

# **Robotcell**

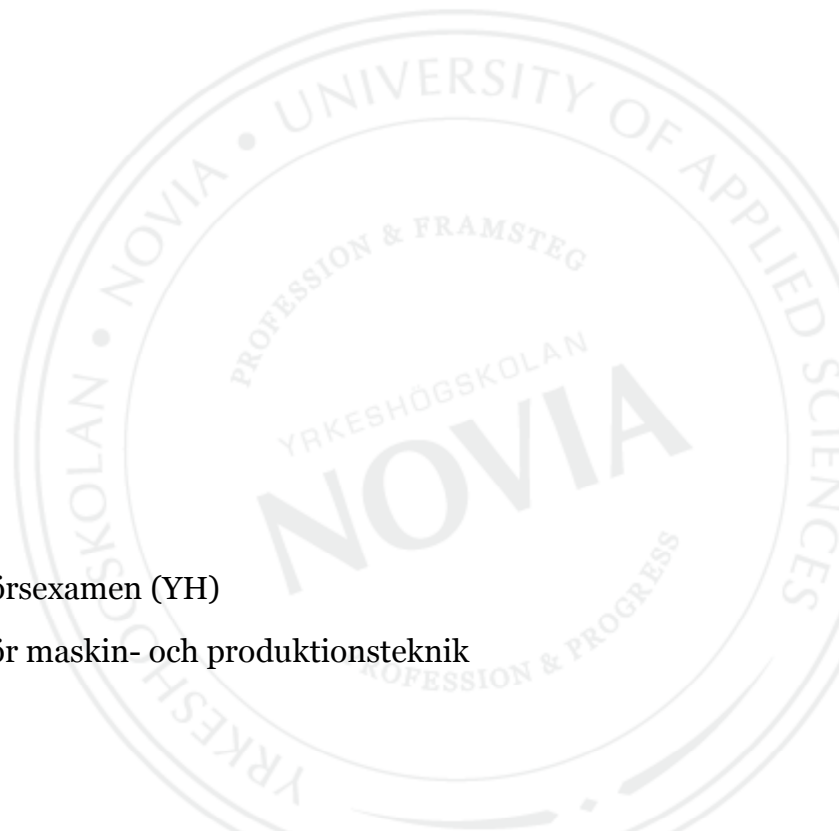
## **Planering av robotcell samt verktyg**

Simon Lönnqvist

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2012



## EXAMENSARBETE

Författare: Simon Lönnqvist

Utbildningsprogram och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Maskinkonstruktion

Handledare: Mikael Ventin

Titel: *Planering av robotcell samt verktyg*

---

Datum 13.3.2012

Sidantal 25

---

### **Sammanfattning**

Examensarbetet utfördes åt Protoparts Purmo. Syftet var att utreda möjligheten att förlänga obemannad körtid för en laserskärmaskin med hjälp av en befintlig robot. Till arbetet hörde att planera ett verktyg som gör att roboten klarar av att hantera plåtskelett av både stål och aluminium. Till arbetet hörde också placeringen av roboten. Problemet beskrivs mera ingående i andra kapitlet och allmän teori gällande industrirobotar och kringutrustning behandlas i tredje kapitlet. Därefter presenteras tillvägagångssättet och konceptförslaget. Som resultat kan konstateras att roboten inte helt klarade av att utföra uppgiften. Det här berodde på att robotens lastkapacitet inte räckte till.

---

Språk: svenska

Nyckelord: industrirobot, robotcell

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Simon Lönnqvist

Degree Programme: Mechanical- and production technology / Vaasa

Supervisor: Mikael Ventin

Title: *Planning of a robot cell and a robot tool*

---

Date 13.3.2012

Number of pages 25

---

### **Summary**

The thesis work was conducted for Protoparts Purmo. The aim was to investigate the possibility to extend the unmanned running time of a laser cutting machine using an existing robot. The work consisted of designing a tool that allows the robot to handle sheet metal skeletons of both steel and aluminum. The assignment also included finding a possible location for the robot. The problem is described in more detail in chapter two and the general theory of industrial robots and peripheral equipment is treated in chapter three. Then the approach and the concept proposal are presented. The result of the study is that the robot does not quite manage to perform the task. This was because the robot's payload was not sufficient.

---

Language: Swedish

Keywords: industrial robot, robot cell

---

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	2
1.2	Syfte .....	2
1.3	Företagsbeskrivning .....	2
1.4	Disposition.....	3
2	Problemformulering .....	4
3	Teori .....	6
3.1	Laserskärmaskinens uppbyggnad och funktion .....	6
3.1.1	Laser .....	7
3.2	Industrirobot.....	8
3.2.1	Koordinatsystem.....	10
3.2.2	Frihetsgrader och rörelseaxlar.....	11
3.2.3	Programmering .....	12
3.2.4	Verktyg.....	13
3.2.5	Säkerhet.....	15
3.3	Fanuc S-420 iF .....	18
4	Tillvägagångssätt.....	19
5	Resultat .....	25
6	Diskussion .....	25
7	Källförteckning.....	26

## 1 Inledning

Funderingar kring ett kommande examensarbete har dykt upp i olika former under hela studietiden, men ökade klart i intensitet under våren 2011, mitt tredje år som studerande vid Yrkeshögskolan Novia.

Efter att jag och min gode vän Johan Nygård startade ett litet företag i maj 2009 så har jag känt att jag vill göra mitt examensarbete för det egna företaget. Under våren och försommaren 2011 hade jag relativt långt gångna planer på att tillverka en plasmaskärmaskin, men arbetsbördan steg under försommaren och planerna på skärmaskinen sjönk på prioriteringslistan.

Den 7 juni 2011 gick vi vår vana trogen igenom ett antal auktionssajter och fick syn på en plockrobot. Roboten var en Fanuc 4200 i och hade tjänstgjort som betjäningsrobot åt en kantpress. Eftersom vi båda två är mycket intresserade av industriautomation och av robotteknik i synnerhet lade vi ett bud på roboten. När auktionstiden runnit ut så stod vårt bud som det högsta och plötsligt ägde vi en egen robot. Roboten fraktades hem och ställdes in i den lilla verkstaden där den på grund av tidsbrist stod orörd till augusti.

När augusti kom och skolan började dök tankarna på examensarbetet upp igen. Nu fanns roboten med men jag hade faktiskt inte listat ut vad jag skulle göra med den. Det problemet löste sig med en ny auktionshandel, nämligen en laserskärmaskin som köptes i början av september. Tanken på att kombinera roboten med laserskärmaskinen kom nästan direkt och tilltalade mig eftersom jag redan i många år har följt med utvecklingen inom industrin och därigenom byggt upp ett intresse för idustriautomation.

Efter diskussioner med min samarbetspartner Johan Nygård beslöt jag mig för att skriva en ansökan om att få utföra denna planering som mitt examensarbete. För att examensarbetet inte ska sväva ut för mycket begränsas det ganska långt till verktygets utformning och egenskaper samt robotens placering, möjligheter och begränsningar.

## **1.1 Bakgrund**

Som bakgrund till detta arbete ligger mitt eget och företagets intresse för industriautomation. Ett område som vi tror att kommer att utvecklas mycket under vår yrkesverksamma tid främst till följd av svåra konkurrensförhållanden, större konsumtion, högre krav på kvalitet samt ett globalt system som kräver tillväxt för att inte haverera.

Att vårt företag införskaffade först en robot och senare en skärmaskin var inga på förhand planerade investeringar, men för mig och mina tankar på att göra ett examensarbete passade de verkligen bra in. Nu hade jag möjligheten att utföra ett arbete inom det område som jag helst av allt ser mig själv jobba inom i framtiden och dessutom dra nytta av det i företaget.

## **1.2 Syfte**

Mitt huvudsyfte är att planera och dimensionera ett lämpligt verktyg för befintlig plockrobot, för att ge denna möjlighet att avlägsna ett plåtskelett från skärmaskinens plåtväxlare. Detta för att möjliggöra flera obemannade skärserier än dagens maximala två och därmed höja antalet driftstimmar per dygn utan att behöva utöka personalstyrkan.

Mitt första delsyfte är att planera var roboten bör vara placerad för att systemet ska fungera så bra som möjligt, samt att reda ut hur tunga och stora plåtar roboten klarar av att hantera.

## **1.3 Företagsbeskrivning**

Företaget för vars räkning jag gör detta examensarbete är Protoparts Purmo Öb. Protoparts Purmo Öb är ett öppet bolag som grundades i maj 2009 av Johan Nygård och Simon Lönnqvist. Det finns i Åvist, Pedersöre, där vi har en liten verkstad. Företaget är verksamt inom metallsektorn som underleverantör, men strävar efter att ta fram en egen produkt så småningom.

I dagsläget är det ändå montering och försäljning av motorstyrssystemet Megasquirt som är den största grenen i företaget. Vi köper in delar till systemet från olika håll i världen och monterar sedan ihop kundanpassade lösningar för våra kunder i Norden. Försäljningen sker genom vår nätaffär som man hittar på vår hemsida: [www.protoparts.fi](http://www.protoparts.fi) samt via nätförsäljningssidan [nettivaraosat](http://nettivaraosat). En del säljs också direkt via telefon och e-post.

I verkstaden finns tillgång till svarvar, fräsmaskiner, bormaskiner, svetsmaskiner samt diverse handverktyg, vilket ger oss en möjlighet att tillverka relativt varierande produkter. På sikt även laserskärmaskinen sedan den har fått ett tillräckligt stort utrymme och startats upp.

## **1.4 Disposition**

Nedan följer en kort beskrivning av vad som behandlas i detta examensarbete för att ge en snabb överblick.

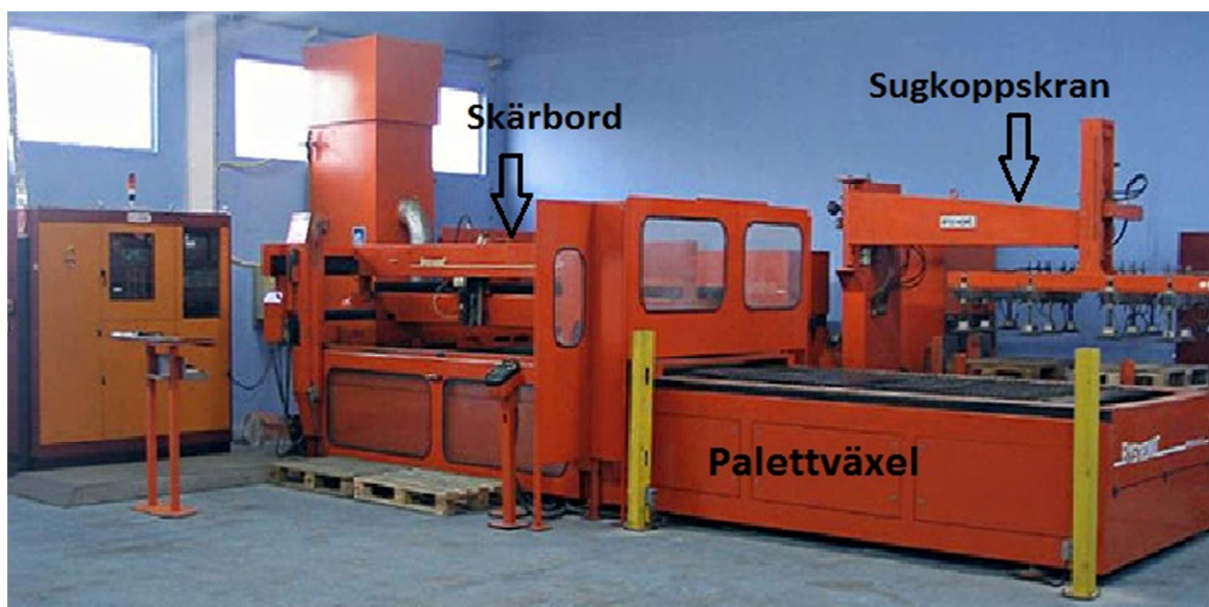
Inledningsvis behandlas allmän information om varför det blev denna uppgift och för vilket företag arbetet utförts samt lite bakgrund till problemet. I andra kapitlet kommer en noggrann beskrivning av problemet och vad som finns till förfogande för att lösa problemet. Även arbetsförloppet i dagsläget beskrivs grundligt med hjälp av förklarande bilder.

Sedan följer ett kapitel där det beskrivs hurudan teori och litteratur som använts som stöd för att lösa uppgiften. De viktigaste delarna av teorin som t.ex. vilka delar som kan ingå i en robotcell och hur ett robotsystem är uppbyggt framkommer också. Liksom en noggrannare genomgång av uppbyggnad och funktion för maskinerna som ingår i problemformuleringen.

I det fjärde kapitlet följer en beskrivning av hur jag gått till väga för att lösa problemet utifrån de begränsningar och möjligheter som de befintliga maskinerna har. En möjlig lösning presenteras med figurer och beskrivningar. I följande kapitel presenteras resultatet och därefter följer en diskussion.

## 2 Problemformulering

Laserskärmaskinen som finns i företaget är av sådan modell (figur 1) att den har två skärpaletter och kan alltså med hjälp av en palettväxel automatiskt byta den skärpalett som ligger på skärbordet med den som är utanför. Denna lösning gör att skärmaskinen genast kan starta följande program när den fått in den andra skärpaletten med en ny plåt på, istället för att någon skulle vara tvungen att avlägsna plåtskelettet från skärbordet och lyfta i en ny plåt innan ett nytt program startas. Med sugkopskranen lastas nya plåtar till palettväxeln. Det som kräver att maskinen är bemannad så gott som hela tiden är att sugkopskranen endast kan hantera hela plåtar, sugkopparna tappar sin styrka ifall de inte tätar helt och hållet mot underlaget. Därför måste plåtskelettet avlägsnas manuellt, vilket i sin tur betyder att maskinen kan köra obemannat maximalt två skärprogram.



Figur 1 Laserskärmaskin Bystronic Bystar 3015

(Bystronic u.å)

Det är det problemet jag haft som uppgift att ta fram ett förslag på. Något som kunde förlänga den obemannade körtiden för skärmaskinen genom att få ett system som klarar av att avlägsna den skurna plåten från skärpaletten. Man kan tycka att detta inte är något problem eftersom någon ändå måste programmera skärmaskinen och dessutom plocka bort de enskilda detaljerna ur skelettet.



Det stämmer att man inte på detta vis kan få ett helt obemannat system, men det vi strävar efter med detta projekt är att möjliggöra en förlängning av det bemannade skiftet, t.ex. obemannad körning nattetid. Maskiner jobbar gärna nattetid och till och med billigare än dagtid, eftersom de då förbrukar den billigare natteliten. Att sätta in ett bemannat nattskifte är dyrt p.g.a. tilläggsersättningar och dessutom sover vi människor helst nattetid. För att lösa problemet så har jag till förfogande en befintlig robot (figur 2) som grundenhet.

- Delproblem ett är att konstruera någon form av robotverktyg som klarar av att flytta ett plåtskelett som kan vara av svartstål, rostfritt stål eller aluminium.
- Delproblem två är att positionera roboten på ett så ändamålsenligt sätt som möjligt i förhållande till skärmaskinen, utgående från robotens rörelseområde.



**Figur 2. Fanuc S-420 i F**

## 3 Teori

### 3.1 Laserskärmaskinens uppbyggnad och funktion

För att kunna planera ett fungerande system så behöver man ha en god kännedom om maskinernas uppbyggnad och funktion. Skärmaskinen som används i detta arbete är en Bystronic Bystar 3015 (figur 1). Maskinen har en arbetsyta som maximalt klarar av att arbeta med plåtar av dimensionen 3000\*1500 mm. Den är utrustad med en palettväxel som kan växla mellan de två skärpaletterna. Skärpaletterna är konstruerade med en huvudram som är försedd med hjul och fästen för den kedja som förflyttar de två paletterna mellan palettväxeln och skärbordet. Den yta som plåtarna ligger mot består av utbytbara plåtremсор på stående (figur 3). Eftersom lasern skär en bit genom plåten så måste man kunna byta ut plåtremсорna när de blir utslitna.



Figur 3 Skärpalett

Skärbordets ram består av 120 mm tjock plåt för att få en tillräckligt stabil grund som inte störs av vibrationer. Den väger ca 6000 kg. På kortsidorna är linjärskenor monterade samt drivordningen för den rörliga bommen. Den rörliga bommen som syns i figur 3 är monterad med linjärlager på kortsidornas linjärskenor för att den skall kunna röra sig i y-led. För att möjliggöra en rörelse i x-led så har den rörliga bommen en linjärskena monterad vågrätt på sig. På den skenan monteras själva skärhuvudet fast med en platta som möjliggör en viss rörlighet i z-led med hjälp av linjärskenor och en kulskruv. Denna uppbyggnad gör att skärhuvudet kan röra sig i tre axlar utan att plåten behöver röra på sig. Palettväxeln (figur 1) är fastmonterad mot ramen på skärbordet, det finns en kedja som går mellan skärbordet och palettväxeln och den fungerar som drivning vid palettbyte.

När ett program är slut och paletten ska bytas sänker palettväxeln ner den palett som är utanför och den som är på skärbordet matas ut. När den kommit ut så lyfter palettväxeln upp de båda paletterna som nu är placerade ovanpå varandra så att den med en ny plåt kommer i nivå med skärbordet och kan matas in.

Sugkopskranen (figur 1) består av 12 st. sugkoppar med diametern 200 mm monterade på en svängkran. Sugkopporna är monterade med fjäderbelastning för att de alltid ska få rätt tryck mot plåten innan vakuumpumpen kopplas på. En vakuumpump är monterad på svängarmen och ansluten till sugkopporna med slangar.

Till maskinen hör även ett elskåp med styrpaneler, en kylare som hela tiden cirkulerar destillerat vatten genom laseraggregatet för att det inte ska överhettas, ett utsugstorn som är kopplat med kanaler till skärbordets undre hälft för att hålla luftkvaliteten på en acceptabel nivå och själva laseraggregatet som producerar laserstrålen.

### **3.1.1 Laser**

Laser är en förkortning av Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, som på svenska betyder ljusförstärkning genom stimulerad emission av strålning. Genom stimulerad emission skapas ljusstrålar som är enfärgade, koherenta (ljusvågorna helt i fas) och har samma riktning. Stimulerad emission innebär att man utsätter en elektron för ljus av önskad våglängd, t.ex. med en blixtn eller en annan laser så att denna kan absorbera ljusenergi i form av fotoner vilket gör att elektronen exciteras och kommer upp till en högre energinivå. Denna process kallas pumpning. Elektronen hålls endast en kort stund i den högre energinivån och hoppar sedan tillbaka till den lägre nivån, när detta händer så emitteras en foton med samma energimängd som skillnaden mellan den högre och den lägre energinivån. Därmed har det skapats två fotoner som är helt i fas (Laser Fundamentals 2004, s. 1).

Laserskärmaskinen som har använts i examensarbetet har ett koldioxid laseraggregat (figur 4), det betyder att pumpningen sker genom att en elektrisk ström matas genom gasen för att producera koherent ljus. Koldioxidlasern används ofta vid skärning eftersom den har den högsta effekten av alla lasrar som har kontinuerlig stråle. Den har även en hyfsat bra verkningsgrad, upp till 20 %, av pumpeffekten (Laser Fundamentals 2004, s. 514). När laserstrålen har skapats genom pumpning i aggregatet så tar sig strålen ut genom en tunnel med speglar som leder strålen fram till skärhuvudet som består av en optisk lins som koncentrerar strålen till en liten yta på plåten.

När strålen är så koncentrerad avger den så mycket energi i form av värme att materialet antingen smälter eller förgasas. När skärhuvudet då rör sig över materialet så skapas ett snitt och skärhastigheten kan vara väldigt hög (Laser fundamentals 2004,s. 514).



Figur 4 2,8 KW Laseraggregat

### 3.2 Industrirobot

För att få kallas robot så krävs det att manipulatern, det vill säga den fysiska armen kan röra sig i minst tre axlar. Den måste vara omprogrammerbar och antingen vara fast monterad eller mobil (Industriell robotteknik 2006 s. 39). Industrirobotar används oftast som delkomponenter i automationssystem. Robotsystemet består av:

- *Manipulatern* är den mekaniska delen av en robot och består oftast av; fot/åkdon, underarm, överarm och handled. Åkdonets uppgift är att förflytta roboten till den plats som arbetet skall utföras på, ifall ingen förflyttning krävs så är roboten monterad på en stationär fot istället. Underarm och överarm står för positionering och rörelse av arbetsdonet under arbetsoperationen i tre dimensioner. Handleden orienterar verktyget i rummet genom rotation.
- *Arbetsdon*, monteras vanligen på manipulaterns handled och är den del på roboten som avgör robotens användningsområde. Arbetsdonet kan enkelt bytas ut och blir ofta specialanpassade för en specifik uppgift.
- *Styrsystemet* tar emot signaler från sensorer och givare från manipulatern och från övriga funktioner i cellen. Skickar ut signaler till drivdonen som styr manipulatern baserat på insignalerna och programmet.

- *Sensorer och givare* som fungerar som systemets ögon och känner av i vilket läge manipulatern är i, om objekten i cellen är placerade rätt och känner av så att ingen är för nära manipulatern. Vid mer avancerade uppgifter som t.ex. svetsning kan man ha sensorer som hela tiden ser att pistolen är rätt riktad i förhållande till svetsen, sensorerna korrigerar då programmet under körning.
- *Programmet* som görs av operatören och sedan skickar datan till styrsystemet som omvandlar programmet till signaler som skickas ut till drivenheterna och får manipulatern att röra sig som operatören programmerat.
- *Kringutrustning*, t.ex. fixturer och säkerhetsanordningar. (IR 2006, s. 40)

Industrirobotar delas utifrån funktions- och prestandakrav in i tre huvudgrupper:

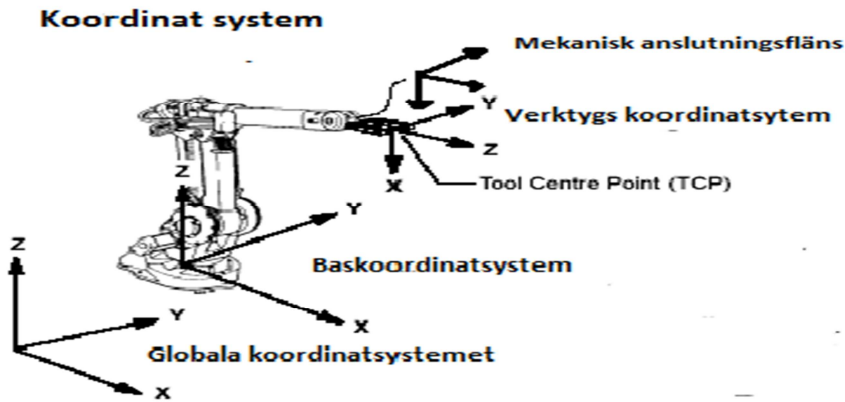
- *Materialhantering*, betyder att roboten i huvudsak flyttar detaljer från ett ställe till ett annat. Robotar inom denna grupp bearbetar inte detaljerna som de jobbar med utan fungerar ofta inom paketering, sortering, betjäning av verktygsmaskiner mm. De första industrirobotarna användes för materialhantering vid farliga och tunga arbetsmoment, som vid pressgjutning. Materialhanteringsrobotar är ofta den del i ett automationssystem som ersätter det som en människa annars gör, dvs. flyttar detaljen mellan olika arbetsstationer och på det viset sammanfogar systemet. Karaktäriserande för materialhanteringsrobotar är robust manipulator med starka motorer som klarar stor last, precisionen är dock lägre än på övriga robotar.
- Till kategorin *processoperationer* hör alla robotar som aktivt deltar i eller utför en arbetsprocess med hjälp av ett verktyg eller annan utrustning som kan förändra detaljens form, ytstruktur eller funktion. Vanliga processer är svetsning, slipning, polering, borring, skärning, limning, gradning, ytbeläggning mm. För robotar som utför processoperationer krävs väldigt hög noggrannhet och stor rörelsefrihet för att alltid kunna positionera verktyget rätt. Dessa behöver sällan klara stora laster och har därför oftast en hanteringsvikt på under 20 kg. Dessa robotar utför de svåraste uppgifterna att automatisera och utvecklingen inom framförallt sensorer och mjukvara måste hela tiden gå framåt, eftersom det hela tiden kommer nya tillverkningsprocesser och applikationer som roboten ska anpassa till.
- Till *monteringsrobotens* uppgifter hör sammansättning av komponenter eller delmontage som leder till en färdig produkt. Som del i monteringen kommer ofta processoperationer som svetsning och limning.

Monteringsrobotar delas grovt upp enligt hur tunga komponenter de hanterar, som lätta klassas komponenter under 20 kg och tunga över 20 kg. De delas också in i plant och icke plant montage. Vid plant montage så monteras delarna i ett plan t.ex. på ett bord och vid icke plant montage kan detaljernas montering ske i olika nivåer och med varierande vinklar. De är väldigt vanliga inom bilindustrin där de på löpande band monterar alla tyngre komponenter på karossen. Kraven på olika typer av gripdon är höga eftersom en robot kan arbeta med väldigt varierande komponenter och den får inte skada komponenten eller lämna märken eftersom detaljerna är i det skedet av processen att de inte skall förädlas efter detta moment. Tidsåtgången vid montering är av högsta vikt eftersom den inte begränsas av skärhastigheter eller svetsastighet som processoperationer gör, desto fortare monteringen sker desto högre kapacitet fås i systemet (IR 2006, s. 49)

### **3.2.1 Koordinatsystem**

För att positionera en robots verktyg i rummet så används olika koordinatsystem (figur 5). Verktygskoordinatsystemet rör sig på ett givet sätt i förhållande till manipulatorens rörelser, definieras som det kartesiska koordinatsystemet, med det givna förhållandet mellan manipulatorens rörelser och verktygets koordinatsystem. Styrsystemet kan kontrollera hur manipulatorens rörelser ska röra sig för att uppnå önskat rörelsemönster för verktyget. Det globala koordinatsystemet beskriver placeringen av olika objekt i en robotcell, systemet har alltid en fast noll-punkt i cellen och är därmed opåverkat av robotens rörelser.

Baskoordinatsystemet definieras av tillverkaren och har origo i robotens sockel eller bas. Det har oftast en axel i linje med robotens första rörelseaxel. Den mekaniska anslutningsflänsen har ett eget koordinatsystem som också bestäms av tillverkaren. Verktygskoordinatsystemet ska operatören definiera, systemet har i regel origo i TCP och utifrån det så skall varje enskilt verktygs position definieras. Eftersom varje verktyg har ett eget koordinatsystem så kan man byta verktyg utan att det påverkar övriga delar i systemet. Man kan även ha koordinatsystem för t.ex. ett rundmatningsbord och dess arbetsstycke för att möjliggöra snabba omställningar av olika detaljer som t.ex. ska svetsas. (IR 2006, s.47)



Figur 5. Koordinatsystem

### 3.2.2 Frihetsgrader och rörelseaxlar

Industrirobotar har två olika sorters leder, linjärleder och rotationsleder. En linjärleds rörelse sker längs med koordinataxlarna när en rotationsleds rörelser sker som rotation kring koordinataxlarna.

Antalet oberoende rörelser som verktyget kan utföra i förhållande till ett baskoordinatsystem kallas dess frihetsgrader. Positionen för verktyget kan därmed ges av förhållandet mellan linjärrörelser/rotationsrörelser och baskoordinatsystemet. Ett verktyg kan ha maximalt sex frihetsgrader, linjärrörelse i x, y, z-led samt rotationsrörelse kring samma axlar. Det finns två typer av kinematiska system, öppna och slutna.

I öppna kinematiska system drivs varje länk oberoende av de övriga länkarna i ett system, vilket ger systemet möjlighet att positionera verktyget till samma plats på många olika sätt. Detta är praktiskt ifall man har objekt som kräver arbetsprocesser vid svårtillgängliga områden t.ex. svetsning av fackverk.

I slutna kinematiska system så är rörelserna för flera länkarmar beroende av varandra. Fördelen med detta är att man får ett styvare system som möjliggör närmare placering av drivdonen i förhållande till robotarmens centrum, förlusten är kraftig minskning av arbetsområdet. Robotar med slutna kinematiska system är oftast materialhanteringsrobotar som bör klara stora laster, 50 kg och uppåt. Behovet av frihetsgrader och storlek på arbetsområde bestäms uteslutande av arbetsuppgiften och arbetsstationens utformning, men man bör också tänka på vilka arbetsuppgifter roboten kan tänkas ha under sin livstid så att arbetsområdet räcker till även för framtida uppgifter. (IR 2006, s. 82)



### 3.2.3 Programmering

Robotprogrammering delas upp i två olika tillvägagångssätt, on-line programmering och offline programmering. Vid online programmering använder man sig av robotsystemet vid programmeringen genom att styra roboten från punkt till punkt och ange på vilket sätt roboten ska förflytta sig mellan punkterna med hjälp av en handkontroll (figur 6). Vid offline programmering så sker största delen av programmeringen utan inblandning av robotsystemet genom att programmera



Figur 6. Handkontroll

med koder i ett skrivprogram, där man utgår från givna punkter i systemet och programmerar utifrån dessa som startpunkter. När programmet är klart överförs det till roboten och startpunkten fastställs med hjälp av roboten.

I dagsläget är online programmering det vanligaste programmeringssättet eftersom det ger programmeraren en väldigt bra inblick i geometrin hela tiden så kollisioner är sällsynta. Dessutom är det i regel den person som kör roboten som också programmerar den vid online programmering. Det ger också möjlighet till enkla funktionskontroller eftersom programmet görs med hjälp av roboten. Största nackdelen med online programmering är att robotcellen inte har möjlighet att producera någonting under programmeringstiden eftersom systemet används för programmering och detta ställer främst till problem vid korta serier och täta omställningar, vid långa serier påverkar det inte speciellt mycket.

Komplicerade och långa program är också svåra att göra med online programmering eftersom man inte har samma struktur som vid offline programmering samt att verkstadsmiljön kan innehålla mängder av störande moment för koncentrationen. Fördelarna för offline programmering är framförallt att systemets produktivitet kan höjas eftersom systemet endast används för en liten del av programmet vilket ger kortare ståtad. En annan styrka med offline programmering är strukturen och dokumentationen som överlag är mycket bättre eftersom allt skrivs på dator och man därmed kan återanvända delar av gamla program i stället för att bygga upp samma sekvenser på nytt. För att kunna programmera offline så krävs en viss kunskap i traditionell datorprogrammering. Programmen görs utgående från matematiska modeller av systemet och alla objekt, vilket kräver väldigt noggranna mätningar av allt som finns i systemet för att det ska fungera felfritt.



Det gör det sällan och man är ofta tvungen att justera programmet vid roboten vilket medför avbrott i produktionen. Det problemet blir dock mindre och mindre i takt med att sensorer och kalibreringsfunktioner blir bättre och kan passa ihop skillnaderna i modell och verklighet.

Till offline programmering hör även simuleringsprogram i vilka man kan modellera upp hela systemet med solida modeller och provköra i realtid genom att skapa modellerna på samma vis som i CAD/CAM -program. Simuleringsprogram används ofta innan man bygger upp ett mer komplicerat system för att kontrollera vilka komponenter som krävs i systemet för att nå tillräcklig åtkomlighet, samt för att få fram materialflöden och cykeltider som är grunden för en lönsamhetskalkyl. När systemet är simulerat och man är nöjd med det så kan man börja bygga upp det verkliga systemet. När alla objekt är uppbyggda i det riktiga systemet så utförs noggranna uppmätningar för att se hur mycket det skiljer sig från modellen och sedan justerar man modellen enligt det för att programmen skall vara direktöverförbara till systemet. När allting är uppmodellerat så går det väldigt smidigt att byta arbetsobjekt och man sparar således tid (IR 2006, s. 121)

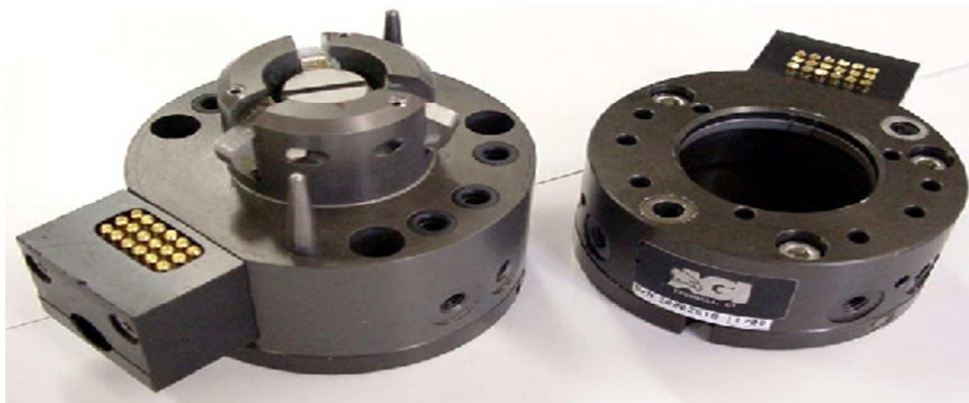
### 3.2.4 Verktyg

Verktyget är alltså den del av roboten som monteras på fästplattan längst ut på handleden och är oftast skräddarsydd för en specifik uppgift. Som grundregel gäller att skapa ett så enkelt verktyg som möjligt för att undvika onödiga kostnader och minimera felkällorna. Inom industriautomation har utseendet på verktygen sällan någon större betydelse utan man fokuserar helt på funktion till skillnad från t.ex. hushållsrobotar. Verktygen delas in i tre olika grupper utgående från vilken funktion de har.

- *Gripdon*

Gripdonen hör nästan uteslutande ihop med materialhanteringsrobotar och blir ofta specialtillverkade, men det finns också en hel del standardgripdon för de vanligaste kraven på gripvidd och gripkraft. De viktigaste egenskaperna för ett gripdon är: vikten som direkt påverkar robotens lastkapacitet, volym och utsträckning som är avgörande för robotens arbetsområde ~ litet verktyg ger stor möjlighet till olika orienteringar samt minskar risken för kollisioner, medan ett stort kan ge roboten längre räckvidd, gripkraft och gripdyter bestäms av arbetsobjektets vikt och friktion samt av accelerationshastigheter vid förflyttning och objektets känslighet.

Noggrannheten på verktyget är en viktig faktor ifall man behöver greppa komplexa eller känsliga detaljer, miljötålighet är en annan parameter som är mycket viktig i arbetsprocesser, där man t.ex. arbetar med mycket varma detaljer eller kommer i kontakt med frätande medel eller sand och andra föroreningar som kan påverka funktionen. Kraften i gripdonen kan komma från pneumatiska/hydrauliska cylindrar, magnet/vakuumventiler eller i vissa fall från elektriska drivdon. Sugkoppar är en väl använd komponent för gripdon p.g.a. dess greppförmåga och låga vikt, de är dock relativt miljö känsliga och kräver ett visst underhåll.



**Figur 7. Verktügsväxlare**

- *Verktügsväxlare*

Verktügsväxlare (figur 7) används i system där olika typer av arbetsoperationer som kräver mer än ett verktyg ska utföras eller för att möjliggöra tillverkning av olika produkter i samma cell. Kraven för verktügsväxlare är vikten samt att den har tillräckligt hög noggrannhet för att kopplingarna håller tätt även efter många växlingar under stor belastning. Verktügsväxlaren är uppbyggd i två skilda enheter, en som monteras på den mekaniska anslutningsflänsen och en som är monterad på de enskilda verktygen. När ett verktyg växlas så låses det automatiskt fast till den på roboten monterade enheten och får genom den tillgång till den energi, t.ex. tryckluft, och information i form av elektriska signaler, som den behöver få från roboten för att fungera.

- *Processverktyg*

Med processverktyg menas sådana verktyg som direkt utför en arbetsprocess på produkten så att den på något sätt ändrar form, till dessa hör all form av svetsning, limning, sprutmålning, blästring slipning och polering m.m.

När man väljer en maskin till verktyget så bör man tänka på att roboten har relativt stor styrka och en nästan oändlig uthållighet. Detta gör att vanliga handdrivna verktyg som är tänkta att användas av människor oftast inte håller för bruk av en robot. En viktig aspekt med processverktyg är att det oftast är själva processen, t.ex. bågsvetsning, som bestämmer hastighet och rörelsemönster. (IR 2006, s.163)

### 3.2.5 Säkerhet

Olycksrisker för robotsystem är oftast betydligt större än för övriga maskiner inom verkstadsindustrin eftersom robotsystem är väldigt komplexa. Ett robotsystem kan innehålla ett stort antal maskiner, transportörer, sensorer och givare med mera, vilket gör att det är omöjligt för den som inte programmerat systemet att veta vad som kommer att ske i cellen eller vad som sker om en givare blir felaktigt påverkad. Flexibiliteten i systemet gör det ännu svårare att hålla koll på vad som händer eftersom det ofta används för olika produkter och arbetsprocesser, dessutom går det mycket enkelt att göra ändringar i programmen så att roboten/robotarna ändrar arbetsmönster.

Därför ställs det höga krav på säkerhetsutrustningen som i första hand ska skydda personer som rör sig i närheten av cellen, men även skydda systemet från obehöriga som kan ställa till med stora problem om något ändras i cellen. Införandet av robotsystem innebär ändå inte endast mer risker att skada sig i jämförelse med att utföra samtliga moment manuellt. Eftersom robotar ofta sätts in vid tunga monotona arbeten, som ofta leder till förslitningsskador, eller hantering av vassa och heta föremål eller i riskmiljöer, så kan införandet av robotsystem minska på olycksfallen. Höga krav ställs på systemets stoppfunktion som alltid måste fungera felfritt p.g.a. dess stora arbetsområde. Reaktions tiden från att en stoppsignal har aktiverats till att allt står stilla är det inte lika höga krav på, eftersom säkerhetssystemet måste vara byggt så att en stoppsignal aktiveras för att man skall kunna ta sig in i cellen. Till riskfaktorerna räknas följande aspekter:

- *Arbetsområde*

Eftersom robotar kan ha en arbetsradie på flera meter så kan det vara svårt att inse hur stora ytor den faktiskt kan nå på en kort tid, vilket skiljer en robot från t.ex. en bearbetningsmaskin där man genast ser på vilket område maskinen kan röra sig.

- *Rörelser*

Den stora rörelsefriheten hos en robot gör det svårt att förutse vilken bana roboten kommer att förflytta sig i och hastigheten kan bli så hög att människans reaktionstid inte räcker till för att hinna undan.

- *Styrning och logik*

Vid komplexa och långa arbetsprocesser så har inte ens operatören möjlighet att veta hur roboten rör sig i alla delmoment eftersom givare och sensorer inte alltid påverkas i regelbuden takt, vilket kan ge upphov till ryckiga och oväntade rörelser hos roboten.

- *Programmering och underhåll*

När man utför underhåll, justeringar, kontroller eller gör nya program så är man ofta tvungen att röra sig inuti cellen. Här är det mycket viktigt att vara noggrann med robotens arbetsområde och hur givare och sensorer påverkar roboten, eftersom man inte kan ha cellen i stoppläge om man ska kunna röra på den.

- *Felfunktioner*

Programstörningar, förändringar av program och oväntade signalkombinationer kan leda till rörelser hos roboten som inte är planerade.

Sådana problem är vanligast hos komplexa system där operatören har svårt att tänka sig in i alla tänkbara scenarion och därför missar att testa vissa händelser.

(IR 2006, s.198)

Utöver de allmängiltiga riskfaktorerna så tillkommer alltid en bedömning från fall till fall där man går igenom vilka arbetsprocesser som ska utföras i systemet. Man är också tvungen att ta fram en bra lösning för hur systemet ska startas upp efter ett oplanerat stopp; hur man ska ta sig ur besvärliga positioner och hur stort skyddsområde som krävs.

Grundläggande kraven delas upp för två olika situationer: *yttre skydd* som fysiskt hindrar personer från att ta sig in i farozonen som kan bestå av galler, ljusbommar, olika sensorer mm. beroende på vilken typ av fara man utsätts för i cellen.

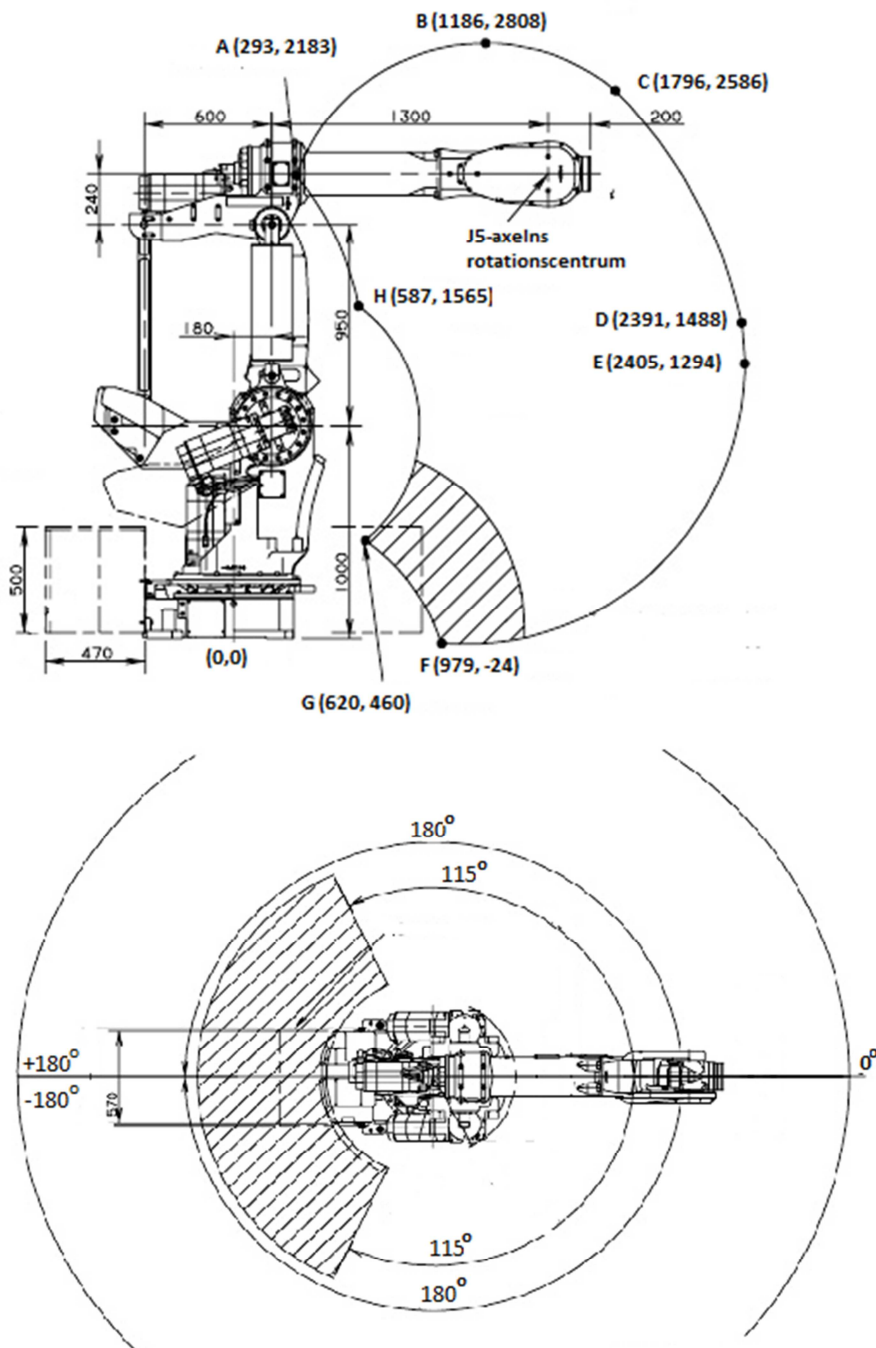
Om någon tar sig igenom dessa skydd så ska alla processer i cellen stanna inom rimlig tidsrymd, man räknar med en maximal förflyttning på 0,5–0,6 meter efter att signalen skickats. Tumregeln baserar sig på genomsnittliga reaktionstiden hos människor, hur lång tid det tar att ta sig in i farozonen från det att säkerhetszonen bryts.

Den andra situationen berör *inre skydd*, med vilket menas det skydd som operatören har vid de tillfällen denne är tvungen att utföra arbeten inuti cellen, som programmering och underhåll. Här är det främst reducerade hastigheter och hålldon man förlitar sig till. Vid extra känsliga arbetsprocesser som t.ex. sprutmålning där ett oplanerat stopp leder till stora problem så kan man använda sig av dubbelkontroll vid riskzonerna. För att undvika stopp på grund av störningar eller små intrång skapade av ouppmärksamhet så använder man sig av dubbla sensorer för att säkerställa att någon verkligen är på väg in i cellen innan processen stoppas. (IR 2006, s. 201)

Olycksfallen med robotsystem där det uppkommit personskador har nästan uteslutande berott på att stoppfunktionerna inte fungerat eller varit bortkopplade när någon tagit sig in i cellen eller vid de situationer som operatören arbetar inuti cellen och säkerheten är nedsatt. Driftsstörningar står för en stor del av fallen när operatören tvingas gå in i cellen för att någonting blivit fel. För att minska på driftsstörningarna så krävs det att man utreder vad det är som orsakar dessa. Ojämnt slitage mellan komponenterna är den vanligaste orsaken till ökande störningar i systemet. Sådana problem orsakas av dålig konstruktion, bristande underhåll och felaktig montering. Produkterna står ofta för en stor del av bekymren eftersom alla produkter inte har speciellt höga krav noggrannhet och kan variera en del i form och vikt. Förändringar i arbetsprocess och utrustning, utbildningsnivån och viljan att ständigt utveckla systemet är också viktiga parametrar vid reducerande av driftsstopp.

### 3.3 Fanuc S-420 iF

Roboten som ingår i det system som jag har planerat är en Fanuc S-420 iF (figur 2) av årsmodell 1997 med kontrollsystemet RJ-2. Det är en 6-axlad robot med endast rotationsleder. Hanteringsvikten är 120 kg och räckvidden 2400 mm. Repeternoggrannhet på  $\pm 0,4$  mm. I figur 8 kan man se robotens totala arbetsområde. (Fanuc manual 1996, s. 4)

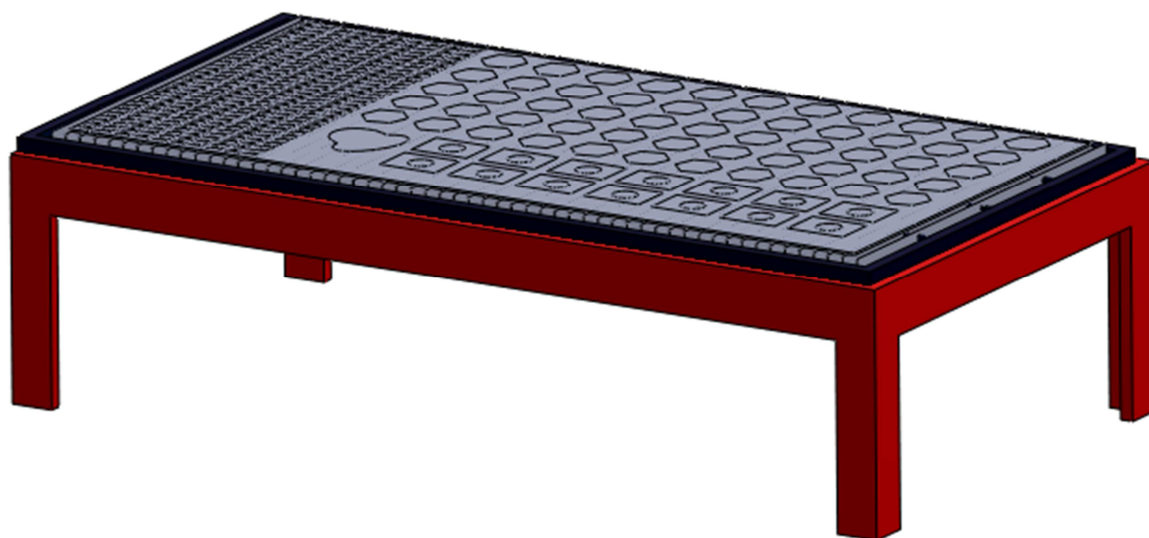


Figur 8. Arbetsområde för Fanuc S-420 iF (Fanuc manual 1996, s.126)

## 4 Tillvägagångssätt

Jag började med att bena ut problemet ordentligt och försökte dela upp det i mindre delar för att få en bättre uppfattning av vad jag hade att arbeta med och vad som antagligen skulle komma att bli mest problematiskt. När jag hade problemen ordentligt klargjorda och uppdelade i grova drag så började jag söka reda på hur liknande system har byggts upp tidigare genom att söka information från Internet främst i form av bild- och videomaterial för att få någonting för hjärnan att börja bearbeta och utgå från. Samtidigt som jag studerade tidigare lösningsmodeller inom samma och liknande områden så började jag bena ut vilken typ av kunskap som krävs för att ge den grund jag behöver för att planera examensarbetet.

Eftersom roboten är central i denna uppgift så skaffade jag boken Industriell robotteknik av Gunnar S. Blomsjö, eftersom den blev rekommenderad när jag frågade mig fram om lämplig litteratur på området. Boken visade sig vara mycket lämplig för detta arbete eftersom den på ett klart och tydligt sätt beskrev allt från robotens uppbyggnad till säkerhetskraven på ett helt system. Efter att ha läst denna och en hel del från Internet samt granskat befintliga lösningar så kände jag mig relativt säker på hur jag skulle ta arbetet vidare till nästa nivå, börja planera utgående från det egna projektet. Eftersom plåtskelettet och dess närmsta omgivning, alltså skärpaletten är central för hur allting bör placeras, så började jag med att mäta upp och göra en modell i ritprogrammet Solidworks av skärpaletten (figur 9).

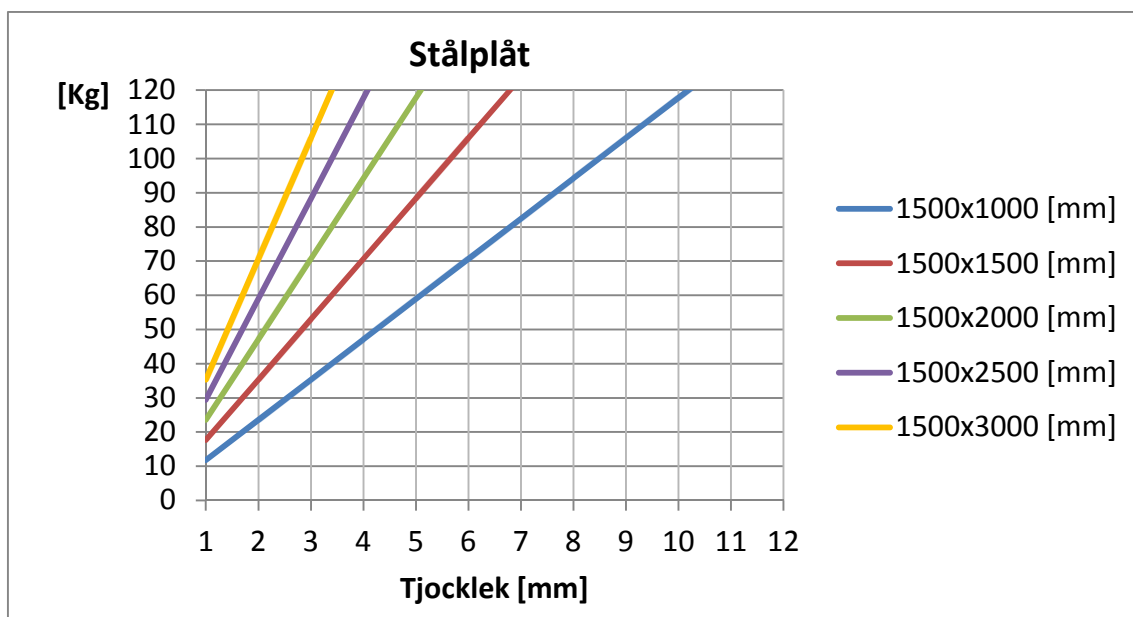


Figur 9. Skärpaletten modellerad med ett plåtskelett på 3000\*1500 mm.

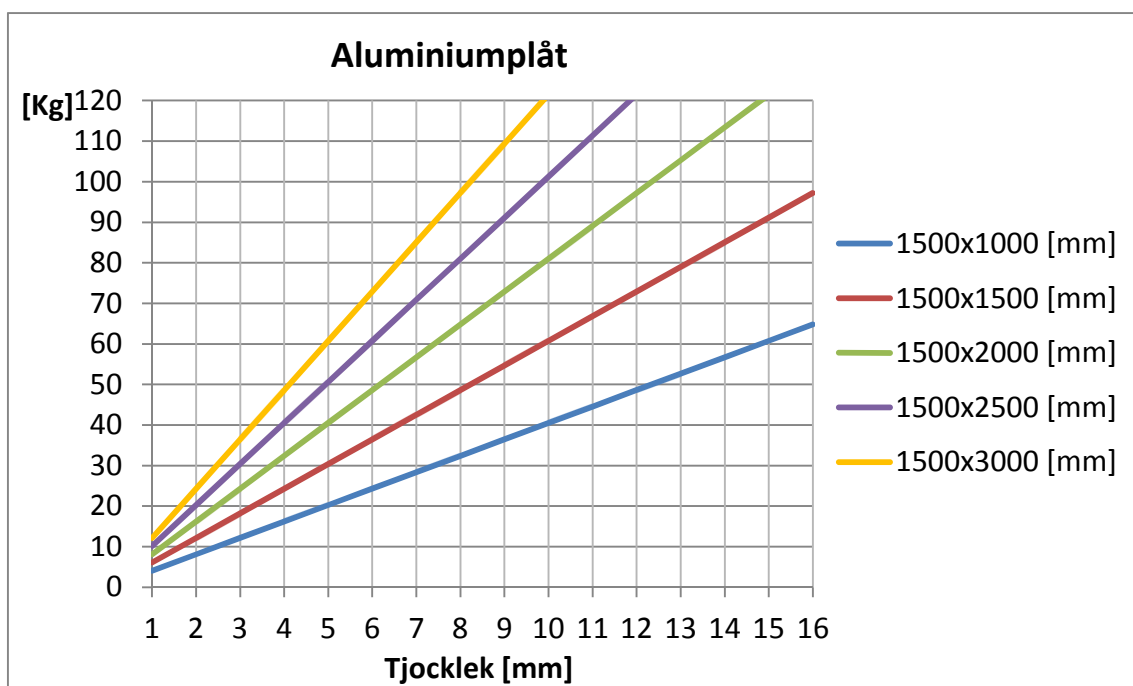
För att få en uppfattning om hur stora plåtar som roboten klarar av att hantera med sin begränsning på 120 kg så gjordes ett viktdiagram i Excel för materialtjocklek och area för stål- och aluminiumgods. Beräkning av vikten gjordes med formeln:

$m$  (massa) =  $\rho$  (densiteten; stål 7850 kg/m<sup>3</sup> och aluminium 2700 kg/m<sup>3</sup>) \*  $V$  (volymen)  
(Valtanen 2010, s. 784)

Resultaten enligt diagrammen i figur 10 och figur 11.



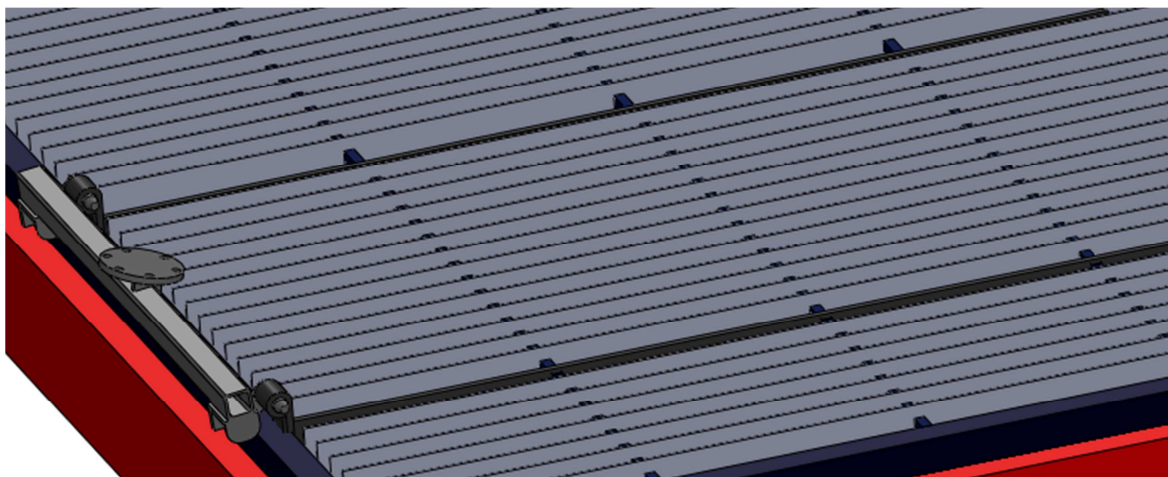
Figur 10. Viktdiagram för stålblåt



Figur 11. Viktdiagram för aluminiumplåt



Jag konstaterade då att det är väldigt trångt ifall man vill komma in under plåten med något form av verktyg. Eftersom plåten ligger endast 20 mm över ramkanterna så är det inte praktiskt möjligt att använda sig av någon fastmonterad gaffelanordning som jag i något skede hade tänkt mig. Efter att ha studerat utgångsläget mer i detalj så kom jag på att man kanske kunde ha någon form av ram som får ligga på bordet under skärning och som sedan skulle vara möjlig att haka fast med roboten och på det viset lyfta bort skelettet. Tankarna malde på några dygn och började så småningom kännas genomförbara. Då startade jag upp Solidworks på nytt för att försöka göra en första modell, för att se om man stöter på omöjliga problem eller om det går att göra på det här viset. Den första modellen som gjordes fungerade efter en hel del inpassande och funderingar på detaljlösningar ändå såpass bra, att jag kände att det kan bli ett helt genomförbart koncept. Vikten var alltför hög, hela mekanismen vägde 38 kg, vilket skulle ta upp nästan en tredjedel av robotens totala hanteringsvikt. Målet sattes till 20 kg och det innebar att det var dags att göra hållfasthetsberäkningar för att se var det fanns mest onödig vikt och fundera över hur man kunde slimma konstruktionen i övrigt. När beräkningarna var klara och dimensionerna hade anpassats till modellen som även konstruerats om till stora delar, så hade 21 kg bantats bort från den ursprungliga modellen, vilket resulterade i att den nu väger 17 kg. Nöjd med resultatet gjordes en prototyp enligt följande figurer.



**Figur 12. Prototypen inmonterad på paletten**

För att få gafflarna att rymmas in på paletten så är man tvungen att göra några små ingrepp på den. Man är tvungen att plocka bort fyra av plåtarna som skelettet ligger mot, vilket inte är något bekymmer eftersom det tidigare bara varit var tredje stödplåt monterad.

I de luckorna så görs det större spår för att gafflarna ska rymmas ner och ligga stabilt där, dessutom har jag för säkerhetsskull planerat för en infällning av själva lyftöronen i rambalken för att säkerställa att lasern inte kan kollidera med lyftöronen.



**Figur 13. Komponenter för verktyglösningen**

Meningen är alltså att fyra gafflar ska ligga under plåten på paletten när den skär. När den har skurit klart och paletten kommit ut så ska roboten med hjälp av snabbfästet haka fast två av gafflarna och lyfta bort halva skelettet. Eftersom verktyget skulle bli alltför tungt och hanteringen svår om man ska kunna lyfta av hela plåtar (3000\*1500 mm), så bestämdes det att samtliga plåtar kapas på mitten med skäraren, vilket alltså ger plåtar på 1500\*1500 mm. Bredden på gafflarna är 800 mm, vilket ger ett överhäng på ungefär 350 mm per sida.

Vid lossning blir man antingen tvungen att programmera så att roboten vinklar gafflarna så mycket att skelettet glider av eller använda sig av en ställning med ett mothåll som skelettet fastnar mot när gafflarna dras bort. Att lossa på det viset medför en viss risk för skador på produkterna. En risk för driftsstörningar finns vid dockningsmomentet mellan roboten och gafflarna. För att underlätta dockningen så har detaljerna inga täta passningar, utan det finns spelrum i alla lägen och styrkanter i form av faser är inplanerade.

Beräkningar som gjordes för gafflarna (S 235) var följande:

$$Q(\text{ totala lasten}) = m \cdot g = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 490,5 \text{ N}$$

$$M_b(\text{max}) (\text{Maximala böjmomentet}) = \frac{Q \cdot l}{2} = \frac{Q \cdot 1500 \text{ mm}}{2} \approx 368000 \text{ Nmm}$$

$$W_b (\text{böjmotstånd}) = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{10 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm}^2}{6} \approx 4167 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b (\text{böjspänning}) = \frac{M_b}{W_b} \approx 88 \text{ N/mm}^2$$

$$n (\text{säkerhetsfaktor}) = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{88 \text{ N/mm}^2} \approx 2,7$$

$$I (\text{tröghetsmoment}) = \frac{b \cdot h^3}{12} \approx 104167 \text{ mm}^4$$

$$E (\text{elasticitetsmodul}) = 206000 \text{ MPa}$$

$$f (\text{nedböjning}) = \frac{Q \cdot l^3}{8 \cdot E \cdot I} \approx 9,6 \text{ mm}$$

(teknikan taulukkokirja 2010 s. 409,459)

För fästet (S 235) gjordes följande beräkningar:

$$F (\text{kraften}) = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 589 \text{ N}$$

$$M_v (\text{vridmoment}) = F \cdot l = F \cdot 790 \text{ mm} \approx 465000 \text{ Nmm}$$

$$W_v (\text{vridmotstånd}) = 2 \cdot b \cdot h \cdot t_{\min} = 2 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} \approx 12800 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_v (\text{vridspänning}) = \frac{M_v}{W_v} \approx 36 \text{ N/mm}^2$$

$$n (\text{säkerhetsfaktor}) = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{36 \text{ N/mm}^2} \approx 6,5$$

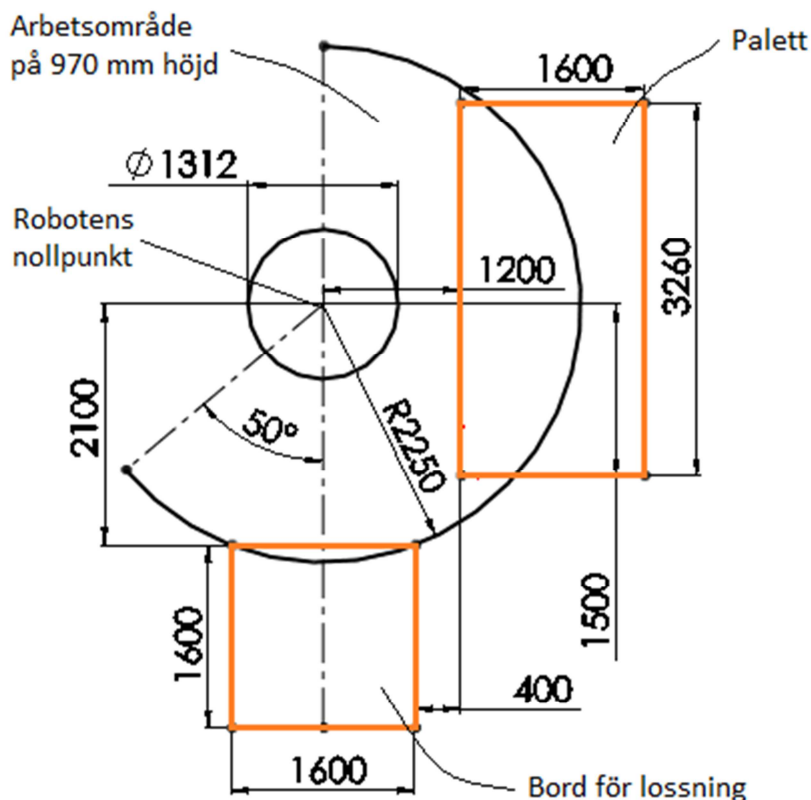
$G$  (skjuvmodul) =  $0,384 * E \approx 80000$  MPa

$$I_p \text{ (polära tröghetsmomentet)} = \frac{(2*t^2*(b-t)^4}{2*b*t-(2*t^2)} \approx 186600 \text{ mm}^4$$

$$\varphi \text{ (vridvinkel i grader)} = \frac{Tv*l}{G*I_p} * \frac{180}{\pi} = \frac{Tv*404,5 \text{ mm}}{G*I_p} * \frac{180}{\pi} \approx 0,72^\circ$$

(Valtanen 2010, s. 442)

För att få en möjlig placering av roboten i förhållande till paletten och lossningsbordet så studerades robotens arbetsområde (figur 8). Eftersom plåtens nivå från golvet är 970 mm kontrollerades från den vertikala skissen att radien vid den nivån är ungefär 2250 mm. Dessa fakta användes för att skissa upp objekten sett uppifrån för att se hur roboten skulle kunna placeras för att nå alla huvudpunkter (figur 13).



Figur 14. Möjlig placering i cellen.

För att ange bästa möjliga placering borde man använda sig av ett simuleringsprogram för robotar. Då kunde man se exakt hur mycket som krävs för att t.ex. dockning och lossning ska fungera problemfritt. Annars får man göra tester när cellen byggts upp, men utifrån graferna över robotens rörelseområde så borde detta vara en fungerande placering.

## 5 Resultat

Resultatet tycker jag att motsvarar de kriterier som gavs i problemformuleringen. En modell för ett verktyg som klarar av de utmaningar som fanns från början med de förutsättningar och begränsningar som den befintliga roboten har. Ett viktigt konstaterande var att roboten egentligen är alldeles för liten för denna uppgift, eftersom den inte har kapaciteten att hantera fullstora plåtar. När det handlar om att förflytta hela skelettet utan att enskilt sortera detaljerna så vore det kanske lämpligare att bygga en form av skrottransportör som monteras på palettväxeln istället för att investera i en robot som har tillräcklig kapacitet, kan man konstatera i efterhand. Om man däremot behöver ett system som plockar ur detaljerna ur skelettet och sorterar dem, alternativt för detaljerna vidare till nästa arbetsmoment så lämpar sig en robot med sin flexibilitet utmärkt. Roboten och skärmaskinen som använts i examensarbetet har såpass gamla styrsystem att de saknar funktioner för att man ska kunna sammanlänka deras styrsystem, vilket skulle krävas för att möjliggöra detaljsortering. Högst troligen så kommer roboten att få någon annan uppgift än den tilltänkta nu när förutsättningarna har utretts.

## 6 Diskussion

Examensarbetet som startades tidigt hösten 2011, har tidvis känts ganska betungande, framförallt under de perioder när det gått trögt framåt, men när man väl kom igång på allvar så var det ibland svårt att slita sig och man märkte att man lärde sig nya saker hela tiden. När jag vid dokumenteringen skulle beskriva skärmaskinen så hade jag t.ex. endast tänkt beskriva funktionerna grovt eftersom de inte hade någon central roll i själva examensområdet. När jag skrev kom jag att fundera på hur lasern egentligen fungerar och tänkte att jag snabbt letar upp det på Internet så vet jag sedan. Det visade sig vara ganska komplicerat och fast jag sökte länge så hittade jag ingen förklaring som jag förstod. Det grämde mig så mycket att jag åkte till biblioteket och lånade en bok för att reda ut det. Kunskapen behövdes inte direkt för examensarbetet, men det blev en av många lärdomar som arbetet med detta har gett.

Efter att ha gjort detta utredningsarbete med faktastudier och inpassning av modeller så känner jag att jag har samlat på mig så pass mycket information om robotar och robotsystem, att jag insett att det fortfarande finns mängder att lära om dessa och det kommer jag att göra för intresset har växt med arbetet.

## 7 Källförteckning

Blomsjö Gunnar S. (2006) , Industriell Robotteknik

Bystronic (u.å.) [http://www.promaschinen.com/res/facility/bystronic\\_wide.jpg](http://www.promaschinen.com/res/facility/bystronic_wide.jpg)  
(hämtat: 11.12.2011)

Valtanen Esko. (2010) Tekniikan taulukkokirja, 18 uppl. Mikkeli: St Michel Print Oy

Fanuc Robot Series R-J2 controller S420i Maintance Manual (1996).