotkalibrering | 1 |
| Carry over MBS op71 | 1264-1462 | Indexsering för lagergång | 1 |
| | 1264-1596 | Pivotarm | 1 |
| Carry over SB02 op40 | ea021172 | Schunk fingrar | 2 |
| | ea038364 | Styrning till robotfäste | 1 |
| Festo | 150927 ZBH-9 | Styrhysa för cylinder och schunkfäste | 6 |
| | 170848 DFM-25-25-P-A-GF | Klämmcylinder | 1 |
| Schunk | 0305531_MPG-plus_50 | Schungkripare | 1 |
| | 9939378 ZHU 8 | Styrhysa för Schunkfäste | 2 |
| Norelem | 02002-504X0120 | Pendelstöd | 4 |
| Standardkomponenter | ISO 4762 M4 x 16 | Skruv till Schunk fingrar | 2 |
| | ISO 7379 12 x 40 | Passskruv till pivotarm | 1 |
| | M5x35 12.9 | Skruv till Schungkripare | 2 |
| | M6x20 12.9 | Skruv till robotfäste | 4 |
| | M6x35 12.9 | Skruv till anhåll och schunk fäste | 5 |
| | M6x45 12.9 | Skruv till indexsering för lagergång | 1 |
| | M6x16 12.9 | Skruv till fäste för pivotarm | 4 |
| | M6x25 12.9 | Skruv till Festo cylinder | 4 |
| | M8x25 12.9 | Skruv till robotfäste | 3 |
| | DIN6923 M8 flänsmutter | Mutter till indexpinne | 1 |
| | ISO 8735 A 6 x 20 | Cylindrisk pinne till robotfäste | 1 |
| | SS ISO 8735 A 6 x 30 | Cylindrisk pinne till robotgripare och anhåll | 4 |

Robotgripare

| W-895951 Bill of Material | | | |
|---------------------------|------------------------------|---|-------|
| ursprung | art.nr | beskrivning | antal |
| Ny design | 895951-01 | Bottenplatta | 1 |
| | 895951-02 | Cylinderfästen | 4 |
| | 895951-03 | Indextapp | 1 |
| | 895951-04 | Indextapp | 1 |
| | 895951-07 | Indextapp | 1 |
| | 895951-08 | Indextapp | 1 |
| | 895951-09 | Indextapp | 2 |
| | 895951-10 | Distansplatta | 2 |
| Carry over MBS | 1264-1319 | Indexplatta | 2 |
| | 1264-1432 | Indextapp | 1 |
| | 1264-1016 | Indextapp | 1 |
| | 1264-1726 | Justeringsplatta till luftcylinder | 2 |
| Festo | 534769 DFM-50-200-B-PPV-A-GF | Lyftcylinder | 2 |
| | 189653 ZBH-12 | Styrhylsa för cylindrar och cylinderfäste | 16 |
| Standardkomponenter | DIN 6885-1 A A 8 x 7 x 40 | Spårkil till indexplatta | 2 |
| | SS ISO 2338 3 x 8 | Styrstift till indextappar | 2 |
| | SS ISO 4762 M8 x 45 | Skruv till indexplatta | 8 |
| | ISO 7091 ST 8 - 100 HV | Mutter till indexplatta | 8 |
| | M8x25 12,9 | Skruv till cylinderfäste | 12 |
| | M6x75 12,9 | Skruv till cylinder | 12 |
| | M6x20 12,9 | Skruv till indextappar | 8 |
| | M6x25 12,9 | Skruv till distansplatta | 4 |
| | 096hk1030m0840 | T-spårskruv för montage i bansystem | 10 |
| | DIN6923 M8 flänsmutter | Mutter för montage i bansystem | 10 |

MBS-lyft

| W-895952 Bill of Material | | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------|
| ursprung | art.nr | beskrivning | antal |
| Ny design | 895952-01 | Cylinderfäste | 1 |
| | 895952-02 | Tryckare | 1 |
| | 895952-03 | Anhållsfäste | 1 |
| | 895952-04 | Anhåll | 1 |
| Festo | 536207 ADN-12-20-A-P-A | Tryckcylinder | 1 |
| Bosch Rexroth | VE 2 stop gate 3842515844 | Banstopp | 2 |
| | T_NUT_10 3842530287 | T-spårsmutter M8 | 7 |
| Standardkomponenter | M8x12 12,9 | Skruv till anhållsfäste | 3 |
| | M8x50 12,9 | Skruv till banstopp | 2 |
| | M8x20 12,9 | Skruv till cylinderfäste och anhåll | 5 |
| | M4x20 12,9 | Skruv till cylinder | 4 |
| | M8 mutter | Mutter till anhåll | 3 |

Palettindexering