



**AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ**

Optimering av fixtur och operationer  
för effektivare produktion

*Johan Larsson*

VT 2010

Examensarbete 15hp, C-nivå

Maskinteknik

**Maskiningenjörsprogrammet**

**Matz Lenner/Per Blomqvist**

## ***Förord***

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete som genomförts under vårterminen 2010 på Högskolan i Gävle. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng på halvfart och avslutar mina studier på maskiningenjörsprogrammet.

Jag fransätter mig allt ansvar  
om något i denna rapport skulle tas i bruk

## ***Tack till***

Oskar, Magnus, Peter, Jörgen och alla andra på Alderholmens Mekaniska för mycket hjälp,  
åsikter och trevligt bemötande.

Min handledare på högskolan Per Blomqvist för mycket hjälp med upplägg och akademiskt stöd.

Matz Lenner som ställt upp på att vara examinator.

Alla mina klasskamrater som varit till hjälp och stöd när detta behövts.

## ***Kontakt***

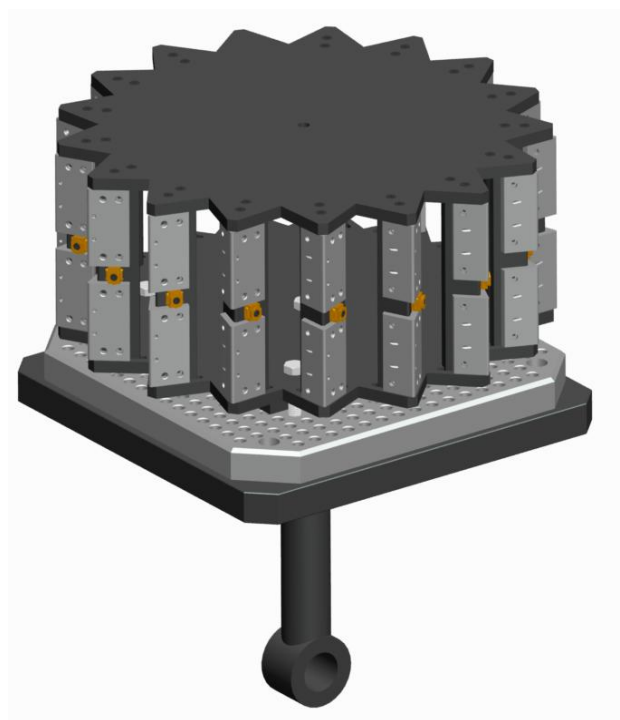
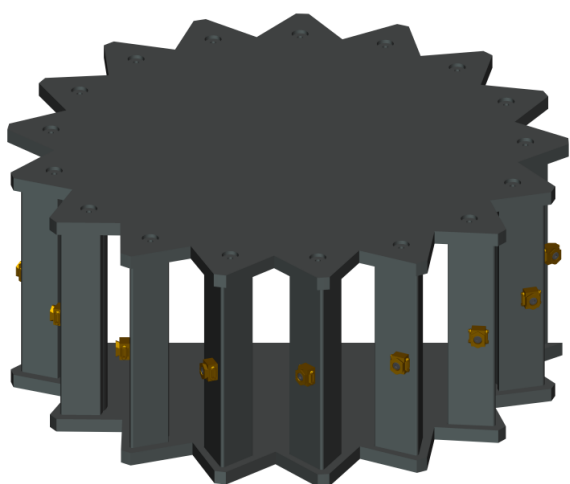
<b>Namn</b>	<b>Mail</b>	<b>Telefonnummer</b>
Johan Larsson	<a href="mailto:johan.lr.larsson@gmail.com">johan.lr.larsson@gmail.com</a>	070 – 370 95 14

## Sammanfattning

Detta examensarbete utfördes på uppdrag av företaget Alderholmens Mekaniska som är beläget i Gävle. Uppgiften var att undersöka om ett nytt fixtursystem skulle kunna minska genomloppstiden för tillverkning av en detalj i en femaxlig fräsmaskin. Fixturens, operationernas och även verktygens påverkan på bearbetningstiden behandlas i olika grad.

Med hjälp av företaget och studenter på Högskolan i Gävle har förslag på lösningar till fixturens utseende tagits fram och dessa har sedan bearbetats. Med PUGH-utvärderingar har de mest lämpade förslagen tagits fram och de förslagen har fortsatt bearbetas och sedan lett fram till slutprodukten. Dubbelverkande kilspännare fäster två detaljer per fästpunkt vilket gör att operatören skruvar fast två detaljer med en skruv.

Med en ny fixtur med fler detaljer infästa samtidigt har pallettbytestiden och verktygsbytestiden per detalj minskats och därmed genomloppstiden. Ett nytt verktyg har specificerats för att kunna slå ihop två stycken operationer i en vilket reducerar bearbetningstiden ytterligare. De tidsfaktorer som går att räkna ut innan fixturen sätts i arbete ger en reduktion på ca 25 % från nuläget till ett tänkt läge med den framtagna fixturen. Mycket optimeringsarbete återstår, men det kan inte göras innan fixturen tas i bruk och tider kan mätas.



## **Abstract**

This thesis was carried out on behalf of the company Alderholmens Mekaniska that is located in Gävle. The task was to examine whether a new fixture could reduce throughput time for production of a detail in a five-axis milling machine. The fixtures, the operations and even the tools impact on processing time are treated in different degrees.

With the help of the company and students at Högskolan i Gävle, suggestions for solutions to the fixtures appearance have been brought forth. Pugh-evaluations have been the tool with which the most suitable solutions have been chosen and these solutions have been processed further and then led to the final product. Double acting wedge clamps holds two pieces per attachment point which means that the operator fixates two parts with one screw.

A new fixture with more details fastened at the same time means that the impact table change time and tool change time has on total processing time per part is reduced. A new tool has been specified in order to merge the operations into one, reducing the processing time further. The time elements that can be calculated before the fixture is put to work provides a reduction of approximately 25% from the current situation to a hypothetical situation with the new fixture. A lot of optimization work still has to be done, but it cannot be carried out before the fixture is in use and processing times can be measured.

# Innehållsföreteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1	Projektets bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.2.1	<i>Inledande frågeställningar</i>	1
1.2.2	<i>Projektmål</i>	1
1.3	Organisationsform	2
1.4	Avgränsningar och antaganden	2
1.5	Risikanalys för projektet	2
1.6	Metod	3
1.6.1	<i>Tidsplanering</i>	3
1.6.2	<i>Pro/ENGINEER</i>	3
1.6.3	<i>Arbetsmätning med stoppur</i>	3
1.6.4	<i>Gallerimetoden</i>	3
1.6.5	<i>PUGH</i>	4
1.6.6	<i>Parvis jämförelse</i>	4
1.6.7	<i>Riskbedömning</i>	4
1.7	Teori	5
1.7.1	<i>Definition av begrepp</i>	5
1.7.2	<i>Verktysinverkan</i>	5
1.7.3	<i>Elektrokemiska spänningsserien</i>	5
1.7.4	<i>Galvanisk korrosion</i>	6
<b>2</b>	<b>Informationsinsamling</b>	<b>7</b>
2.1	Nuläge	7
2.1.1	<i>Detalj</i>	7
2.1.2	<i>Fixtur</i>	8
2.1.3	<i>Operationer</i>	8
2.1.4	<i>Verktyg</i>	10
2.2	Maskin	11
2.2.1	<i>Begränsningar</i>	12
2.3	Arbetsmätning med stoppur	12
<b>3</b>	<b>Fixturutveckling</b>	<b>14</b>
3.1	Förberedelser	14
3.2	Fixtur	14
3.2.1	<i>Koncept över generellt utseende</i>	14
3.2.2	<i>PUGH-utvärdering</i>	16

3.2.3	<i>Konceptval</i> .....	18
3.3	Förklaring av valda koncept.....	19
3.3.1	<i>Koncept 1</i> .....	20
3.3.2	<i>Koncept 2</i> .....	21
3.4	Maximala yttre mått för konceptvalen .....	22
3.5	Antal detaljer per nivå.....	22
3.6	Komponentbestämning koncept 2.....	26
3.6.1	<i>Fastspänning av detalj</i> .....	26
3.6.2	<i>Profillängd</i> .....	29
3.6.3	<i>Materialbestämning för lock och botten – Galvanisk korrosion</i> .....	30
3.7	Slutgiltigt val av fixtur .....	33
3.7.1	<i>Pugh</i> .....	35
3.8	Ämnen för komponentfästning .....	35
<b>4</b>	<b>Fixtur Anpassning</b> .....	<b>37</b>
4.1	Längdjustering .....	37
4.1.1	<i>Försänkt bottenplatta</i> .....	37
4.1.2	<i>Två detaljnivåer</i> .....	38
4.1.3	<i>Tidsskillnad mellan fyra och två detaljnivåer</i> .....	39
4.1.4	<i>Ny längd</i> .....	41
4.2	Centrering på maskinbordet .....	41
4.2.1	<i>Urfräsningar på bottenplattan</i> .....	42
4.3	Åtkomst.....	42
4.4	Skruvar och skruvhål .....	42
4.4.1	<i>Skruvhål</i> .....	42
4.4.2	<i>Skruvar</i> .....	44
4.5	Totalvikt.....	45
<b>5</b>	<b>Kostnads kalkyl</b> .....	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>Tids optimeringsfas</b> .....	<b>47</b>
6.1	Tidstjuvar .....	47
6.2	Verktygsanpassning .....	48
6.3	Operationernas nya utseende .....	49
6.3.1	<i>Val av instanstyp</i> .....	50
6.4	Tidsreducering med fixtur.....	51
6.4.1	<i>Summering av åtgärder</i> .....	51
6.4.2	<i>Nytt programutseende</i> .....	52
6.4.3	<i>Slutsats</i> .....	53
6.5	Riskbedömning .....	54

<b>7</b>	<b>Slutprodukt .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>56</b>
8.1	Projekterfarenheter .....	56
8.2	Fortsatta studier .....	57
<b>9</b>	<b>Litteraturförteckning .....</b>	<b>58</b>

## Bilagor

- 1 Gantt-schema  
*Sidan I*
- 2 Matematisk beräkning över detaljdelning  
*Sidan II*
- 3 Specifikation för ny borr  
*Sidan III*
- 4 Fixturritningar  
*Sidan IV*

# 1 Introduktion

*Introduktionskapitlet behandlar arbetets bakgrund och de steg som togs innan arbetet påbörjades.*

## 1.1 Projektets bakgrund

Alderholmens Mekaniska AB i Gävle tillverkar en detalj i en femaxlig fräsmaskin med två palletter i seriestorlek 10000 stycken per år. Detaljen produceras i aluminium och ämnen kapas upp på plats för vidare bearbetning. Alderholmens Mekaniska vill minska genomloppstiden för detaljen i fräsmaskinen. Detta kan komma att minimera tidsförluster i produktionsprocessen, vilket ska analyseras. Den uppspanning som används i dagsläget tar fyra detaljer i två skruvstycken, vilket ger upphov till många pallettbyten innan ordern är klar. Behandla huruvida en fixtur kan minska genomloppstiden. Kan övriga tider minskas, t ex verktygsbyten och onödiga maskinrörelser. En tidsanalys gjordes för att studera hur maskinen bearbetar detaljen i dagsläget och utifrån denna se vad som kan förbättras.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka genomloppstiden på detaljen, samt hur denna kan minskas. Fixturens, operationernas och till viss del även verktygens påverkan på tiden kommer att behandlas för att hitta de stora tidstjuvarna. Med utgångspunkt från företagets produktion görs en kartläggning och förslag på lösningar utreds för att effektivisera produktionen. I arbetet ingår att finna förbättrade vägar till en effektivare beredning.

### 1.2.1 Inledande frågeställningar

- Vilka är de stora tidstjuvarna, hur kan dessa elimineras?
- Kan fixturen konstrueras om för att ge en effektivare bearbetning?
- Kan operationerna i bearbetningen optimeras för en snabbare genomloppstid?
- Hur ser skillnaden ut mellan nuläge och ett eventuellt förbättringsförslag vid en jämförelse i teorin?

### 1.2.2 Projektmål

*Produktmål:*

Skapa en fixtur och optimera verktygsvägar i tillverkningen av detaljen så att produktionskostnaden reduceras.

*Processmål:*

Få fördjupade kunskaper om fixturering som ett sätt att effektivisera produktion. Utveckla det produktionstekniska tankesättet och skapa en ökad förståelse för hur verkstäder och deras produktion fungerar.

### **1.3 Organisationsform**

För att uppgiften skulle godkännas som examensarbete krävs att tre stycken poster fylls. Dessa poster är examinator, akademisk handledare och en handledare på företaget.

Examinator:	Matz Lenner
Akademisk handledare:	Per Blomqvist
Handledare Alderholmens Mekaniska:	Oskar Sannö

### **1.4 Avgränsningar och antaganden**

- Detaljens utformning kommer inte att bearbetas, denna ska vara som den är.
- 2D-ritningar som tillhandahålls av Alderholmens Mekaniska kommer användas som underlag för modellering.
- Inget av det som händer innan detaljen kommer till fräsmaskinen kommer bearbetas.
- Det som händer med detaljen efter att den lämnat fräsmaskinen kommer inte bearbetas.
- Vikten kommer läggas på att undersöka en ny fixturs inverkan på bearbetningstiden.
- Olika fixturförslag kommer att behandlas och ett eller två förslag kommer konstrueras i Pro/ENGINEER.

### **1.5 Riskanalys för projektet**

Det kan vara svårt att uppskatta tidsåtgången för varje fas i arbetet vilket kan leda till att resultatet inte faller ut som tänkt. Produkten tillverkas inte varje dag och därför kan inte heller ett exakt datum sättas för produktanalysen. Denna måste göras till stor del när maskinen går. Det är viktigt med en regelbunden kontakt med handledare och uppdragsgivare så att inte tid slösas på sådant som ändå inte hjälper arbetet. Brist på arbetslivserfarenhet påverkar projektet då information som behövs inte tas i akt på grund av okunskap. Detta gör det viktigt med bra kontakt med maskinoperatör och uppdragsgivare så att inte sådana situationer uppkommer.

En risk som är både stor och svår att förutsäga är att inte alla risker utrönas i början och därmed skapar problem under arbetets gång när de uppkommer.

## **1.6 Metod**

*För att uppfylla syftet måste ett antal metoder användas. I detta kapitel beskrivs dessa metoder.*

### **1.6.1 Tidsplanering**

För att lägga ut tid så effektivt som möjligt och dessutom ha ett dokument att gå tillbaka till och se vad som borde göras om det känns som att man sitter fast, så skapas en tidsplanering. Tidsplaneringen är i form av ett Gantt-schema som kan ses i Bilaga 1.

Fas 1        Ge underlag för arbetet.

Fas 2        Utveckla ny fixtur

Fas 3        Analysera tidsfaktorer

### **1.6.2 Pro/ENGINEER**

Pro/ENGINEER är ett CAD-program som med hjälp av moduler kan göra mycket mer än bara konstruktion, till exempel hållfasthetsanalyser och tryckpåkänningar. Under arbetets gång används Pro/ENGINEER för att konstruera en ny fixtur och för att göra tillverkningsritningar till fixturen. I rapporten kommer Pro/ENGINEER att förkortas Pro/E.

### **1.6.3 Arbetsmätning med stoppur**

Denna metod kräver att det redan utförs ett arbete som kan mätas. Vid en produktionsberedning finns det inte ett påbörjat arbete och därför inga tider att mäta. I fallet som behandlas i examensarbetet ska en redan befintlig tillverkning effektiviseras, då lämpar sig denna metod. Först måste en indelning av de olika operationerna göras. Detta ska helst göras så att gränserna är lätta att uppfatta. (Andersson, Audell, Giertz, & Reitberger, 1992, s. Kapitel: Arbetsmätning med stoppur)

I detta arbete används arbetsmätning med stoppur för att ta fram bearbetningstider på detaljen. Verktygsbyten har satts som gränser, något som kommer ganska naturligt, då detta visar på en avslutad operation.

### **1.6.4 Gallerimetoden**

Gallerimetoden är en variant av brainstorming. Den lämpar sig för mindre grupper och är särskilt lämpad för att behandla geometrier. Ledaren för sessionen beskriver det problem som skall behandlas och därefter ritlar alla deltagare deras idéer. Förklarande text används där det ter sig nödvändigt. Det viktiga steget är när alla deltagare presenterar sina förslag för de övriga. Ingen kritik mot förslag ska förekomma, då detta begränsar kreativiteten. När deltagarna sett varandras

idéer börjar de än en gång skissa på idéer. När alla skissat klart samlas förslagen in av ledaren och dubletter sorteras ur. Då detta är gjort kan förslagen bedömas.

Gallerimetoden används i arbetet för att bestämma geometrier och utseende på fixturen, men även för att bestämma fästansordningar och liknande delar.

### 1.6.5 PUGH

Med en såkallad PUGH-utvärdering eller utvärderingsmatris viktas olika förslag mot varandra för att se vilken som är bäst lämpad för syftet. Kriterier bestäms och rangordnas utifrån användningsområde och begränsningar. Ett förslag ska sättas som referens och de övriga koncepten jämföres med denna. Betygen som sätts är +, - och 0. Där + är bättre, - är sämre och 0 är lika som referensen. (Pugh, 1990, ss. 74-82)

Under arbetets gång används PUGH-utvärderingen till att välja ut de bästa av koncepten från gallerimetod-sessionerna.

### 1.6.6 Parvis jämförelse

Med en parvis jämförelse kan kriterier viktas mot varandra. Kriterierna jämförs två och två och det viktigaste kriteriet får ett poäng. Poängen summeras sedan för varje kriterium och summan bestämmer hur viktigt kriteriet är. Mer poäng betyder viktigare kriterium. En sådan jämförelse görs bäst med hjälp av en tabell. Ett exempel på sådan tabell ges i Figur 1.

	A	B	C	D	E	F	Radtotal
A	-	1	0	0	0	1	2
B	0	-	0	1	0	0	1
C	1	1	-	1	0	1	4
D	1	0	0	-	0	0	1
E	1	1	1	1	-	1	5
F	0	1	0	1	0	-	2

Figur 1 – Exempel på parvis jämförelse

### 1.6.7 Riskbedömning

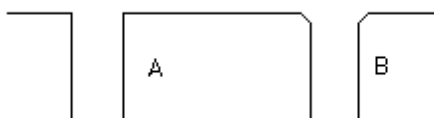
Riskbedömningen siktar på att upptäcka möjliga fel som kan uppstå vid användning av produkten för att förebygga fel och veta vad som skall åtgärdas om fel uppstår. Riskbedömningen står på tre ben, orsak, verkan och förslag på lösning. Orsak är det som skapar ett fel, verkan det som händer när det blir fel och förslag på lösning är ett möjligt sätt att förebygga eller lösa problemet. Riskbedömningen bygger på FMEA – Failure Mode and Effect Analysis. Där skapas en liknande lista som används i detta arbete, men då riskerna även skall ges ett numeriskt värde som baseras på hur stort problemet är eller hur stor risken är för att det uppkommer krävs en högre kompetens och skall helst utföras av en större grupp. Därför används denna förenkling.

## 1.7 Teori

Grundläggande begrepp som används i rapporten förklaras i avsnittet Teori.

### 1.7.1 Definition av begrepp

**Fasning:** Vid fasning ändras vinkeln på en kant. Detta är vanligt vid borrning av hål, då något ofta ska passas in i hålet är det lättare om mynningen är lite större. I Figur 2 visas genomskärning på ett hål som inte fasats (A) och ett som har fasats (B).



Figur 2 – Ofasat och fasat hål

**Försänkning:** När ett hål försänks skapas ett större hål centrerat över ett mindre. Dess vanligaste användningsområde är att ”gömma” skruv- och nitskallar, så dessa inte sticker upp ur materialet. Skillnaden mellan ett försänkt hål (B) och ett hål utan försänkning (A) kan ses i Figur 3.



Figur 3 – Försänkt hål

### 1.7.2 Verktygsinverkan

Verktygen som används i en process sätter gränsen för hur operationer kan utföras. Ett skräddarsytt verktyg kan göras så att den kan slå ihop flera operationer i en. Sandvik har en tjänst där företag kan specialbeställa verktyg med det utseende de önskar.

### 1.7.3 Elektrokemiska spänningsserien

Den elektrokemiska spänningsserien är en skala som visar hur ädel eller oädel en metall är. Spänningsserien kan ses som en axel där väte utgör origo och de ädla metallerna ligger till höger och de oädla till vänster. Ju längre ifrån varandra två metaller ligger på skalan, desto högre risk för korrosion. Denna typ av korrosion kallas för galvanisk korrosion och är den korrosion som kommer behandlas i denna rapport.

#### 1.7.4 Galvanisk korrosion

När två metaller av olika ädelhet utsätts för en elektrolyt kan såkallad galvanisk korrosion uppstå. Den oädlare metallen har lättare att förlora elektroner och dessa vandrar till den ädlare metallen varvid det bildas vätgas. De positivt laddade metalljonerna som bildats av den oädla metallen reagerar med omgivningen för att bilda stabilare ämnen. Vanligtvis sker denna reaktion med syre. Som exempel kan järn ligga i kontakt med silver i en sur vattenlösning. Järnets elektroner vandrar till silvret och reagerar på så vis att vätgas bildas. Järnjonerna reagerar sedan med syret i vattnet för att bilda järnoxid (rost).

Den galvaniska korrosion som kan uppstå i fixtursystemet är den mellan aluminium och stål. Aluminiumet är den oädlare metallen och därför är det delar i aluminium som kan komma att utsättas för korrosion. Aluminium har en speciell egenskap där oxiden som bildas vid korrosion lägger sig som en hinna över materialet och skyddar mot vidare korrosion. Rostfritt stål har samma egenskap, där kromet i det rostfria stålet bildar kromoxid som blir skyddshinnan.

## 2 Informationsinsamling

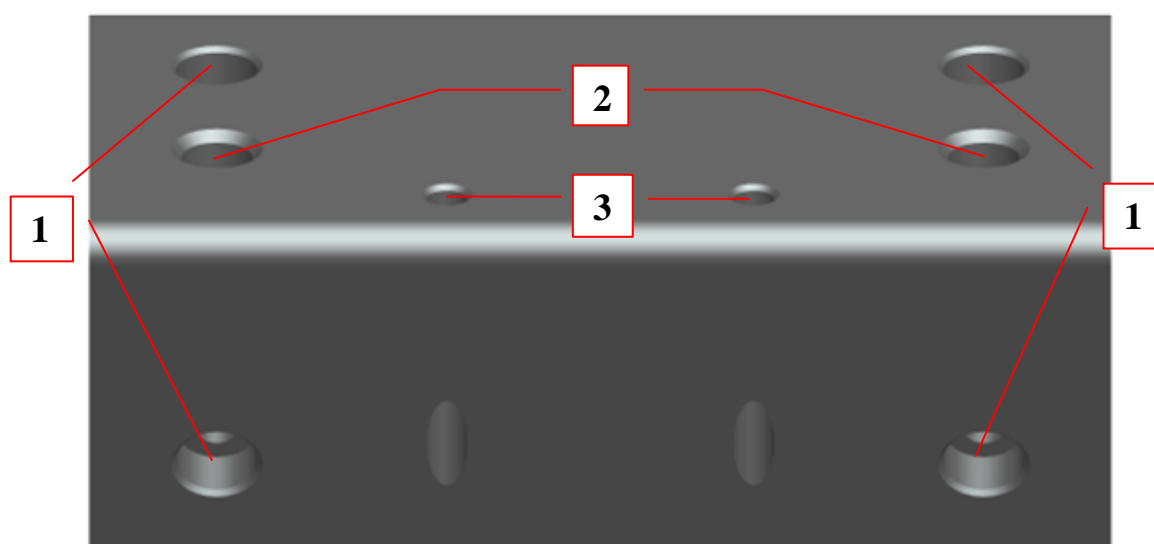
Kapitel två behandlar den information som redan finns och som använts som grund för arbetet.

### 2.1 Nuläge

Utgångspunkten för förbättringsarbetet är nuläget dvs. som detaljen tillverkas idag. I detta kapitel förklaras hur detaljen ser ut, den nuvarande fixturen, operationernas utseende och vilka verktyg som används.

#### 2.1.1 Detalj

Detaljen är en 100 mm lång aluminiumprofil som anländer extruderad och kapas till 100 mm:s längder innan bearbetning i fräsmaskin. På profilens sidor återfinns två gängade M8 hål, fyra försänkta hål där nitar ska placeras och två långa hål som borras vinkelrätt mot detaljens ena sida. Samtliga hål fasas 0,5 mm med en vinkel på 45°. Detaljen visas här i Figur 4 och de olika hålen beskrivs i Tabell 1.



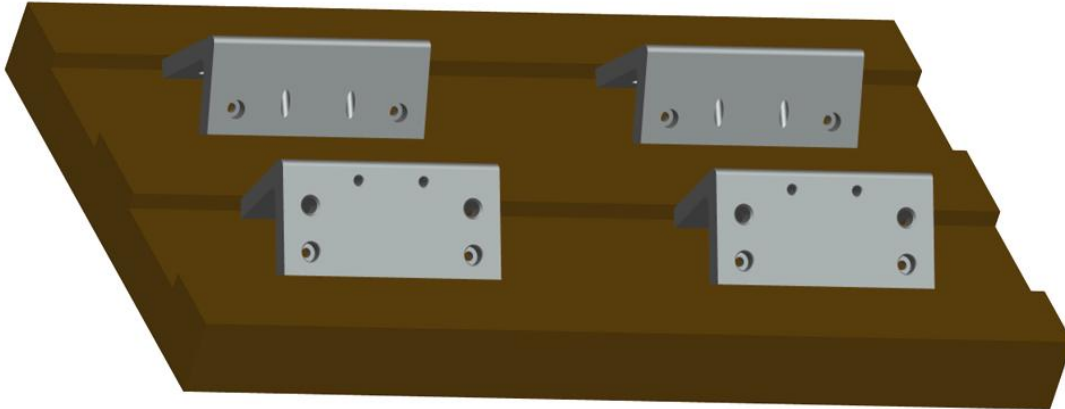
Figur 4 - Detaljöverblick

Tabell 1 – Hålförklaring

Nr.	Namn	Utseende
1	Nithål	Genomgående hål för nitar. Hålen är försänkta för att nitskallen inte ska sticka upp ovanför materialet.
2	M8	Gängade hål i storleken M8. Hålen förborras med en 6.9 mm borr innan en skärande gängtapp gör gängorna.
3	Styrhål	Hål som går genom hela materialet. Då profilen är sned genererar detta ett snett utgångshål.

## 2.1.2 Fixtur

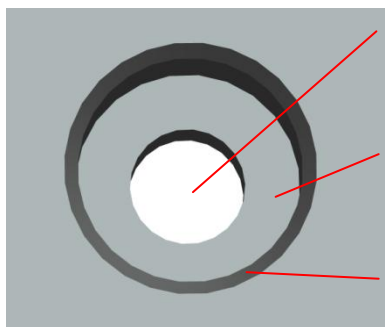
Den fixtur som används idag fäster fyra stycken detaljer med hjälp av skruvstycken. En förenklad bild över hur detta ser ut ges i Figur 5.



Figur 5 – Nuvarande fixtur

## 2.1.3 Operationer

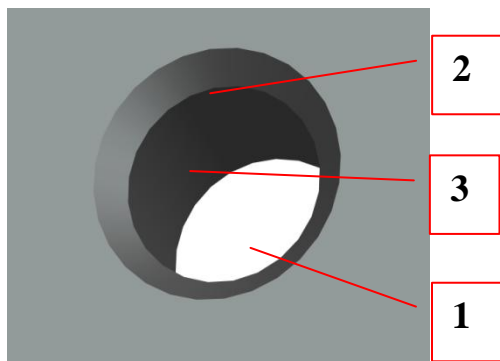
Den bearbetning som utförs av fräsen är borrarning av M8-hål, gängning av M8-hål, borrarning av nithål, dubbning av långa hål och borrarning av långa hål. Vid borrarningen av nithålen används ett verktyg som borrar, försänker och bryter kanter i ett och samma ingrepp.



Figur 6 - Nithål

Tabell 2 - Nithål

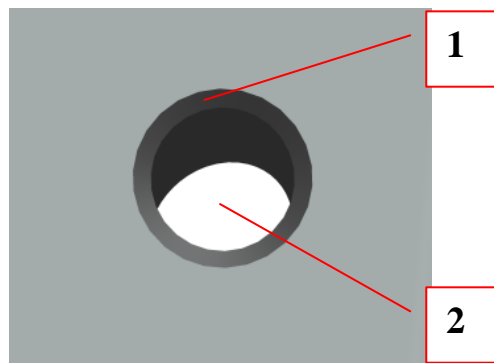
Nr	Bearbetning	Verktyg
1	Borrarning	De tre bearbetningarna görs alla av samma verktyg. Verktuget är utformat så att den i en operation skapar hålets egenskaper.
2	Försänkning	
3	Fasning	



Figur 7 – M8-hål

Nr	Bearbetning	Verktyg
1	Börning	Hålet borras upp och fasas i samma operation med ett specialutformat verktyg.
2	Fasning	
3	Gängning	En skärande gängtapp gör gängorna efter att hålet borrats upp.

Tabell 3 – M8-hål



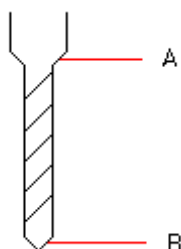
Figur 8 - Styrhål

Tabell 4 - Styrhål

Nr	Bearbetning	Verktyg
1	Fasning	Med en dubbhålsborr skapas fasningen innan hålet borras. Värt att notera är att detta inte är för att borren ska centreras utan för att skapa en fas på hålet.
2	Börning	Hålet borras med en hårdmetallborr.

## 2.1.4 Verktyg

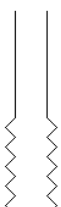
De följande verktygen används för att bearbeta detaljen.



### Fasborr 6,9 mm

Detta verktyg är en borr på 9,6 mm som avslutas med ett fasande skär med vinkeln  $90^\circ$ . Verktygets utformning kan ses i Figur 9 där A är det fasande skäret och B är borrrens skär. Denna borr förborrar de hål som sedan ska gängas.

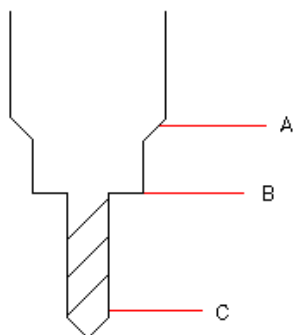
Figur 9 – Fasborr 6,9 mm



### Gängtapp M8

Denna gängtapp är av skärande typ och används vid gängningen av M8-hålen. I Figur 10 visas det generella utseendet för en skärande gängtapp.

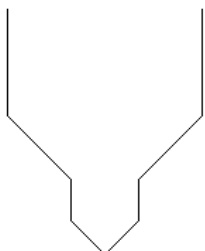
Figur 10 – Gängtapp M8



### Nithålsborr

Denna specialtillverkade borr, som kan ses i Figur 11 är utformad med en borrhållande del (C), en försänkande del (B) och ett fasande skär (A). De fasande skären ligger med en vinkel på  $90^\circ$  mot varandra. Den försänkande delen fräser försänkningen med en diameter på 8 mm. Borren är 4,1 mm och går genom hela materialet.

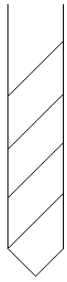
Figur 11 - Nithålsborr



### Dubbhålsborr

Dubbhålsborren används för att försänka styrhålen. Detta utförs innan styrhålen borrar. I Figur 12 visas utseendet på en dubbhålsborr. De sluttande sidorna lutar  $90^\circ$  mot varandra.

Figur 12 - Dubbhålsborr



### **Borr 4 mm**

Denna borr används vid borrhningen av de långa styrhålen. Figur 13 visar utseendet.

**Figur 13 – Borr 4 mm**

## **2.2 Maskin**

Maskinen som detaljen produceras i är en Mazak Variaxis 630-5X årsmodell -04.

Spån – spån tid: Ca 3,6 s

De fem axlar som maskinen har är (dessa visas i Figur 14):

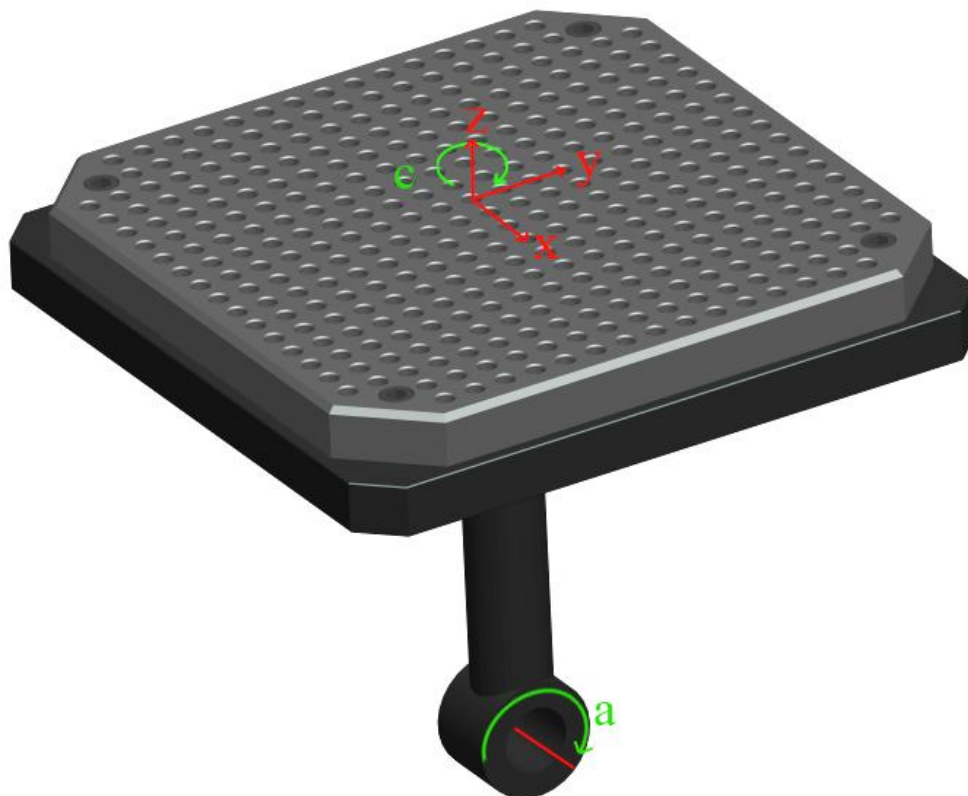
x-axel

y-axel

z-axel

a-axel

c-axel



**Figur 14 – Maskinbord med axlar**

## 2.2.1 Begränsningar

Maskinen har en begränsning för hur stor en fixtur får vara. Dessa mått kan ses i Tabell 5.

Tabell 5

Mått	Maxgräns (mm)
Höjd	500
Bredd	640
Djup	640

Det måste finnas tillräckligt med utrymme vid varje detalj i fixturen så att verktyghållaren inte slår i fixtur eller detalj.

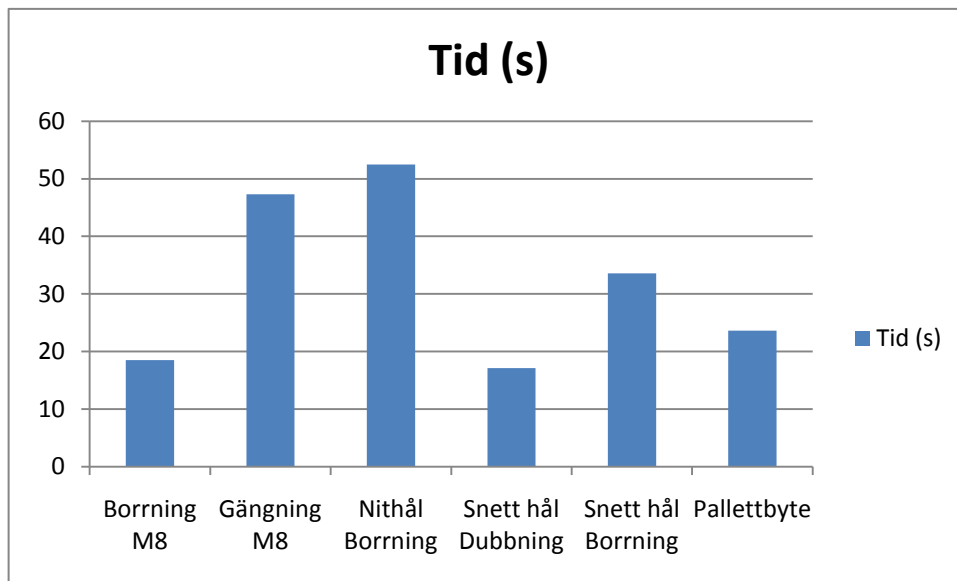
## 2.3 Arbetsmätning med stoppur

En arbetsmätning utfördes med hjälp av stoppur för att klocka den tid varje operation använder. De data som mätningen visade sammanställdes i Tabell 6. För att tydligare kunna överblicka vad tabellen visar gjordes ett stapeldiagram som kan ses i Figur 15 på sidan 13. Tiderna i Tabell 6 och Figur 15 gäller för fyra stycken detaljer. Då detaljerna sätts fast i fixturen medan maskinen kör en annan, så påverkar inte monterings tiden bearbetningstiden av detaljer.

Tabell 6 - Arbetsmätning

Operation	Tid (s)
Borrning M8	22
Gängning M8	51
Nithål Borrning	56
Snett hål Dubbning	21
Snett hål Borrning	37
Pallettbyte	24
<b>Total tid</b>	<b>211</b>
<b>Tid/detalj</b>	<b>53</b>

Under de ca 211 sekunder som maskinen bearbetar fyra detaljer så gör den 5 verktygsbyten. Med en spån-till-spån tid på 3,6 sekunder innebär det att 18 sekunder är verktygsbyten. Detta ger 4,5 sekunder verktygsbytestid per detalj i dagens läge.

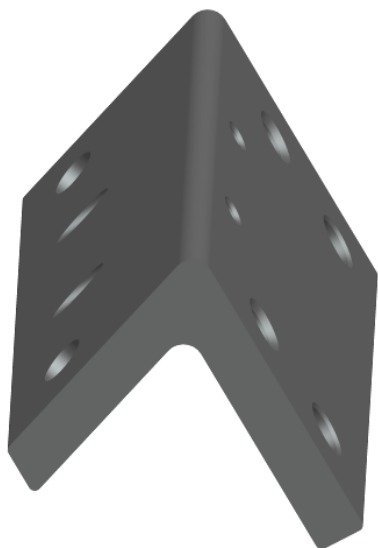


**Figur 15 – Diagram över operationernas tidsanvändande**

## 3 Fixturutveckling

Under utvecklingsfasen kommer nya idéer och koncept tas fram med hjälp av olika metoder.

### 3.1 Förberedelser



Utifrån de ritningar som Alderholmens Mekaniska tillhandahållit ritas detaljen upp i Pro/E. När fixturen sedan ritas upp kan denna modell användas för att skapa mått i fixturen så det blir rätt från början. Den färdiga modellen kan ses i Figur 16.

Figur 16 – Modell av detalj

### 3.2 Fixtur

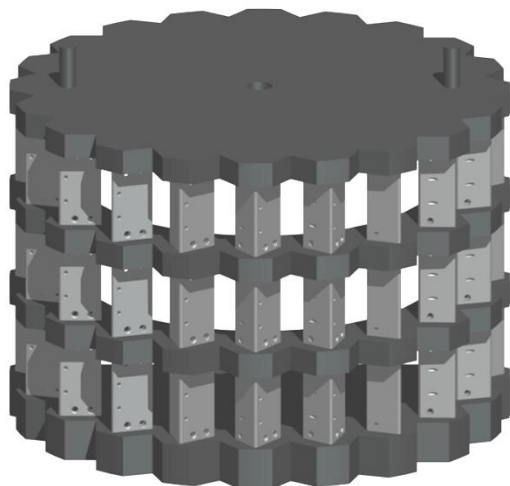
Nya fixturkoncept kommer tas fram med hjälp av Gallerimetoden. Då denna metod inte går att använda om man endast är en person, tillfrågades tredje årets maskiningenjörer på Högskolan i Gävle om att vara med i konceptframtagandet.

#### 3.2.1 Koncept över generellt utseende

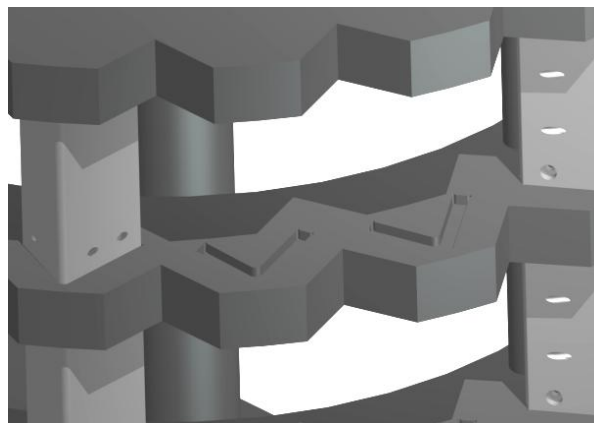
Efter gallerimetoden gallrades koncepten och de snarlika förslagen grupperades. De koncept som gavs av metoden visas i detta avsnitt.

### Koncept 1 (Figur 17)

Det första konceptet består av en bottenplatta, flera hyllplan och ett lock. Mellan varje nivå placeras detaljerna ståendes i små urfräsningar. Botten har urfräsningar på ovansidan, locket på undersidan och hyllplanen på båda sidor. Detaljerna står i dessa urfrästa fickor (Figur 18) och kläms fast av det ovanliggande planets fickor.



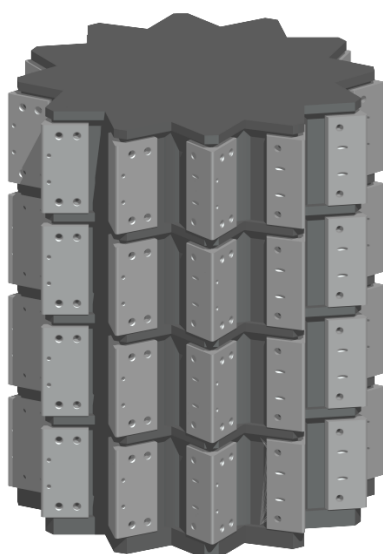
Figur 17 – Koncept 1



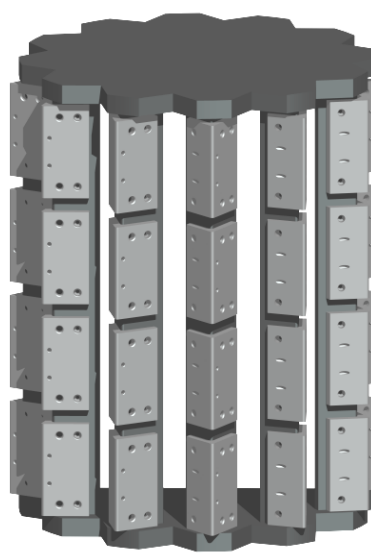
Figur 18 - Detaljfickor

### Koncept 2 (Figur 20)

Andra konceptet är en solid stjärna där varje spets är formad så att detaljer kan placeras på dem. I en annan variant av konceptet byts det solida materialet mot en topp och en botten, med aluminiumprofiler mellan dessa som bildar stjärnspetsarna (Figur 19). De profiler som används för att bilda stjärnspetsarna i detta koncept är samma profiler som används för tillverkningen av detaljerna.



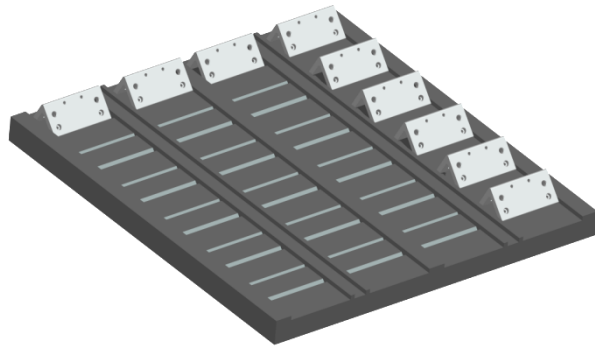
Figur 20 – Koncept 2 (Solid kärna)



Figur 19 – Variant av koncept 2 (Ingen kärna)

### Koncept 3 (Figur 21)

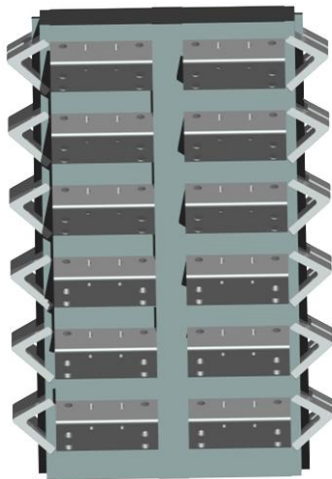
Detta är en mer utarbetad variant av den nuvarande fixturen. Detaljer läggs i spår som riktar dessa rätt. Två stycken skruvstycken klämmer åt två håll, mot två rader av detaljer. Dessa skruvstycken illustreras av dubbelväggarna i Figur 21.



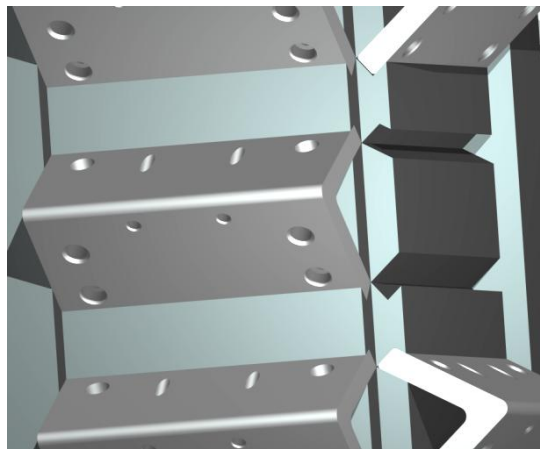
Figur 21 – Koncept 3

### Koncept 4 (Figur 22)

Det fjärde konceptet bygger på ett rättblock där detaljerna är fästa på rättblockets sidor. Denna typ av fixturer är vanliga i cnc-verkstäder. Fixturen kommer att fästas stående på maskinens pallett. På rättblockets sidor skjuts detaljerna in i urfrästa spår (Figur 23). En fastspänning som håller kvar detaljerna i spåren under bearbetningen krävs.



Figur 22 – Koncept 4



Figur 23 – Fastsättning av detalj koncept 4

## 3.2.2 PUGH-utvärdering

Fyra koncept är framtagna, men alla kan inte arbetas vidare på då detta skulle ta för lång tid och endast en fixturtyp kommer att användas. För att ta reda på vilka koncept som är bäst lämpade för vidare arbete används en PUGH-utvärdering. I utvärderingen kommer de olika koncepten ställas mot varandra med kriterier som bas. Den befintliga fixturen tas även den med i utvärderingen då det kan vara intressant hur denna står sig mot de olika förslagen. Kriterierna som används förklaras nedan.

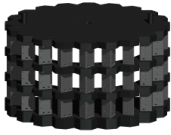

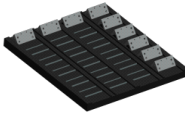
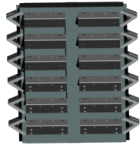
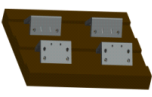
- **Produktionssäkerhet** Fixturens förmåga att skapa detaljer av bra kvalitet. God fastspänning och omöjlighet att spänna in en detalj fel är exempel på egenskaper som påverkar produktionssäkerheten. Vid en hög produktionssäkerhet ska en ny operatör kunna hantera fixturen med få instruktioner.
- **Användarvänlighet** Lätthet att använda, spänna in detaljer och hantera. Operatörens arbete ska minimeras och därmed skapa en mer gynnsam arbetstakt. Det är maskinen som ska arbeta hårt, inte operatören.
- **Möjlig kapacitet** Det möjliga antalet detaljer som kan fästas på fixturen. Maskinen kan begränsa antalet detaljer beroende på fixturens utformning. Fler detaljer är bättre.
- **Tillverkning** Fixturen ska vara enkel att tillverka. Detta innebär bland annat att tillverkningstiden bör vara låg.
- **Fastspänning av detalj** Detaljerna ska kunna fästas snabbt och korrekt i fixturen. Detta gäller även om fixturen inte är full. Detaljerna ska tillverkas mot kundorder, därför finns stor risk att fixturen vid sista körningen på ordern inte kommer vara fullt laddad.
- **Materialanvändning** Detta sammanfattar fixturens materialkostnad och vikt. Om vikten blir för hög kan det bli problem för maskinen att hantera fixturen. Materialkostnaden bör vara låg.

Kriterierna måste viktas mot varandra för att utvärderingen skall fungera som bäst. Med hjälp av en parvis jämförelse kan denna rangordning bestämmas. Kriterierna placeras i tabell som kan ses i Figur 24 på sidan 18. På raderna i tabellen ges poäng till ett kriterie om detta är viktigare än det som står i kolumnen. Varje kriteriums poäng summeras och summan av poängen ställs mot varandra, där det kriteriet med mest poäng är det viktigaste.

	Produktionssäkerhet	Användarvänlighet	Möjlig Kapacitet	Tillverkning	Fastspänning av detalj	Materialanvändning	<b>Radtotal</b>
Produktionssäkerhet	-	1	1	1	1	1	<b>5</b>
Fastspänning av detalj	0	0	0	0	-	1	<b>1</b>
Användarvänlighet	0	-	1	1	1	1	<b>4</b>
Materialanvändning	0	0	0	0	0	-	<b>0</b>
Tillverkning	0	0	0	-	1	1	<b>2</b>
Möjlig Kapacitet	0	0	-	1	1	1	<b>3</b>

**Figur 24 – Parvis jämförelse**

De nu viktade kriterierna placeras i PUGH-matrisen (Figur 25) och koncepten utvärderas utifrån kriterierna.

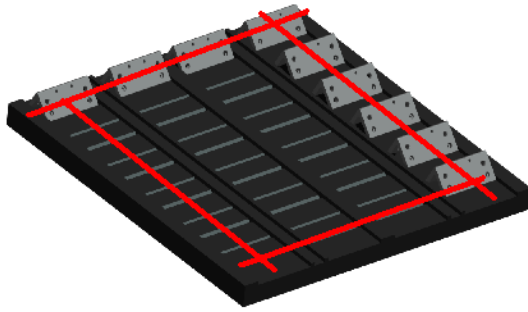
					
Det viktigaste kriteriet placeras överst.	<b>Koncept 1</b>	<b>Koncept 2</b>	<b>Koncept 3</b>	<b>Koncept 4</b>	<b>Befintlig</b>
<b>Produktionssäkerhet</b>	R	+	-	S	-
<b>Användarvänlighet</b>	E	+	+	+	-
<b>Möjlig Kapacitet</b>	F	S	-	-	-
<b>Tillverkning</b>	E	+	-	-	+
<b>Fastspänning av detalj</b>	R	+	+	+	-
<b>Materialanvändning</b>	E	+	-	-	+
	N				
<b>Summa +</b>	S	5	2	3	2
<b>Summa -</b>		0	4	3	4
<b>Summa S</b>		1	0	0	0

**Figur 25 – PUGH-utvärdering (ett plus innebär bättre, ett minus sämre och S lika bra som referens)**

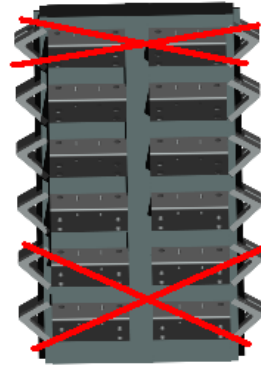
### 3.2.3 Konceptval

PUGH-utvärderingen (Figur 25) visade att koncept 1 och 2 har störst potential av de olika koncepten. Dessa kommer därför att utvecklas vidare. Dessa koncept visar sig i Pugh-utvärderingen vara bättre än den befintliga.

Även om koncept 4 är lätt att använda och gör det i princip omöjligt att placera en detalj fel brister både den och koncept 3 på några viktiga punkter. Maskinen kommer inte kunna bearbeta de detaljer som ligger nära kanterna i koncept 3 (Figur 26) och nära topp och botten i koncept 4 (Figur 27). De röda linjerna visar vilka detaljer som inte kan bearbetas helt i maskinen.



**Figur 26 – Reducering av detaljer**



**Figur 27 – Reducering av detaljer**

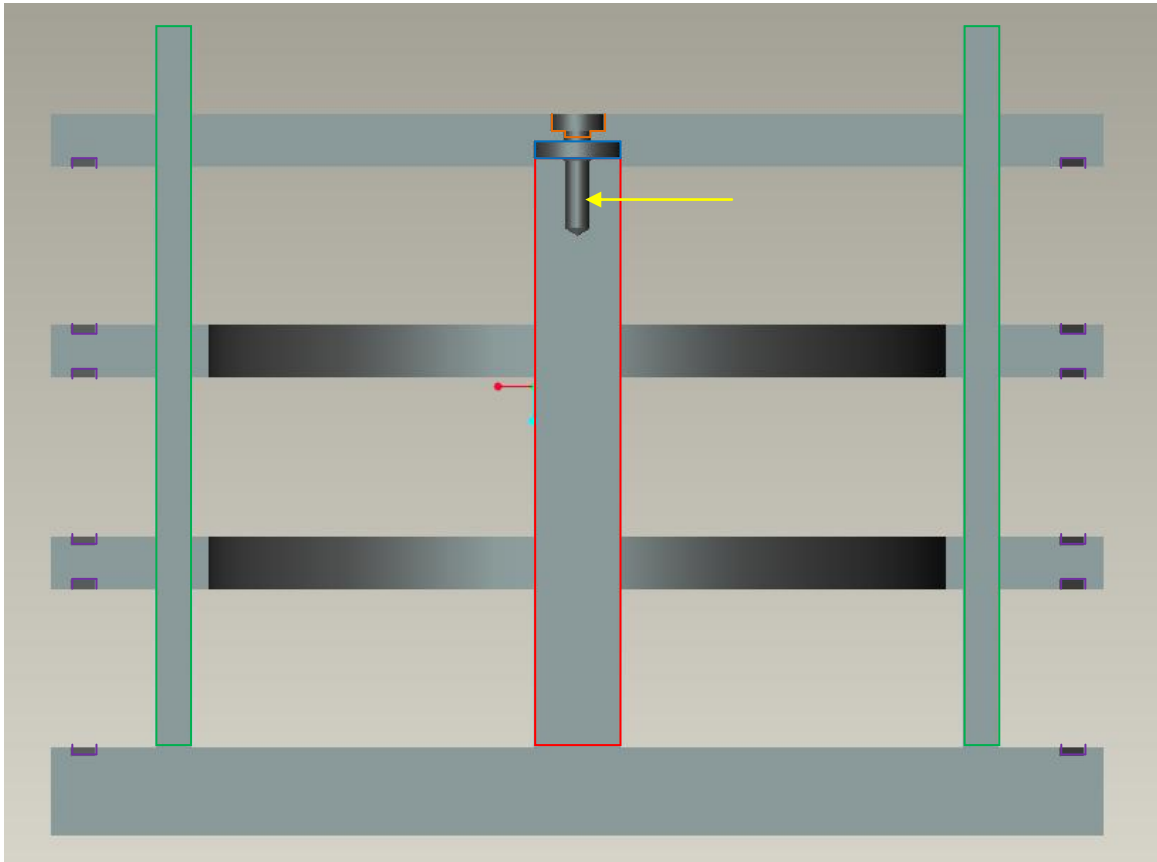
Tillverkningen av dessa två koncept kommer vara krånglig på grund av urfräsningar som måste vara exakta för att detaljer ska sitta på rätt positioner.

### **3.3 Förklaring av valda koncept**

Koncept 1 och koncept 2 förklaras här mer ingående.

### 3.3.1 Koncept 1

Koncept 1 består av flera delar med specifika funktioner. I Figur 28 och Tabell 7 beskrivs de olika delarna och dess funktioner.



Figur 28 – Delförklaring

Tabell 7 – Förklaring till Figur 28

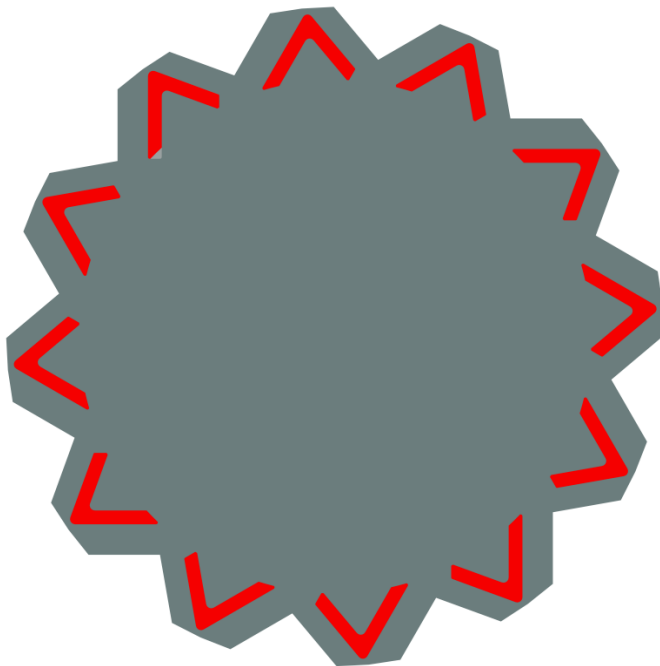
Färg	Detaljnamn	
<b>Röd</b>	Mittstång	Mittstångens huvudfunktion är att binda samman topp och botten, men även att styva upp fixturen så denna inte böjer sig när maskinbordet står i horisontalläge. Locket skruvas fast mot mittstången och detta kommer generera trycket som håller ihop fixturen och håller detaljerna på plats.
<b>Grön</b>	Styrpinnar	Styrpinnarna håller lock och hyllplan på plats så dessa inte börjar rotera kring mittstången.
<b>Lila</b>	Detaljspår	Spåren som detaljer skall stå i.
<b>Gul</b>	Gängat hål för lockskruv	Lockskruven kommer att skruvas fast i detta gängade hål. I detta skede appliceras ett tryck på alla detaljer.

<b>Blå</b>	Hål för mittstång	Här passas mittstången in i locket. Viktigt är att hålet är djupare än vad mittstången kan gå ner. Då en klämmande kraft på detaljerna är ett måste får inte mittstången hindra locket från att gå så långt ned som krävs.
<b>Orange</b>	Hål för skruv	Hålet där lockskraven skall passas in för att skruvas fast i mittstången. Detta hål är försänkt så skruvskallen inte sticker upp.

I detta koncept kan alla delar till fixturen göras i stål, vilket kommer utesluta galvanisk korrosion. Detaljerna kommer att vara i aluminium så det finns en risk för korrosion även om fixturen skulle göras helt i stål. Aluminium är dock oädlare än stål vilket betyder att själva fixturen i detta fall inte skulle utsättas för korrosion. I nuläget används skruvstycken av stål för att spänna fast detaljerna, men ingen synlig korrosion uppkommer på detaljerna.

### 3.3.2 Koncept 2

Koncept 2 består av en bottenplatta och en topplatta (lock). Mellan dessa två plattor går aluminiumprofiler, samma profiler som används till detaljerna. Dessa kan ses som de röda områdena i Figur 29. Notera att fler profiler kan användas, så länge inte plattan blir för stor för maskinbordet eller detaljerna kommer så nära varandra att inte maskinen kommer åt att bearbeta.



Figur 29 – Förklaring

Koncept 2 skiljer sig från koncept 1 i att det inte är lika ingående och därför krävs vidare utveckling. Fastspänningsmetod måste bestämmas. Materialet i plattorna måste väljas. För att ta fram ett lämpligt material måste galvanisk korrosion uteslutas.

### 3.4 Maximala yttre mått för konceptvalen

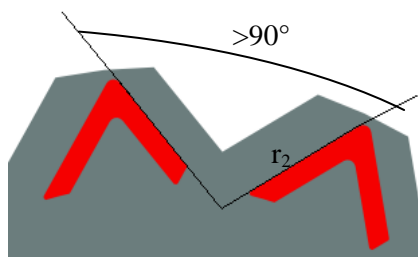
För att fixturkoncepten ska få plats i maskinen måste dess yttre mått hålla sig inom maskinbordets begränsningar. Bordets tillåtna mått kan ses som ett rätblock med höjden 500 mm och basen 640 x 640 mm. Dessa mått kan ses i Tabell 5 på sidan 12.

Koncept 1 och 2 kan ses som två cylindrar med en diameter och en höjd. Den maximala höjden på koncepten blir således 500 mm. Detta är ett viktigt mått, då det direkt begränsar antalet detaljer som fixturerna kan hålla. Eftersom fixturerna är konstruerade så att bearbetning sker på fixturernas sidor finns ingen risk för kollision mellan verktyg och fixturernas topp.

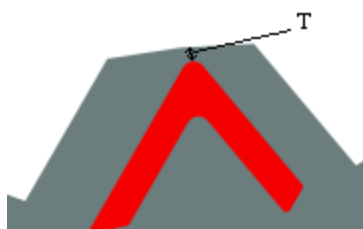
Konceptens diameter kan göras så stor som 640 mm i teorin, men då finns det en risk att verktyg kan komma att slå i fixturen om ett långt verktyg går över den, därför är ett spelrum önskvärt. Den maximala diametern som fixturerna får ha sätts därför till 600 istället för 640 mm.

### 3.5 Antal detaljer per nivå

När yttermåttarna på koncepten är bestämda så kan antalet detaljer per nivå i fixturen bestämmas. Då båda koncepten bygger på cylinderform så kommer detta antal vara lika för båda fixturkoncepten. Det som begränsar är den maximala diameter som i tidigare kapitel sattes till 600 mm och att vinkeln mellan två detaljer bör vara större än 90 grader (Figur 30) för att inte verktygshållaren skall slå i närliggande detaljer vid bearbetning.



Figur 30 – Vinkel mellan detaljer



Figur 31 - Godstjocklek

För att profilerna skall sitta ordentligt i bottenplattan måste dessa gå ner i materialet. Detta innebär att material måste fräsas bort så att en ficka skapas där profilen passar. För att fickan skall komma att hålla krävs en viss godstjocklek mot cirkelns kant. Denna kan ses som T i Figur 31.

Den diameter som profilerna ska följa kallas för  $D_{profil}$  och ges med hjälp av ytterdiametern, 600 mm, och tjockleken, T. Hur  $D_{profil}$  räknas fram visas i ekvation (3.5.1).

$$D_{profil} = D_{botten} - 2T \quad (3.5.1)$$

$D_{profil}$  = profilernas placering från centrum

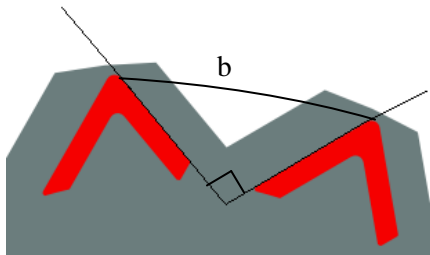
$D_{botten}$  = ytterdiameter bottenplatta

$T$  = godstjocklek mot ytterdiameter

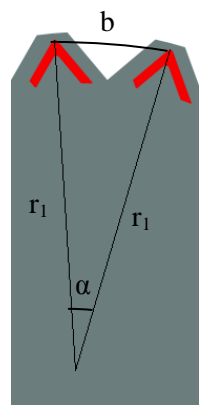
Godstjockleken sätts till 10 mm för att ge ordentliga väggar till fickorna, vilket ger ekvation (3.5.2).

$$D_{profil} = 600 - 2 \cdot 10 = 580 \text{ mm} \quad (3.5.2)$$

Denna nya diameter kommer att användas vid senare beräkning. Varje detalj kan sägas höra till en cirkelsektor. Utseendet på denna sektor kan ses i Figur 32, där  $r$  är halva  $D_{de}$ ,  $\alpha$  är cirkelsektorns vinkel och  $b$  är båglängden. I Figur 33 bildas en cirkelsektor med samma båglängd som den i Figur 32.



Figur 33 – Cirkelsektor mellan detaljer



Figur 32-  
Cirkelsektor

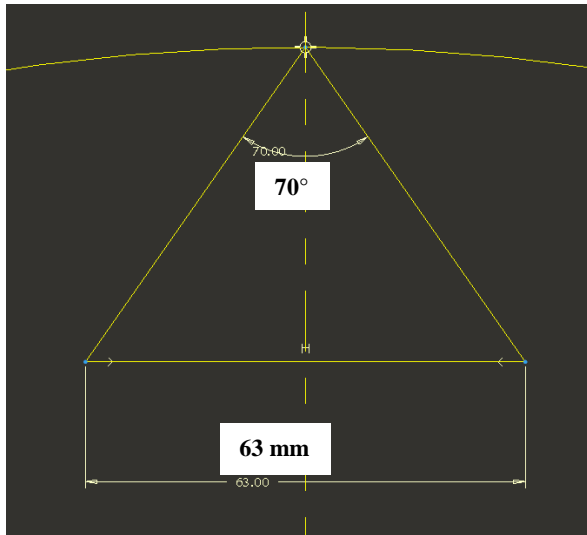
Antalet detaljer,  $n$ , ges av ekvation (3.5.3).

$$n = \frac{360}{\alpha} \quad (3.5.3)$$

$n$  = antal detaljer

$\alpha$  = delning

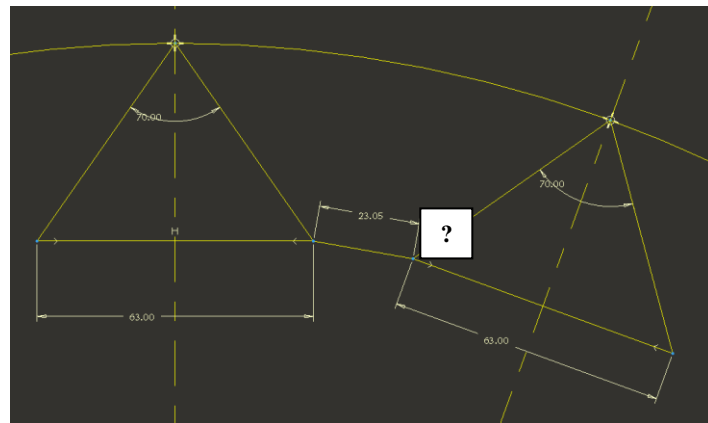
För matematisk uträkning av alfa se Bilaga 2. Här visas en grafisk lösning över problemet. Med hjälp av Pro/E skapas en sketch över fallet. Genom att föra in de kända faktorerna kan de okända värdena bestämmas.



Figur 34 - Triangelement

I sketchen så kommer profilerna att förenklas som likbenta trianglar med basen 63 och vinklarna 70°, 55° och 55°. I och med detta så måste  $D_{de}$  ökas något, på grund av att triangeln blir något högre än profilen.  $D_{de}$  sätts till 584 mm. Triangeln kommer att vara låsta till cirkeln i sina spetsar och vara symmetriska kring en linje som skär cirkelcentrum (Figur 34). Två stycken sådana triangelement skapas med samma randvillkor.

Ett minsta avstånd mellan profilerna måste bestämmas, då  $a$  beror av denna (Figur 35). Avståndet sätts till 27 mm. 2 profiler ger två godstjocklekar, den största borren är 8 mm i diameter och sedan ett litet avdrag för att triangeln är lite större än profilerna i sina spetsar. Måttet ges av ekvation (3.5.6).



Figur 35 – Avstånd mellan element

$$a = n \cdot T + D_{borr} - C = 2 \cdot 10 + 8 - 1 = 27 \text{ mm} \quad (3.5.6)$$

$a$  = avstånd mellan profiler

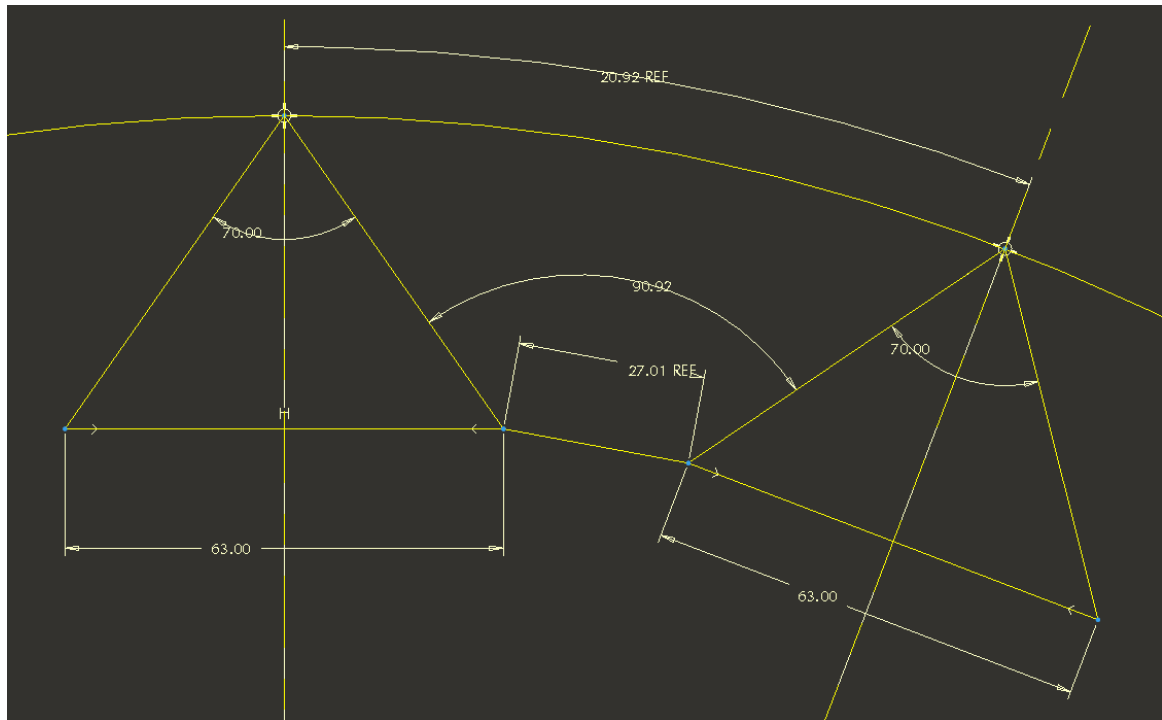
$n$  = antal profiler

$T$  = godstjocklek

$D_{borr}$  = största borrens diameter

$C$  = kompensation för att profilerna ej är helt triangulära

När detta mått sätts in i sketchen ges de två vinklar som är intressanta. Vinkeln mellan profilerna som ska vara större än  $90^\circ$  blir  $90,92^\circ$  och vinkeln mellan profilernas spetsar blir  $20,92^\circ$  (Figur 36).



**Figur 36 – Svar på grafisk lösning**

20,92 sätts in i ekvation (3.5.3) och ger ekvation (3.5.7).

$$n = \frac{360}{20,92} = 17.2 \quad (3.5.7)$$

Avrundning nedåt ger 17 stycken detaljer per nivå om de uppsatta kraven skall gälla. För att finna den nya vinkeln sätts 17 in istället för  $n$  i ekvation (3.5.3) och ger ekvation (3.5.8) som då ger gällande  $\alpha$  för 17 stycken detaljer.

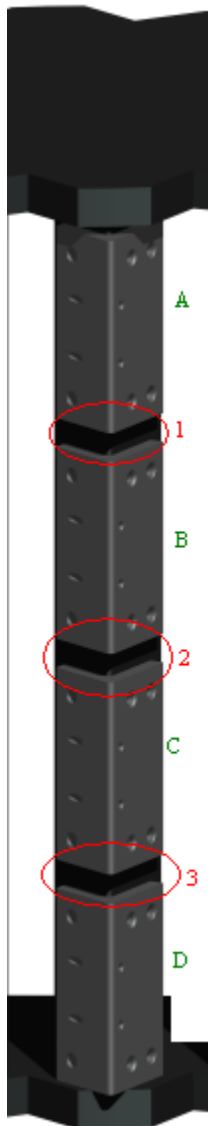
$$\alpha = \frac{360}{17} \approx 21,18^\circ \quad (3.5.8)$$

Delningsvinkeln för 17 detaljer blir 21,18 grader.

### 3.6 Komponentbestämning koncept 2

Som tidigare nämnt så måste koncept 2 kompletteras med komponenter för att denna skall fungera i praktiken. I detta avsnitt behandlas delarna som fattas och lämpliga alternativ väljes.

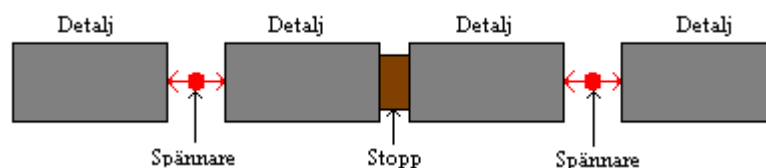
#### 3.6.1 Fastspänning av detalj



Fastspänningen som skall användas bör vara enkel att använda, skapa fasta nollpunkter för samtliga detaljer och få plats mellan detaljerna. De områden där fastspänningskomponenter kan fästas är markerade med röda cirklar i Figur 38.

Fyra detaljer ger tre olika antal spännpunkter, en, två eller fyra. Detta betyder att spännmekanismen klämmer på en, två eller alla bitar. Det enklaste att åstadkomma är en spänning per bit. Detta skulle innebära att tre av spänningsanordningarna spänner på en bit och fungerar som stopp på en annan. Exempel på detta: Inspänningspunkt 2 klämmer på detalj B och agerar som stopp åt detalj C om spännpunkternas klämkraft är riktad uppåt i Figur 38.

Vid fallet med två fästkomponenter så separeras stopp och spännanordning. Botten och lock agerar som stopp för detaljerna A och D och ett stopp placeras på punkt 2 för detaljerna B och C. I punkt 1 och 3 finns spännanordningar som trycker åt båda håll. Detta spänningssätt är inte mycket mer komplicerat än med fyra stycken spännanordningar. Figur 37 visar mer utförligt hur detta kommer att fungera.



Figur 37 – Två fästkomponenter

Figur 38 - Fastspänning

Vid användandet av en spännanordning bör varje detalj ha ett individuellt stopp där nollpunkten kan sättas. Alla detaljerna måste stå stabilt då operatören inte kan hålla fast alla medan han spänner fast dem. Denna typ av spänning kommer med största sannolikhet behöva stort utrymme för fästarmar. Utrymmet som krävs kommer då bli fixturens längd uppåt eller åt sidorna, beroende på hur denna spännanordning kommer se ut.

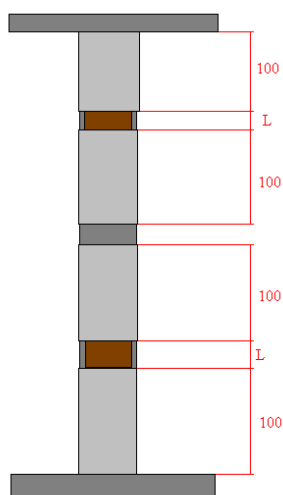
## Spännanordningar

Då det finns begränsat med utrymme i maskinen bör de valda spännanordningarna vara så korta som möjligt. Eftersom fixturkroppen kommer medföra arbete för Alderholmens Mekaniska så bör arbetet gällande de övriga delarna minimeras. Detta innebär att endast standardkomponenter kommer att undersökas vid fästnanordningar. Sökandet kommer att göras i kataloger som tillhandahålls av Alderholmens Mekaniska, från företag som tillverkar komponenter. Företagen är Halder, Schunk, och OK-VISE som har lämpliga spännsystem, dock inga små enkelverkande sådana. Därför analyseras endast dubbelverkande spännanordningar.

Tre stycken möjliga komponenter hittades i katalogerna, en från varje företag. Dessa har olika mått och då det är längden som i detta skede är den begränsande faktorn jämfördes deras maximala längder mot varandra.

Tabell 8 - Spännanordningar

Företag	Komponentbeteckning	Minimilängd (mm)	Maximilängd (mm)
Halder	EH2325.112	42	49
Schunk	KSE 21-G8	35	39.5
OK-VISE	AK2-VT-S0	20	25



Figur 39 - Fixturlängd

En enkel handräkning utförs på de två kortaste för att se hur mycket plats som blir över på profilerna om en av dessa spännanordningar används. I Figur 39 finns de måtten som används i beräkningen. I denna figur står  $L$  för spännanordningens längd. Måtten för stopp, botten och lock visas inte i denna figur, då dessa kommer beräknas senare, med den kvarvarande längden som grund.

Ekvation (3.6.1) visar hur den kvarvarande längden kan räknas ut.

$$L_{k \text{ var}} = L_{\max} - 4 \cdot L_{\text{det}} - 2 \cdot L \quad (3.6.1)$$

$L_{k \text{ var}}$  = Kvarvarande längd

$L_{\max}$  = Maskinens maximala höjd

$L_{\text{det}}$  = Detaljens längd

$L$  = Spännanordningens längd

Längden på Schunk's KSE 21-G8 sätts in som L i ekvation (3.6.1) och ger ekvation (3.6.2), där resultatet blir en kvarvarande längd på 30 mm.

$$L_{k\text{ var1}} = 500 - 400 \cdot 100 - 2 \cdot 39.5 = 21 \text{ mm} \quad (3.6.2)$$

Om istället OK-VISE AK2-VT-S0 används blir den kvarvarande längden 50 mm, som kan ses i ekvation (3.6.3).

$$L_{k\text{ var2}} = 500 - 4 \cdot 100 - 2 \cdot 25 = 50 \text{ mm} \quad (3.6.3)$$

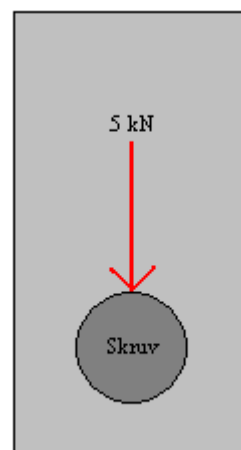
Detta visar en betydande skillnad i kvarvarande längd. Längden som blir över skall räcka till bottenplatta, lock och stopp. De 29 mm som skiljer fallen gör stor skillnad på utrymmet och därför skulle då den mindre vara det bästa alternativet.

### **Stopp**

Fortsatt undersökning i Halder:s, Schunk:s, och OK-VISE:s kataloger gav inga alternativ på stopp. Via diskussion med Alderholmens Mekaniska visar det sig att skruvar kan användas som ett alternativ till stopp. Ett billigt alternativ som klarar av att uppfylla uppgiften att agera som stopp och ge en nollpunkt åt de båda mitre bitarna. För att inte stoppen skall bli olika beroende på vilken position skruvarna står i används insexskruvar, då deras skallar är runda. MC6S-M6 har en skalldiameter på 10 mm. För att denna skruv inte skall skjuvas när detaljerna dras åt, måste skjuvkraften beräknas.

Två skruvar på var sin sida om profilen är utgångspunkt, då detta minst krävs för att få ett symmetriskt och stabilt stopp. En detalj trycks mot skruvarna med kilspännarens spännkraft 10 kN. Kraften fördelas på de båda skruvarna och ger således en tryckkraft på 5 kN på vardera. I Figur 40 kan en förenkling av detta fall ses.

Skjuvhållfastheten hos en skruv är ca 60 % av dess draghållfasthet, ekvation (3.6.4) används för att beräkna detta.



**Figur 40 - Skjuvkraft**

$$\sigma_{skjuv} = 0,6 \cdot \sigma_{drag} \quad (3.6.4)$$

$$\sigma_{skjuv} = \text{Skjuvhållfasthet}$$

$$\sigma_{drag} = \text{Draghållfasthet}$$

Skruvars brottgräns bestäms av den hållfasthetsklass som de tillhör. Beräkning kommer att utföras med hållfasthetsklass 8.8. Första siffran multiplicerat med 100 ger den nominella brottgränsen i  $N/mm^2$  och andra siffran multiplicerat med 10 ger den procentuella skillnaden mellan sträckgräns och brottgräns.<sup>1</sup> Hållfasthet 8.8 har således en nominell brottgräns på  $800 N/mm^2$  och en sträckgräns på 80% av brottgränsen. I ekvation (3.6.5) räknas sträckgränsen ut.

$$\sigma_{sträck} = 0,8 \cdot \sigma_{brott} = 0,8 \cdot 800 = 640 \frac{N}{mm^2} \quad (3.6.5)$$

Om sträckgränsen sätts in i ekvation (3.6.4) ges ekvation (3.6.6).

$$\sigma_{skjuv} = 0,6 \cdot 640 = 384 \frac{N}{mm^2} \quad (3.6.6)$$

Den spänning som genereras i skruven då kilspännaren trycker ut sin maximala kraft visas i ekvation (3.6.7), där A är skruvens area och F är kilspännarens kraft.

$$\sigma_{skruv} = \frac{F}{A} = \frac{5000}{20,1} \approx 250 \frac{N}{mm^2} \quad (3.6.7)$$

När denna spänning är bestämd kan säkerhetsfaktorn bestämmas. Denna uträkning visas i ekvation (3.6.8).

$$n_s = \frac{\sigma_{skjuv}}{\sigma_{skruv}} = \frac{384}{250} = 1,536 \quad (3.6.8)$$

En säkerhetsfaktor på ca 1,5 är lågt, men kan i detta fall vara bra för att undvika att skruven trycker sönder profilerna som de är fastskruvade i. Istället kommer skruven att gå sönder innan den hinner trycka undan material i profilen. Dock så kommer en avskjuvad skruv att vara svår att lossa ur skruvhålet. Detta kan lösas genom att öka hållfasthetsklassen i skruven till nästa nivå, som är 10.9, men då finns risken att profilen skadas fortfarande kvar.

### 3.6.2 Profillängd

Profilernas längd kommer att bestämmas av antal detaljer på höjden, spännanordningarnas medellängd och stoppens längd. Tidigare användes spännanordningarnas maximala längd, något som fungerar för en jämförelse, men om profillängden bestäms utifrån denna längd kommer inte spännarna att kunna greppa detaljerna. Genom att använda medellängden så kan spännarna greppa lite mindre och lite större längder, något som innebär att fixturen klarar toleranser på detaljerna.

---

<sup>1</sup> [http://www.bufab.com/Portals/0/090330Teknikhandboken\\_72\\_dpi\\_090327.pdf](http://www.bufab.com/Portals/0/090330Teknikhandboken_72_dpi_090327.pdf) Sidan 26

Profilernas längd bestäms med ekvation (3.6.5) där  $L_{det}$  är detaljlängden,  $L_{msp}$  är medellängden hos spännanordningen och  $D_{M6S}$  är skruvskallens diameter hos en M6S-skruv.

$$L_{profil} = 4 \cdot L_{det} + 2 \cdot L_{msp} + D_{M6S} \quad (3.6.5)$$

$$L_{profil} = \text{Profilernas längd}$$

$$L_{det} = \text{Detaljens längd}$$

$$L_{msp} = \text{Spännanordningens medellängd}$$

$$D_{M6S} = \text{Skruvskallens diameter på M6S – skruv}$$

Måtten förs in i ekvation (3.6.5) och ger ekvation (3.6.6).

$$L_{profil} = 4 \cdot 100 + 2 \cdot 22,5 + 10 = 455 \text{ mm} \quad (3.6.6)$$

Profilernas längd utan nedsänkning i bottenplatta och lock blir 455 mm.

### 3.6.3 Materialbestämning för lock och botten – Galvanisk korrosion

När koncept 2 är i maskinen kommer aluminium vara i kontakt med stål. Profilerna består av aluminium och bordet är gjort av stål, vilket innebär att oavsett om lock och botten tillverkas av stål eller aluminium så kommer dessa två metaller möta varandra. När sedan kylvätskan spolas på fixtur och bord kan den agera som elektrolyt. Därför kan galvanisk korrosion förekomma, något som ska förebyggas. Vilket material bottenplatta och lock ska bestå av är inte bestämt, men detta kommer bestämmas i detta avsnitt.

Eventuell korrosion kommer att uppstå vid kontaktpunkter mellan aluminium och stål. Var kontaktpunkterna uppstår är beroende på vilket material lock och botten är gjorda i. I Figur 43 på sidan 33 visas att om bottenplattan och locket tillverkas i aluminium uppstår korrosionspunkter runt om bottenplattan. Skälet till varför ingen korrosion uppstår på plattans undersida är att dit når inte kylvätskan. Både kravet på kontakt och närvarande elektrolyt måste uppfyllas för att korrosion skall uppstå. Om bottenplatta och lock skulle tillverkas i stål så bildas korrosionspunkter där aluminiumprofilerna möter lock och botten (Figur 44, sidan 33).

Den skärvätska som används i bearbetning av detaljerna är Quakercool® 3890. Denna skärvätska är sammansatt så att den bland annat förhindrar korrosion. Aluminium bildar vid korrosion ett ytskikt av aluminiumoxid som skyddar mot vidare korrosion. Huruvida denna hinna är tillräckligt stark för att klara av den eventuella korrosionen är dock inte bestämt.

I maskinen används dock ett aluminiumblock med flertalet gängade hål, som skruvas fast direkt i maskinbordet. Denna används regelbundet med samma skärvätska utan att påvisa galvanisk korrosion. Plattan fanns redan i maskinen när Alderholmens Mekaniska köpte in den för ett år sedan och de uppskattar att den använts några år innan dess. Aluminiumplattan kan ses i Figur 41 och Figur 42.



**Figur 41 – Aluminiumplatta, hörn**



**Figur 42 – Aluminiumplatta långsida**

Legeringen som detaljerna består av är 6005A och således är även profilerna till fixturen gjorda i detta material. Denna legering tillhör 6000-serien och har god resistans mot korrosion. Så här skriver Agarwal, Gokhale, Graham och Horstemeyer (Agarwal, Gokhale, Graham, & Horstemeyer, 2003, ss. 35-42) om aluminium 6000-serien i *Materials Science and Engineering A* (2003, s. 35): *6XXX series of wrought aluminum alloys are widely used for automotive and aerospace structural applications due to their good extrudability, weldability, and excellent corrosion resistance.*

Även fast risken för korrosion är låg bör ändå en analys över var korrosion skulle kunna uppstå och utifrån detta bestämma vilket material som bäst lämpar sig till lock och botten. Kriterierna för denna jämförelse hämtas ur *Electrochemical Theory of Galvanic Corrosion* (Oldfield, 1988, ss. 13-15)

#### **Kriterier:**

- Elektrodpotential
- Reaktionskinetik
- Typ av förband
- Total geometri
- Elektrolytens egenskaper
- Egenskaper hos skyddsfilm

- Legeringssammansättning

Då detta gäller en jämförelse mellan två olika alternativ så kan de kriterier som kommer att bli lika för de båda fallen att strykas. Alla kriterier förutom den totala geometrin kommer att bli lika då samma elektrolyt, material och förband kommer att användas. Kriteriet för total geometri kan delas upp i tre delar, katod-anod förhållande, antal galvaniska celler och korrosionsyta (Oldfield, 1988, s. 15) . Dessa tre kriterier förklaras nedan.

### **Katod-anod förhållande**

Detta är förhållandet mellan mängden katod mot mängden anod, i detta fall är stålet katod och aluminiumet anod. En högre mängd stål ger större korrosion och en lägre mängd stål ger mindre eller ingen korrosion. (Oldfield, 1988, s. 15) En låg mängd stål är därför att föredra.

### **Antal galvaniska celler**

En galvanisk cell är ett område där galvanisk korrosion uppstår. Få antal celler innebär mindre korrosion.

### **Korrosionsyta**

Ytan där stål är i kontakt med aluminium. Så liten kontakt som möjligt är att eftersträva. Fallens kontaktyta kan räknas ut för de båda fallen. Med lock och botten av aluminium är det bottens kanter som ligger mot maskinbordet i stål. I Figur 43 kan ses att detta blir bottens omkrets, som är 2567 mm. Korrosionsytan hos profilerna (Figur 44) ges av ekvation (3.6.7) där  $O_{tot}$  är den totala omkretsen hos alla profiler,  $O_{profil}$  är omkretsen kring en profils tvärsnitt. Antalet profiler är som tidigare uträknat 17 stycken och varje profil är fäst i både botten och lock.

$$O_{tot} = O_{profil} \cdot z \cdot n \quad (3.6.7)$$

$$O_{tot} = Total\ omkrets$$

$$O_{profil} = Omkrets\ på\ profilens\ tvärsnitt$$

$$z = Antal\ kontaktpunkter\ per\ profil$$

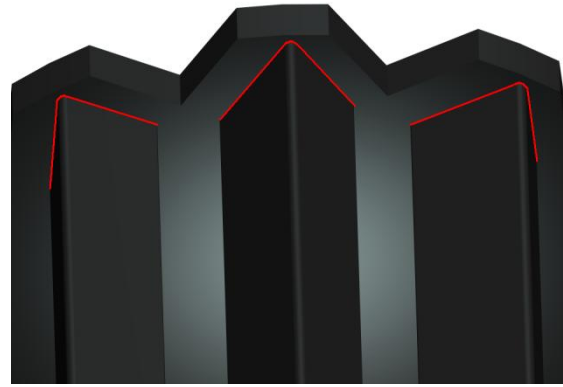
$$n = Antal\ profiler$$

En profils omkrets är 181,9 mm. Detta sätts in i ekvation (3.6.7) och ger ekvation (3.6.8).

$$O_{tot} = 181,9 \cdot 2 \cdot 17 = 6184,6\ mm \quad (3.6.8)$$



**Figur 43 – Korrosion med lock och botten av aluminium**



**Figur 44 – Korrosion med lock och botten av stål**

De tre delkriterierna ställs upp i Tabell 9 för att avgöra vilket av de två fallen som medför minst risk för galvanisk korrosion.

**Tabell 9 – Jämförelse risk för korrosion**

	<b>Botten och lock av aluminium</b>	<b>Botten och lock av stål</b>	<b>Mål</b>
<b>Katod-anod förhållande</b>	Lägre	Högre	Lågt är bra
<b>Antal galvaniska celler</b>	1	34	
<b>Korrosionsyta</b>	2567 mm	6184, 6 mm	

Bottenplattan har en stor area och endast kanterna kommer att angripas av eventuell korrosion. Om istället lock och botten skulle tillverkas i stål och korrosion uppstår på aluminiumprofilerna så kan det gå betydligt mycket fortare. När profilerna då går sönder så kommer hela fixturen att falla och kan dessutom skada maskin och/eller personal. Det säkraste alternativet för att undvika korrosion är därför att låta hela fixturen tillverkas i aluminium.

### **3.7 Slutgiltigt val av fixtur**

När både koncept 1 och koncept 2 ligger på samma komponentnivå så kan en jämförelse mellan dessa bestämma vilken som är den bäst lämpade för Alderholmens Mekaniska.

## **Kriterier:**

### **Enkelhet att rigga rätt**

Koncept 1 har fördelen att fästa samtliga detaljer i en nivå samtidigt, men om en bit hamnar snett så måste hela plattan lyftas för att rätta till denna. Det kan bli svårt att få alla detaljer att hamna rätt eftersom det är så många detaljer per nivå som måste passas in i sina respektive fickor.

Om koncept 2 används måste detaljer skruvas fast två och två, något som kan komma att ta tid, dock så innebär de underliggande profilerna att de är lätta att fästa rätt.

### **Produktionssäkerhet**

Koncept 1 måste ha ett sviktande material i urfräsningarna för detaljerna så att locket håller fast alla detaljer i en nivå. Detta kan komma att innebära en viss förskjutning på vissa detaljer. I och med urfräsningarna kan inte detaljerna sättas fel.

Koncept 2 spänner fast bitar parvis och har alltså inte samma krav på exakt likadana bitar. Detaljer går att spänna fast åt fel håll, men de underliggande profilerna visar tydligt hur dessa ska spännas fast då de har samma form som detaljerna. Det kan alltså förekomma feluppspanning, men risken är inte stor.

### **Tillverkningskostnad**

Koncept 1 innebär mycket mer fräsarbete än koncept 2 samt många noggranna toleranser. Tillverkningstiden skulle därmed bli mycket längre, vilket leder till högre tillverkningskostnad för koncept 1 än för koncept 2.

### **Detaljmängd**

Tjockleken på plattor och mellannivåer kommer innebära att det kan bli trångt för en fjärde nivå med detaljer i koncept 1. I ekvationerna (3.7.1) och (3.7.2) visas koncept 1:s respektive koncept 2:s detaljmängder.

$$n_{\text{det}3} = n \cdot x = 17 \cdot 3 = 51 \text{ detaljer} \quad (3.7.1)$$

$$n_{\text{det}4} = n \cdot x = 17 \cdot 4 = 68 \text{ detaljer} \quad (3.7.2)$$

$$n_{\text{det}z} = \text{Detaljmängd i fixtur}$$

$$n = \text{Antal profiler per fixtur}$$

$$z = \text{Antal detaljnivåer}$$

### 3.7.1 Pugh

För att bestämma kriteriernas vikt görs en parvis jämförelse, denna kan ses i Figur 46. Då viktningen är klar kan dessa kriterier placeras i utvärderingsmatrisen och ett svar ges. Resultatet visas i Figur 45.

	Enkelhet att rigga	Produktionssäkerhet	Tillverkningskostnad	Detalj mängd	Redtotal
Enkelhet att rigga	-	0	1	1	2
Produktionssäkerhet	1	-	1	1	3
Tillverkningskostnad	0	0	-	1	1
Detalj mängd	0	0	0	-	0

Figur 46 – Parvis jämförelse

Viktigaste kriteriet placeras först	Koncept 1	Koncept 2
Produktionssäkerhet	S	R
Enkelhet att rigga	-	E
Tillverkningskostnad	-	F
Detalj mängd	-	E
		R
Summa +	0	E
Summa -	3	N
Summa S	1	S

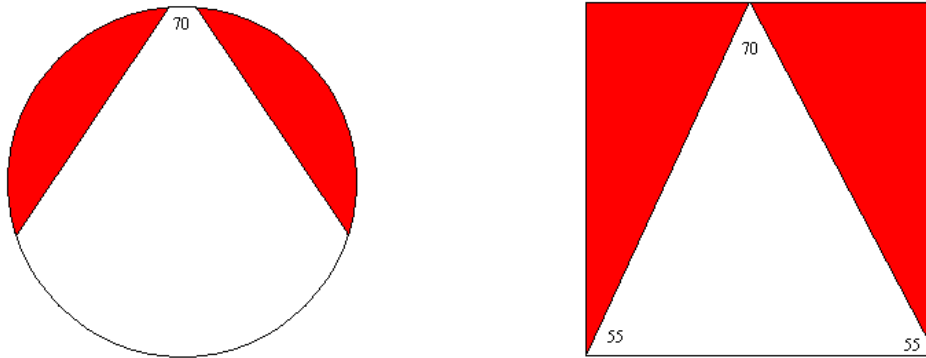
Figur 45 – Pugh för slutgiltigt val

Pugh-utvärderingen visar att det är koncept 2 som är det vinnande konceptet och därför kommer detta bearbetas vidare.

### 3.8 Ämnen för komponentfästning

Spännanordningar och stopp kräver fastskruvning. Profilernas 8 millimeters gods är inte tillräckligt för att spänna fast dessa på ett godtyckligt sätt. Därför krävs ett bakomliggande ämne som skruvar kan fästa i. Kriterierna för detta ämne är att det ska ha två plana ytor som ligger an mot profilernas sidor och att det är gjort i aluminium. Minimal bearbetning av dessa ämnen är att föredra, men för att få rätt vinkel på de plana ytorna måste en bearbetning utföras. De färdiga fästämnen skall helst inte vara så pass spetsiga att de går ända in i profilens radie. Om ett litet mellanrum sparas så kan material sparas i bottenplatta och lock. Detta material separerar profilen och fästämnet i radien, något som hjälper när dessa skall fästas samman.

De två inköpsalternativen är 40 mm kvadratisk stång och Ø40 rundstång. Då bearbetning krävs bör materialslöseriet vara så litet som möjligt. Detta beräknas med hjälp av stängernas tvärsnitt och hur mycket material som behöver bearbetas bort för att ämnet skall gå ihop med profilen. En bild över hur tvärsnitten kommer att se ut på de två olika alternativen visas i Figur 47 på sidan 36.



**Figur 47 – Fästämnen och dess area (Rödmarkerat område är material som ska bearbetas bort)**

Kvadratens area är 40 mm, vilket ger en total area på 1600 mm<sup>2</sup>. Då en triangel med samma bas och höjd som en kvadrat har halva kvadratens area blir den bortfrästa tvärsnittsarean 800 mm<sup>2</sup>.

Den kvarvarande delen av rundstången kan räknas med som en cirkelsektor med rundstångens diameter som cirkelsektorns radie. Det saknas en liten bit av cirkelsektorn nära dess mittpunkt, men detta är bara en överblicksbild och därför kan förenkling användas. Formeln för borttagen tvärsnittsytta kommer då att se ut som visas i ekvation (3.8.1).

$$A_{bort} = A_{tot} - A_{cs} \quad (3.8.1)$$

$$A_{bort} = \text{Bortagen area}$$

Där  $A_{tot} = \text{Rundstångens tvärsnittsytta}$

$$A_{cs} = \text{Cirkelsektorns area}$$

Rundstångens tvärsnittsytta ges av arean av en cirkel och beräknas i ekvation (3.8.2)

$$A_{tot} = r^2 \cdot \pi = 20^2 \cdot \pi = 1256 \text{ mm}^2 \quad (3.8.2)$$

$$r = \text{Rundstångens radie}$$

Den kvarvarande delen av rundstångens tvärsnittsarea räknas ut med hjälp av cirkelsektorns area, detta visas i ekvation (3.8.3).

$$A_{cs} = \frac{\phi \cdot \pi}{2 \cdot 180} \cdot r_{cs}^2 = \frac{70 \cdot \pi}{360} \cdot 40^2 = 977 \text{ mm}^2 \quad (3.8.3)$$

Där  $\phi = \text{Cirkelsektorns vinkel}$

$$r_{cs} = \text{Cirkelsektorns radie}$$

Rundstångens och cirkelsektorns areor läggs in i ekvation (3.8.1) och ekvation (3.8.4) fås ut.

$$A_{bort} = 1256 - 977 = 279 \text{ mm}^2$$

Detta visar att det förekommer mycket mindre materialslöseri om en rundstång används som bas för fästämnen. Detta blir således det valda alternativet.

## 4 Fixturanpassning

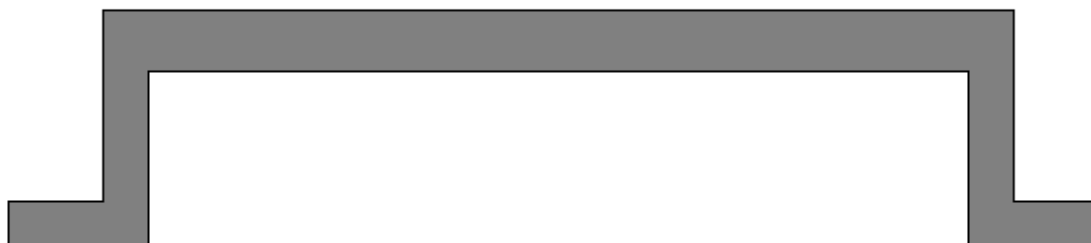
När det konceptet på fixtur är bestämt så krävs viss anpassning för att fixturen skall passa i maskinen på grund av rådande omständigheter som uppkommit under arbetets gång.

### 4.1 Längdjustering

Maskinen har som tidigare framförts en maxgräns för hur hög fixturen får vara och denna gräns är 500 mm från maskinbordet. Alderholmens Mekaniska har i dagsläget en platta ovanpå maskinbordet. Denna platta vill inte Alderholmens Mekaniska montera bort, då detta innebär en stor omriggningstid. Med fixturens höjd på 485 mm plus plattans 40 mm blir totalhöjden 25 mm för stor. Fixturen måste således kortas av eller på annat sätt sänkas minst 25 mm. Att sänka fixturen endast en detaljnivå kan inte göras då kilspännare används. Det måste vara ett jämt antal detaljer på varje profil.

#### 4.1.1 Försänkt bottenplatta

Ett alternativ är att försänka bottenplatta så att den underliggande plattan går in i bottenplattan. Med fixturens diameter på 600 mm och aluminiumplattans sida på 500 mm kan detta verka som en bra lösning och på en tvådimensionell skiss över ett tvärsnitt i mitten på fixtur och aluminiumplatta ser det verkligen ut att fungera. Genom att köpa in aluminiumplåt som är 40 mm tjock, kan ett hål för aluminiumplattan fräsas ur för att sänka ned fixturen över den.



Figur 48 – Skiss över försänkt botten

Med denna lösning skulle fyra stycken detaljnivåer vara möjliga utan att överskrida den maximala höjden som maskinen klarar av och ändå använda aluminiumplattan under fixturen.



**Figur 49 – Försänkt botten**

600 mm så kommer stora mängder av fixturens botten att helt försvinna. Som även Figur 49 visar kommer godstjockleken på flertalet punkter vara väldigt tunn. Allt detta gör att denna lösning inte går att genomföra. Det skulle nämligen generera några stycken profiler som kan hålla detaljer och dessa skulle hänga på material som är knappa millimetern tjock. Därför måste en annan lösning redas ut.

Men om man ser lösningen i en 3D-modell så uppenbarar sig problemet. I Figur 49 visas resultatet av en urfräsning som aluminiumplattan passar i. I och med att diagonalen av aluminiumplattan är större än

#### **4.1.2 Två detaljnivåer**

Att reducera antalet detaljnivåer är ett alternativ. Det blir ingen skillnad på konceptet förutom mindre profillängd och halverad detaljmängd. En ny profillängd måste då räknas ut och blir två detaljlängder, en medellängd på kilspännare och två försänkingslängder i bottenplatta och lock. Denna uträkning visas i ekvation (4.1.1).

$$L_{profil} = 2 \cdot 100 + 22,5 + 2 \cdot 7,5 = 237,5 \text{ mm} \quad (4.1.1)$$

Fästämnen kommer att ha samma längd som profilerna och plattor kommer inte påverkas av minskade profiler. Stoppskruvar kommer inte behövas och endast en kilspännare per profil kommer användas. Dessa faktorer genererar en fixtur som kan ses i Figur 50 på sidan 39.



**Figur 50 – Fixtur med två detaljnivåer**

En kortare fixtur kommer att vara stabilare än en längre och denna kommer även vara mer lätthanterlig. Tidsskillnaden mellan en 34-bitars fixtur och en med 68 bitar måste dock undersökas för att se hur pass stor betydelse en sänkning av fixturen har på bearbetningstiden. Detta så inga större tidsvinster går förlorade med en reducering av detaljnivåer.

### **4.1.3 Tidsskillnad mellan fyra och två detaljnivåer**

En enkel jämförelse av tidsanvändning på de faktorer som skiljer sig mellan en fixtur med fyra detaljnivåer kontra en med två görs för att bestämma om det är värt att behålla fyra detaljnivåer eller om skillnaden är försumbar. Jämförelser kommer att göras på 68 bitar, då detta är den mängd detaljer som går in i en fixtur med fyra detaljnivåer.

#### **Pallettbytestid**

Pallettbytestiden per detalj fås ut genom att dividera pallettbytestiden med antalet detaljer i fixturen. Ekvationerna (4.1.2) och (4.1.3) visar stor respektive liten fixtur. Som referens används nulägetts pallettbytestid per detalj och visas i ekvation (4.1.4).

$$t_{pb68} = \frac{t_{pallet}}{68} = \frac{23,6}{68} = 0,35 \text{ s} / \text{detalj} \quad (4.1.2)$$

$$t_{pb34} = \frac{t_{pallett}}{34} = \frac{23,6}{34} = 0,69 \text{ s} / \text{detalj} \quad (4.1.3)$$

$$t_{pb4} = \frac{t_{pallett}}{4} = \frac{23,6}{4} = 5,9 \text{ s} / \text{detalj} \quad (4.1.4)$$

Både för 34 och 68 detaljer är pallettbytestiden rejält sänkt.

### Verktogsbyten

Antalet verktogsbyten skiljer också de två fixturerna åt, därför räknas de ut för 34 bitar, 68 bitar och nuvarande fixtur med fyra bitar. Fem verktogsbyten görs per pallett och antalet verktogsbyten för 68 bitar för de olika fixturerna visas i ekvationerna (4.1.5), (4.1.6) och (4.1.7).

$$n_{vb68} = n_{verkb} \cdot \frac{68}{n_{det}} = 5 \cdot \frac{68}{68} = 5 \text{ verktogsbyten} \quad (4.1.5)$$

$$n_{vb34} = n_{verkb} \cdot \frac{68}{n_{det}} = 5 \cdot \frac{68}{34} = 10 \text{ verktogsbyten} \quad (4.1.6)$$

$$n_{vb4} = n_{verkb} \cdot \frac{68}{n_{det}} = 5 \cdot \frac{68}{4} = 85 \text{ verktogsbyten} \quad (4.1.7)$$

Där

$n_{vb}$  = antalet verktogsbyten för fixtur

$n_{verkb}$  = antalet verktogsbyten per pallett

$n_{det}$  = antal detaljer per fixtur

Även här är skillnaden mellan 34-bitars fixtur och 68-bitars fixtur inte så stor, medan båda har mycket mindre verktogsbyten än nuläget.

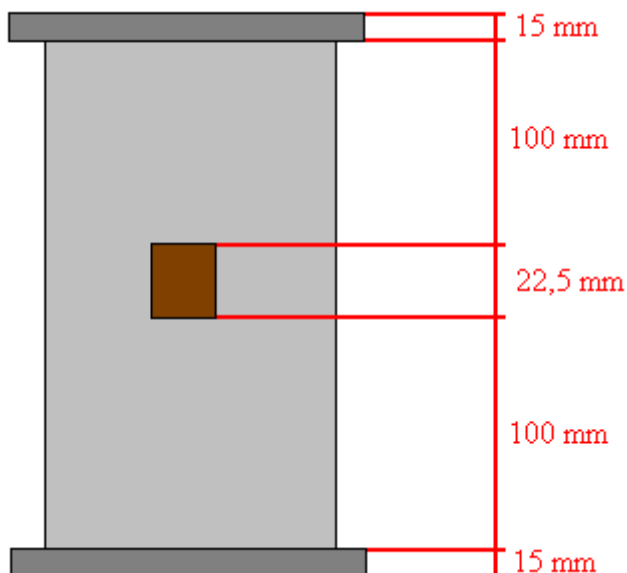
### Rotationer

För att bearbeta 68 bitar så kommer 68-bitarsfixturen att behöva rotera ett antal rotationer med 34-bitarsfixturen behöver dubbelt så många rotationer. Men ett siffervärde kan inte fås ut, då en arbetsmätning på rotationstiden måste utföras.

Skillnaderna i tidsvinst är små mellan en 68-bitars och en 34-bitars fixtur och detta innebär att antalet detaljnivåer kan halveras från fyra ned till två utan större inverkan på bearbetningstiden. Med en mindre fixtur kan Alderholmens Mekaniska behålla aluminiumplattan fastmonterad på maskinbordet för att undvika långa riggningsstider. Därför väljs den kortare fixturen att arbetas vidare med.

#### 4.1.4 Ny längd

Måtten för den nya fixturen visas i Figur 51 och det är dessa mått som kommer att användas för att beräkna fixturens längd.



**Figur 51 – Nya fixturmått**

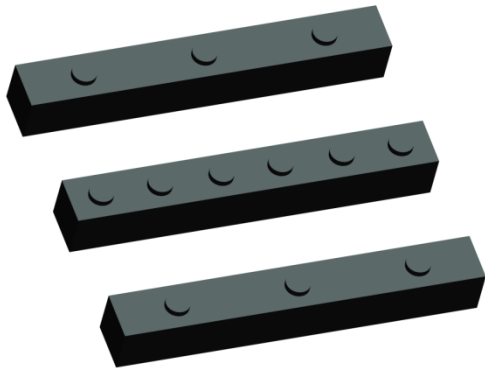
Fixturens mått summeras i ekvation (4.1.8) för att få ut fixturens totala längd.

$$L_{\text{fixtur}} = 100 \cdot 2 + 15 \cdot 2 + 22,5 = 252,5 \text{ mm} \quad (4.1.8)$$

Om även aluminiumplattans 40 mm tas med i beräkningen så hamnar fixturens ovansida 292,5 mm ovanför maskinbordet. Detta är 207,5 mm under maskinens maxgräns. Detta öppnar upp nya möjligheter för underliggande centreringsanordningar.

#### 4.2 Centrering på maskinbordet

För att ha möjlighet att använda C-axeln i maskinen som ett säkert sätt att programmera, måste fixturen vara centrerad på maskinbordet. Om inte fixturen är centrerad, kommer maskinen efter varje rotation att bearbeta snedare och snedare. Det finns som tidigare sagt plats för en underliggande centreringsanordning. Alderholmens Mekaniska har redan en sådan som används i maskinen. Denna anordning har tolv stycken uppstickande cylindriska element i ett mönster. Om ett likadant mönster fräses ur på fixturens bottenplatta, kan de cylindriska elementen passas in och därmed centrera hela fixturen. Anordningens princip visas i Figur 52.



Figur 52 - Centreringsanordning

### 4.2.1 Urfräsningar på bottenplattan

För att bottenplattan ska passa i centreringsanordningen så behövs, som tidigare sagt, urfrästa hål på bottenplattans botten. Alderholmens Mekaniska vill att dessa hål ska ha en tolerans på H7 för att centreringsanordningen på maskinbordet ska vara ordentlig.

### 4.3 Åtkomst

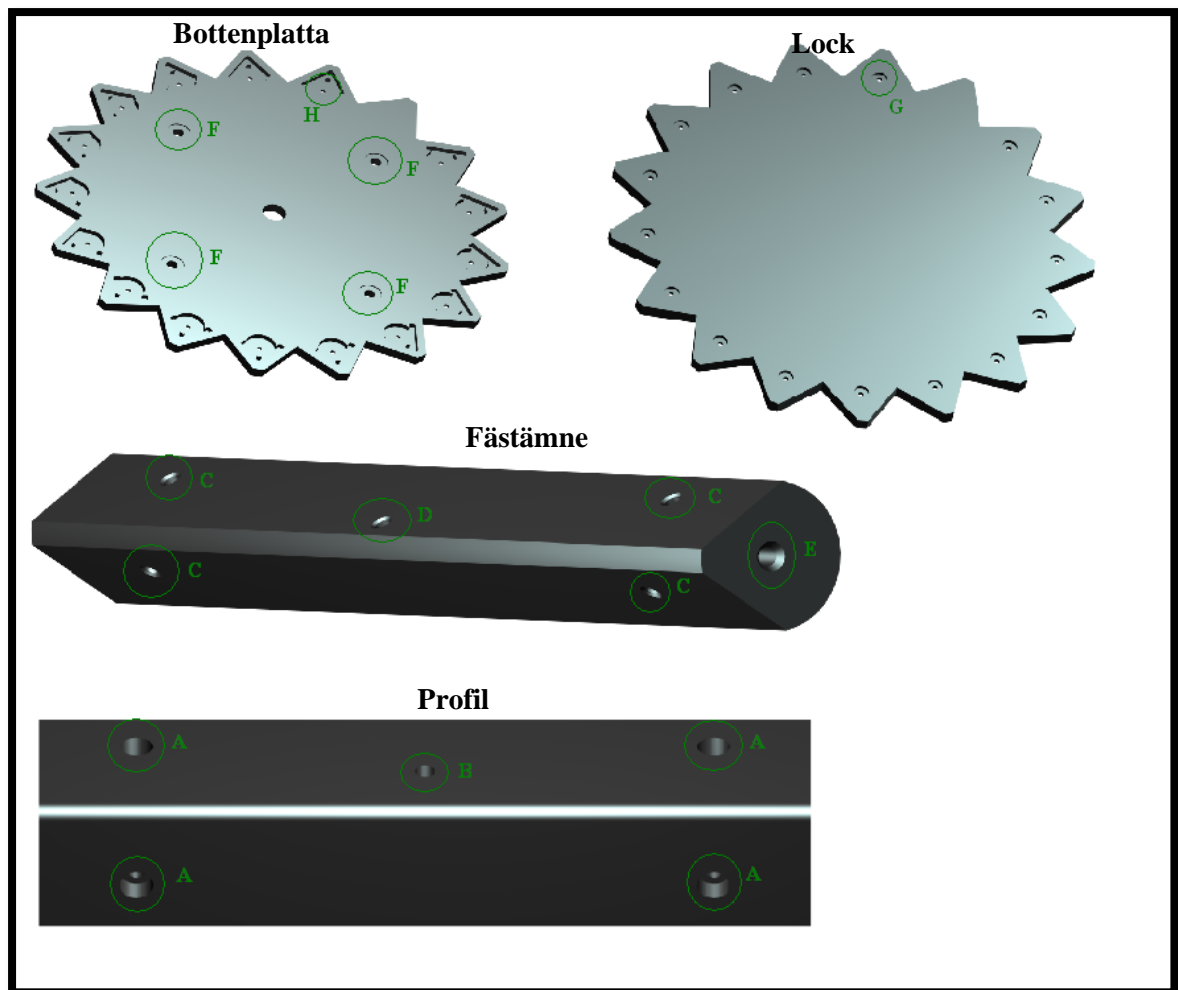
För att kunna skruva fast fixturen mot aluminiumplattan måste operatören komma åt skruvarna som sitter innanför profilerna. Det mellanrum som bildas mellan profilerna är allt för smalt för att operatören ska komma emellan. Genom att ta bort en profil bildas ett hål som är tillräckligt för åtkomsten, detta reducerar antalet profiler på fixturen till 16 stycken. Antalet detaljer minskar då till 32 stycken.

### 4.4 Skruvar och skruvhål

Sammanfogningen av alla delar till fixturen kommer att göras med skruvar för att enkelt kunna plocka ihop och isär fixturen och möjliggöra byte av skadade delar.

#### 4.4.1 Skruvhål

Skruvhålen visas i Figur 53 på sidan 43 och förklaras i Tabell 10 på sidan 44.



Figur 53 – Placering skruvhål på fixturdelar

**Tabell 10 – Förklaring av skruvhål**

Namn från figur	Typ av hål	Försänkning Diameter/Djup	Beskrivning
A	5 mm	10 mm / 5 mm	Genomgående hål
B	5 mm	-	Genomgående hål
C	M5	-	
D	M5	-	
E	M6	-	Detta hål finns även på motsatt sida av fästämnet.
F	14 mm	30 mm / 2 mm	Genomgående hål.
G	6 mm	18 mm / 4 mm	Genomgående hål.
H	6 mm	18 mm / 4 mm	Genomgående hål.

#### 4.4.2 Skruvar

Vilka delar som skall fästas till vilka, den skruvtyp som ska användas och antal skruvar som krävs för detta redovisas i Tabell 11.

**Tabell 11 – Fästning och skruvar (Exempel: Fästämnen fästs mot botten med två stycken M6S 6x20)**

Fixturdel	Fästs mot	Skruv	Antal/del	Total
Bottenplatta	Aluminiumplatta på maskinbord	M6S 16x40	4/bottenplatta	4 st
Fästämnen	Bottenplatta	MF6S 5x22	2/fästämne	32 st
Profiler	Fästämnen	MC6S 5x12	4/profil	64 st
Kilspännare	Profiler och fästämnen	MC6S 5x25	1/kilspännare	16 st
Lock	Fästämnen	MF6S 5x22	2/fästämne	32 st

## 4.5 Totalvikt

Fixturens totala vikt summeras nedan i Tabell 12. Skruvarnas vikt försummas, då det är en så pass liten del av fixturen som kommer att bestå av skruv. Kilspännarnas vikt finns ej på OK-VISE hemsida och vikten från dessa kommer inte ha någon större inverkan på totalvikten, därför försummas även deras vikt.

Tabell 12 - Totalvikt

<b>Fixturdelar</b>	<b>Vikt</b>
Bottenplatta	9 Kg
Lock	9 Kg
16 Fästämnen	$16 \cdot 0,65 = 10,4$ Kg
16 Profiler	$16 \cdot 0,44 = 7,04$ Kg
16 Kilspännare	Försummas
16 MC6S M5x25	Försummas
64 M6S 6x20	Försummas
64 MC6S 5x12	Försummas
<b>Totalt</b>	<b>ca 35 kg</b>

## 5 Kostnads kalkyl

Två stycken fixturer kommer att tillverkas. I Tabell 13 visas återförsäljare, styckpris och total kostnad för fixturens olika delar.

Tabell 13

Fixturdelar	Återförsäljare	Styckpris (kr)	Total kostnad
Bottenplatta	GS Stål AB	2090	2 090 kr
Lock	GS Stål AB	2090	2 090 kr
16 Fästämnen	Tibnor AB	16·0,2375·152,9	581,02 kr
16 Profiler	Alcan Nordic AB	16·0,2375·51,66	196,31 kr
16 Kilspännare	Standardmekano	16·316·0,85	4 297,60 kr
16 MC6S M5x25		Försummas	Försummas
64 M6S 6x20		Försummas	Försummas
64 MC6S 5x12		Försummas	Försummas
<b>Totalt</b>			9 255 kr

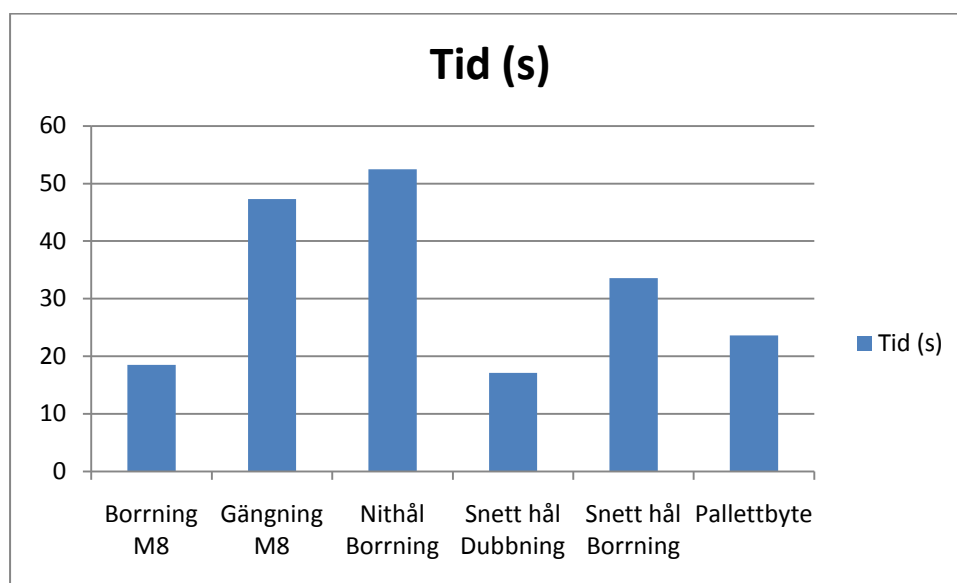
Denna kostnad är inte den exakta kostnaden för fixturen, då fraktkostnader, mängdrabatter och liknande faktorer kan komma att påverka den totala kostnaden för fixturen. Maskinen har två palletter och därför kommer två fixturer att tillverkas, så maskinen kan bearbeta hela tiden.

## 6 Tidsoptimeringsfas

Denna fas analyserar tidstjuvar i den nuvarande produktionen och behandlar vilka av de nuvarande tiderna som kan reduceras eller tas bort i och med det nya produktionssättet.

### 6.1 Tidstjuvar

Diagrammet från tidsanalysen används som grund för att bestämma tidstjuvarna i maskinen (Figur 54). Detta diagram är samma som i kapitel 2.3.



Figur 54 - Diagram över operationernas tidsanvändande

En överblick huruvida dessa tider kan analyseras och reduceras visar följande.

**Borrning M8:** Borrningen av M8-hålen är inte en tidstjuv då endast borrning av hål innefattas av denna operation. Operationen kräver ändå en analys över hur de nya verktygsvägarna påverkar tiden och visa på vilket förslag som är bäst om fler olika alternativ uppkommer. Analysen kommer att göras så att bra verktygsvägar används på den nya fixturen.

**Gängning M8:** Gängningen av M8-hålen kommer att följa samma verktygsvägar som borrningen av dessa hål och innehåller inget annat än gängning och kan inte göras i samma operation som borrningen då ett kombinerat verktyg skulle vara för långt och därmed skada detaljen. Detta betyder att denna operation är lika lite tidstjuv som borrningen av samma hål.

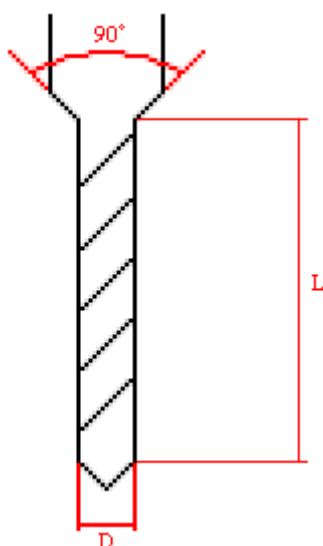
**Nithål Borrning:** Hur verktygsvägarna kommer att se ut för den nya fixturen kommer att bestämmas med analys av olika förslag på verktygsvägar. I och med att nithål förekommer på två av fixturens sidor blir analysen lite krångligare.

**Snett hål Dubbning:** Detta är en regelrätt tidstjuv då denna operation inte alls behövs i och med användningen av ett kombinerat verktyg.

**Snett hål Borrning:** I denna operation finns det en tidstjuv i form av ett maskinstopp som i dagsläget kan vara onödigt. Med en ny fixtur så kan detta maskinstopp helt uteslutas.

**Pallettbyte:** Pallettbytestiden kommer att vara densamma, men beroende på att fler detaljer kommer att bearbetas innan pallettbytet kommer tiden/detalj att reduceras kraftigt. I och med att denna går att reducera så kraftfullt så visas att detta är en tidstjuv.

## 6.2 Verktögsanpassning



Att använda ett verktyg för att sammanställa fler operationer i en är något som redan i dagsläget används av Alderholmens Mekaniska när de tillverkar detaljerna. Nithål borrar, försänks och fasas i en operation och M8-hålen borrar och fasas med ett verktyg. De längre genomgående hålen fasas och borrar dock i två operationer. Dessa två operationer kan slås ihop till en med rätt verktyg. För att hålet ska bli som önskat ska verktyget ha en fasande egg längst upp på en borr med önskad diameter. Utseendet visas i Figur 55 där  $D = 4 \text{ mm}$  och  $L = 34 \text{ mm}$ . Med en fasande borr kan dubbningen av styrhålen helt uteslutas.

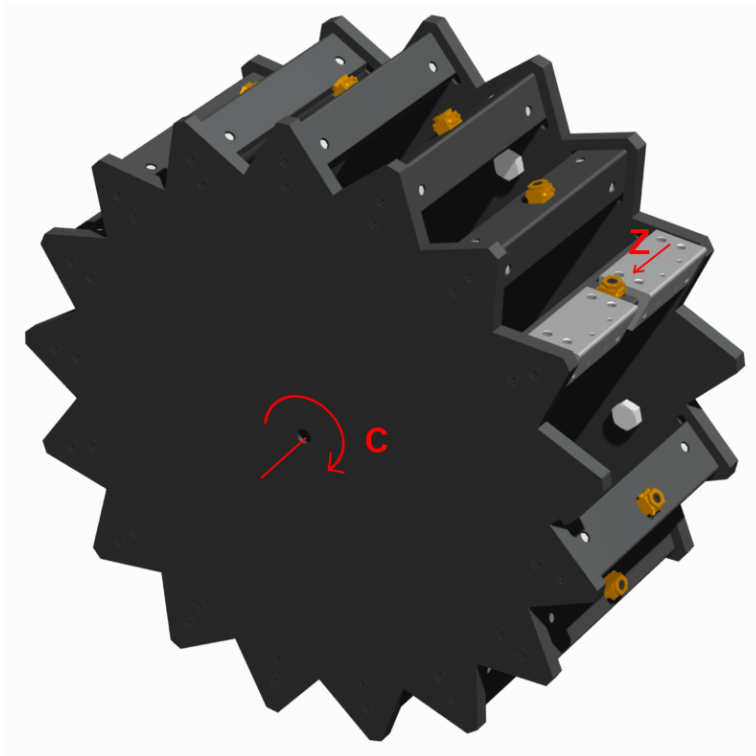
Figur 55 – Fasverktyg

Gängningen och borrningen av M8-hålen skulle kunna göras med samma verktyg om det inte vore för vinkeln på profilen. Detta då borren ska vara så pass lång att den borrar hela hålet innan gängningen tar vid. Med ett så långt verktyg så skulle profilens andra vägg att skadas.

En hel verktygsspecifikation finns i Bilaga 5 – Specifikation för ny borr.

### 6.3 Operationernas nya utseende

Den nya fixturen kommer att kräva ett helt nytt program, då den är så pass annorlunda från den nuvarande uppspänningen. Operationerna kommer i praktiken att vara uppdelade i instanser och det är dessa instanser som bör bestämmas. Instanserna kommer att innehålla rotation i c-axel, förflyttning i z-axel, bearbetning och en förflyttning till andra sidan cylindern. Genom att flytta bearbetningen från ena sidan cylindern till den andra, så kan detaljens andra sida bearbetas. C-axel och z-axel visas i Figur 56.



Figur 56 – Axlar i bearbetning

Tre olika förslag på instanser finns och dessa förklaras nedan.

#### Instanstyp 1

Bearbetning med ett verktyg – Förflyttning i z-led – Bearbetning med samma verktyg på den andra detaljen på samma profil – Rotation

Detta upprepas för varje detalj och när samtliga detaljer är bearbetade med detta verktyg så görs ett verktygsbyte och allt upprepas med nästa verktyg.

#### Instanstyp 2

Bearbetning med verktyg – Rotation – Bearbetning med verktyg

Detta upprepas för varje detalj i den ena detaljnivån sedan följer förflyttning i z-led och stegen upprepas för den andra detaljnivån. När alla detaljer är bearbetade med verktyget byts detta ut mot nästa och instansen upprepas med det nya verktyget.

### **Instanstyp 3**

Bearbetning med ett verktyg – Förflyttning i z-led – Bearbetning med verktyg

Efter detta byts verktyget ut och proceduren upprepas med nästkommande verktyg. Detta fortsätter tills detaljen är bearbetad med alla verktyg, varpå en rotation utförs och nästkommande två detaljer bearbetas.

### **6.3.1 Val av instanstyp**

För att bestämma vilken instanstyp som är den mest tidseffektiva används en variant av PUGH-metoden. De värden som kommer att läggas in i matrisen kommer vara i sifferform och inte bara uppskattningar. Om siffror används kommer ej heller en referens att utses, då de framtagna värdena talar för sig själv.

#### **Antal rotationer:**

Hur många gånger som maskinen måste rotera runt C-axeln för att alla detaljer skall vara färdigbearbetade.

#### **Verktygsbyten:**

Antalet verktygsbyten som krävs för att bearbeta en full pallett detaljer.

#### **Frångång:**

Maskinen kommer att förflytta verktyget på sådant sätt att verktygsspetsen ligger i linje med fixturens högsta punkt vid rotation. Detta är den längsta frångången och kommer endast att göras vid rotation. Detta innebär att antalet frångångar kommer att bli direkt proportionell med antalet rotationer.

#### **Rörelsemönstrets längd:**

Den största inverkan på rörelsemönstret har rotationerna, ju fler gånger maskinen måste rotera för att varje detalj skall bli färdigbearbeta, desto längre blir rörelsemönstret.

**Tabell 14 – Val av instanstyp**

Det viktigaste kriteriet placeras överst.	Instanstyp 1	Instanstyp 2	Instanstyp 3	Effektivaste instansen
<b>Antal rotationer</b>	5	10	33	1
<b>Antal verktygsbyten</b>	4	4	128	1=2
<b>Frångång</b>	-	-	-	-
<b>Rörelsemönster längd</b>	-	-	-	-

Ur denna jämförelse framgår att det är instanstyp 1 som är den mest effektiva av de tre valen.

## **6.4 Tidsreducering med fixtur**

Med fixturen och förbättringarna klara så kan en tidsreducering bestämmas. Då fixturen ej är tillverkad kan ingen mätning göras på hur mycket tid som tjänats in, därför kommer uppskattningar att göras.

### **6.4.1 Summering av åtgärder**

De förändringar som gjorts i samband med den nya fixturen och dess inverkan på bearbetningstid listas här nedan.

- Ökat antal detaljer per pallett (reducerar pallettbytestid och verktygsbytestid per detalj)
- Fasta centreringspunkter (Reducerar riggningstiden)
- Ihopslagning av två verktyg i ett (reducerar den totala bearbetningstiden och verktygsbytestiden)
- Nya fixturlägen för detaljerna (Påverkar bearbetningstiden, en arbetsmätning måste dock göras för att bestämma hur denna inverkan ser ut)

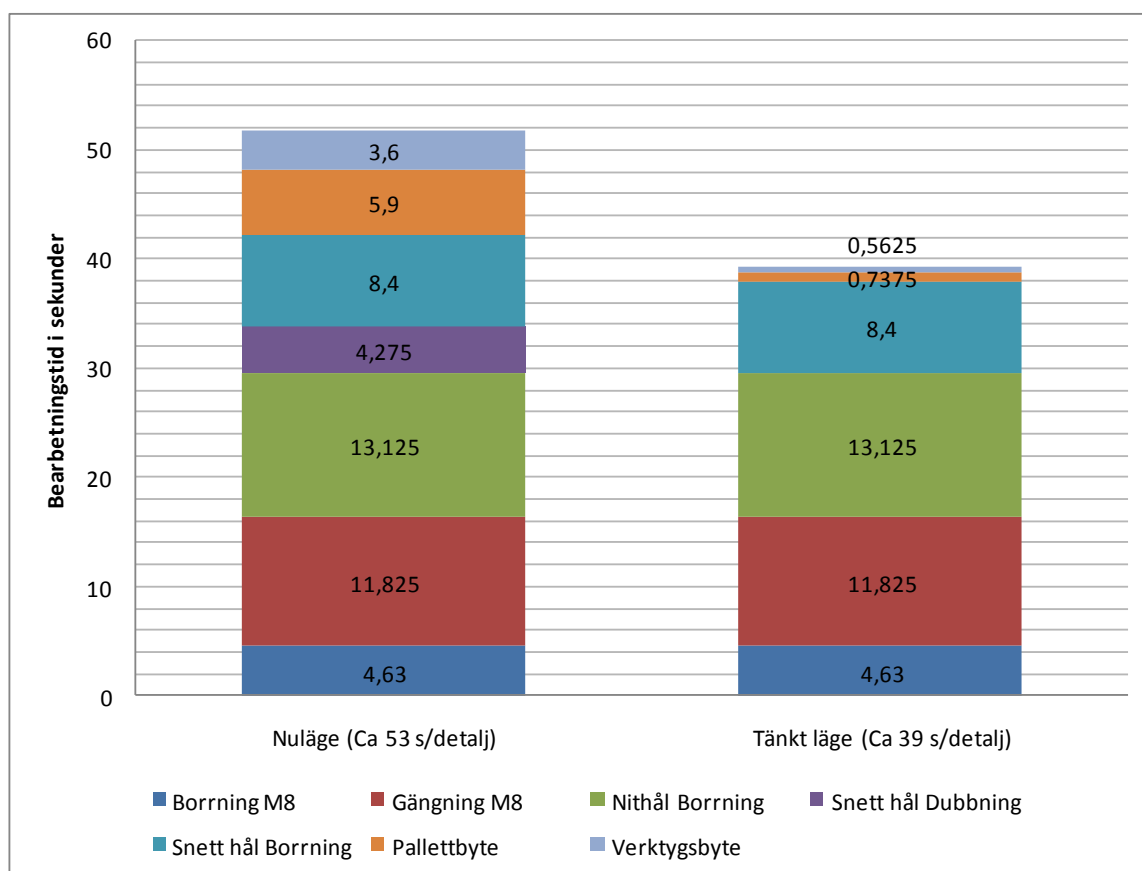
## 6.4.2 Nytt programutseende

Generellt utseende för bearbetning av en fixtur med detaljer visas nedan.

- Pallett in
  - Verktyg 1
    - Verktygsbyte
    - Bearbetning med förflyttningar
  - Verktyg 2
    - Verktygsbyte
    - Bearbetning med förflyttningar
  - Verktyg 3
    - Verktygsbyte
    - Bearbetning med förflyttningar
  - Verktyg 4
    - Verktygsbyte
    - Bearbetning med förflyttningar
- Pallett ut

### 6.4.3 Slutsats

I alla delar av bearbetningen kan inte tidsanvändning räknas ut. Dessa kommer att antas likadana som dagens bearbetning vid jämförelse mellan nuläge och kommande läge. Pallettbytestid och verktygsväxlingstid per detalj kommer båda att reduceras, då fler detaljer delar på denna tid. Försänkningen av de långa hålen tas i och med det nya verktyget helt bort, vilket skapar en reduktion i såväl verktygsväxlingstid som i bearbetningstid. I Figur 57 visas ett diagram över hur tiderna förändras med en ny fixtur.



Figur 57 – Jämförelse mellan nuläge och tänkt läge i avseende på tidsanvändning

Med endast de tidsvinster som kan beräknas teoretiskt uppvisas en 25 % kortare bearbetningstid per detalj. Med mer logiska verktygsvägar och bearbetningsmönster bör även övriga bearbetningstider att minska, inte bara de som ett faktiskt värde kan tas fram på. För att få exakta värden på övriga bearbetningstider måste en arbetsmätning göras, men detta är inte möjligt innan fixturen sätts i arbete.

## 6.5 Riskbedömning

I Tabell 15 tas tänkbara problem upp och hur dessa problem kan tänkas lösas.

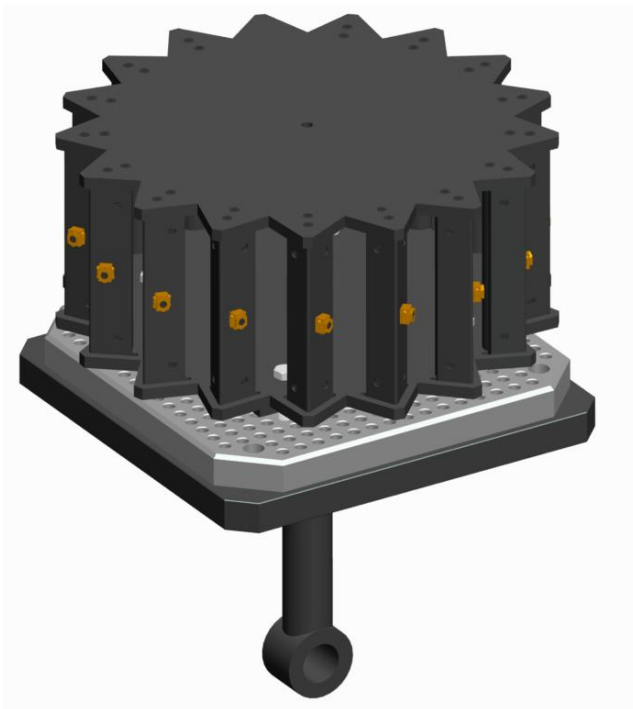
Tabell 15 – Riskbedömning

Orsak	Verkan	Förslag på lösning
Maskinaxlar hamnar snett	Produktionsnoggrannheten kommer att lida kraftigt, då en liten förskjutning kan ge stora förändringar längre ut på fixturen. I och med det höga antalet detaljer som bearbetas samtidigt kan många detaljer bli tvungna att skrotas om inte felet upptäcks i tid.	
Maskinen slår i verktyget i fixturen	Fixturen kan vid en kollision komma att bli krokig. Detta skapar en förskjutning som kan liknas vid det övre fallet.	Se till att ha god marginal mellan verktyg och fixtur till en början. När sedan verktygsvägarna är kända och spelrummet mellan verktyg och fixtur har analyserats kan sedan en optimering göras.
Fixturen inte tillräckligt uppstyvad	Detta skapar höga vibrationer, vibrationerna är inte bra för maskinen och inte för produktionsnoggrannheten och kan även påverka verktygen om vibrationerna blir för höga.	Med hjälp av stag kan fixturen styvas upp. Dessa stag behöver bara skruvas fast i botten och lock för att göra fixturen styvare.
Kilspännaren klarar inte av att hålla kvar detaljerna då den endast spänner från ett håll	Verktygen drar med sig detaljen upp från fixturen när denna går upp från bearbetning. Extra stor risk för detta gäller vid gängningen på grund av gängtappens utseende.	Om detta skulle komma att bli ett problem kan små fickor fräsas ur för detaljen att passas in i botten och lock. Dessa fickor behöver inte alls vara djupa för att de skall motverka dragkraften hos verktygen.
Många bitar i fixturen	Programmeringen kan komma att ta lång tid, då många detaljer skall bearbetas i samma program.	I styrsystemet Mazatrol finns möjligheten att kopiera rader av kod och att ändra prioriteten på operationer. Om alla operationer skapas till en av fixturens detaljpar, så kan denna kopieras och läggas in efter en rotation i programmet. Om detta upprepas för alla detaljpar så kan programmeringstiden sänkas. Efteråt prioriteras operationer så alla operationer av en viss typ utförs

## 7 Slutprodukt

Med den nya fixturen kan antalet detaljer som bearbetas i maskinen ökas från 4 stycken till 32. Detta innebär att pallettbytestid och tiden för verktygsväxlingar kommer att slås ut över fler detaljer, vilket minskar bearbetningskostnaden per detalj. Med urfrästa fickor för centrering på fixturens undersida kan en korrekt montering av fixturen utföras på kort tid. De dubbelverkande kilspännarna som spänner fast detaljerna gör att med en momentdragande skruvdragare möjliggör snabb uppspanning av detaljerna. Genom att skruva på 16 punkter kan 32 detaljer spännas in. En större öppning i fixturens sida gör att operatören lätt kan få in sin arm för att skruva åt de skruvar som fäster fixturen mot maskinbordet.

Med de tidsvinster som kan beräknas sänks bearbetningstiden per detalj med ca 25% vid en jämförelse mot dagsläget.



**Figur 58 – Fixtur monterad på maskinbord utan infästa detaljer**



**Figur 59 – Fixtur monterad på maskinbord med infästa detaljer**

## 8 Diskussion

I den nuvarande fixturen så kan man se att pallettbytestiden och verktygsväxlingstiden är stora tidstjuvar då de kan sänkas mycket om man går över till en ny fixtur. Detta medför att med hjälp av en fixtur som kan ta fler detaljer in i maskinen kan inverkan av dessa tider på vardera detalj minskas. Med rätt verktyg så kan borrarningen och fasningen av de längre hålen slås ihop till en operation. Då kommer den kortare av dessa två, i vårt fall fasningen, att bakas in i den längre. I praktiken innebär detta att tiden för att borra hålen kommer att förbli oförändrad, medan tiden för fasning blir noll. Övriga operationer som beror av verktygsvägar och liknande rörelser kan inte säkert beräknas och därför kan inte säkert sägas att de blir kortare.

Den nya fixturen kommer att ge en effektivare bearbetning av detaljerna då bearbetningstiden reducerats. Dock kan inte sägas med exakt hur mycket, då en arbetsmätning måste göras medan fixturen är i arbete för att bestämma vissa av momenten. Men med endast de tider som kan räknas ut så kommer den att reducera tiden som en detalj bearbetas med 25 %, vilket är ett bra resultat. Förhoppningsvis kommer även de nya verktygsvägarna att spara tid, men detta kan inte säkert sägas.

Genom att slå ihop två operationer till en har genomloppstiden minskats, men detta är inte det enda man kan göra för att minska genomloppstiden med hjälp av operationsoptimering. Första prioritet är att skriva ett program för tillverkningen så att allt fungerar, sedan kan en arbetsmätning göras och därmed se vilka operationer som tar längst tid. Med den informationen kan man leta fram de operationer som bör ses över och analysera dessa för att hitta möjligheter till åtgärder.

Tidsskillnaden som fås fram mellan det nuvarande läget och den fixtur som konstruerats i detta arbete ligger på ca 25 %. Detta endast med tider som går att räkna ut. Förhoppningarna är att den nya fixturen även skall vara enklare att rigga, då centreringsanordning och åtkomst för operatör vid infästning i maskinen tagits i akt.

### 8.1 Projekterfarenheter

Under arbetets gång har jag utvecklat min förmåga att skriva en vetenskaplig rapport och hur dess uppbyggnad bör se ut för att vara klar och tydlig. Att kunna beskriva ett tillvägagångssätt och följa upp detta med bilder är något som jag fått mycket träning i.

Det har varit mycket givande att få arbeta mot ett företag, det har utvecklat min förståelse för hur produktion och mindre verkstäder fungerar och fått ta del i deras syn på hur man utvecklar

produktionseffektiviteten. Att Alderholmens Mekaniska har varit mycket tillmötesgående innebär att jag fått tagit del av vad de vet och detta har lett till en ökad förståelse av problem på denna nivå.

Jag har fått lära mig att gå runt problem och att tänka mig hur lösningar kan komma att se ut och med hjälp av indata generar ett resultat.

## **8.2 Fortsatta studier**

För att helt utesluta möjligheten för korrosion så bör en ordentlig korrosionsanalys utföras. Det innebär att prov av materialet i maskinbordet och det i fixturen, med rätt mängdkvot sänks ned i kylvätskan. Då kan man mäta spänningen som skapas av att elektronerna vandrar från det ena provet till det andra. Baserat på hur stor denna spänning är kan korrosionsbenägenheten bestämmas.

För att veta exakt vilken tidsförändring som bytet av fixtur åstadkommer kan en arbetsmätning utföras när fixturen är klar och kan börja användas. Utan detta kan ingen exakt data gällande total arbetstid fås ut, bara uppskattningar baserat på kända data och antaganden. Efter en ny arbetsmätning kan även en analys över huruvida verktygsvägar optimeras och vart det är värt att lägga energi på förbättring.

## 9 Litteraturförteckning

Agarwal, H., Gokhale, A. M., Graham, S., & Horstemeyer, M. F. (2003). Void growth in 6061-aluminum alloy under triaxial stress state. *Materials Science and Engineering A* , 35-42.

Andersson, J., Audell, B., Giertz, E., & Reitberger, G. (1992). *Produktion - Strategier och metoder för effektivare produktion*. Stockholm: Norstedts Juridik.

Cross, N. (2008). *Engineering Design Methods - Strategies for Product Design*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Oldfield, J. W. (1988). Electrochemical Theory of Galvanic Corrosion. (H. P. Hack, Red.) *Galvanic Corrosion* , 5-22.

Pugh, S. (1990). *Total Design*. Essex: Pearson Education Ltd.

### Internet

<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/products/pdf/DeltaSHD.pdf> , Sidan 5

[http://www.bufab.com/Portals/0/090330Teknikhandboken\\_72\\_dpi\\_090327.pdf](http://www.bufab.com/Portals/0/090330Teknikhandboken_72_dpi_090327.pdf) , Sidan 26

## Figurförteckning

Figur 1 – Exempel på parvis jämförelse.....	4
Figur 2 – Ofasat och fasat hål.....	5
Figur 3 – Försänkt hål .....	5
Figur 4 - Detaljöverblick .....	7
Figur 5 – Nuvarande fixtur.....	8
Figur 6 - Nithål .....	8
Figur 7 – M8-hål.....	9
Figur 8 - Styrhål .....	9
Figur 9 – Fasborr 6,9 mm .....	10
Figur 10 – Gängtapp M8 .....	10
Figur 11 - Nithålsborr .....	10
Figur 12 - Dubbhålsborr .....	10
Figur 13 – Borr 4 mm.....	11
Figur 14 – Maskinbord med axlar .....	11
Figur 15 – Diagram över operationernas tidsanvändande .....	13
Figur 16 – Modell av detalj .....	14
Figur 17 – Koncept 1 .....	15
Figur 18 - Detaljfickor.....	15
Figur 19 – Variant av koncept 2 (Ingen kärna) .....	15
Figur 20 – Koncept 2 (Solid kärna).....	15
Figur 21 – Koncept 3.....	16
Figur 22 – Koncept 4.....	16
Figur 23 – Fastsättning av detalj koncept 4.....	16
Figur 24 – Parvis jämförelse.....	18
Figur 25 – PUGH-utvärdering (ett plus innebär bättre, ett minus sämre och S lika bra som referens).....	18
Figur 26 – Reducering av detaljer .....	19
Figur 27 – Reducering av detaljer .....	19
Figur 28 – Delförklaring.....	20
Figur 29 – Förklaring .....	21
Figur 30 – Vinkel mellan detaljer.....	22
Figur 31 - Godstjocklek.....	22
Figur 32- Cirkelsektor .....	23
Figur 33 – Cirkelsektor mellan detaljer.....	23
Figur 34 - Triangelelement.....	24

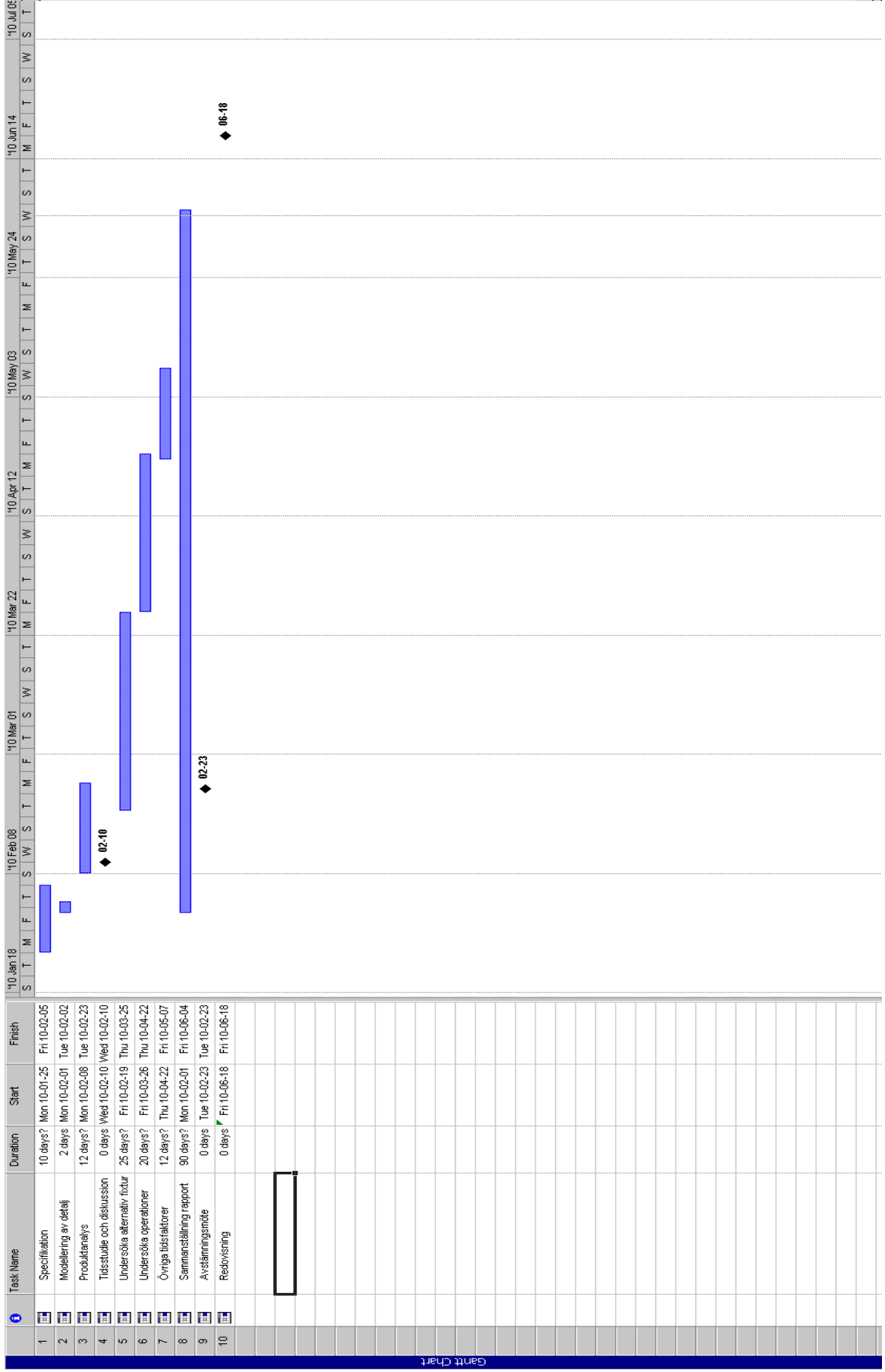
Figur 35 – Avstånd mellan element .....	24
Figur 36 – Svar på grafisk lösning .....	25
Figur 37 – Två fästkomponenter .....	26
Figur 38 - Fastspänning .....	26
Figur 39 - Fixturlängd .....	27
Figur 40 - Skjuvkraft .....	28
Figur 41 – Aluminiumplatta, hörn .....	31
Figur 42 – Aluminiumplatta långsida .....	31
Figur 43 – Korrosion med lock och botten av aluminium .....	33
Figur 44 – Korrosion med lock och botten av stål .....	33
Figur 45 – Pugh för slutgiltigt val .....	35
Figur 46 – Parvis jämförelse .....	35
Figur 47 – Fästämnen och dess area (Rödmarkerat område är material som ska bearbetas bort...)	36
Figur 48 – Skiss över försänkt botten .....	37
Figur 49 – Försänkt botten .....	38
Figur 50 – Fixtur med två detaljnivåer .....	39
Figur 51 – Nya fixturmått .....	41
Figur 52 - Centreringsanordning .....	42
Figur 53 – Placering skruvhål på fixturdelar .....	43
Figur 54 - Diagram över operationernas tidsanvändande .....	47
Figur 55 – Fasverktyg .....	48
Figur 56 – Axlar i bearbetning .....	49
Figur 57 – Jämförelse mellan nuläge och tänkt läge i avseende på tidsanvändning .....	53
Figur 58 – Fixtur monterad på maskinbord utan infästa detaljer .....	55
Figur 59 – Fixtur monterad på maskinbord med infästa detaljer .....	55
Figur 60 – Förklarande bild till uträkningar nedan .....	II

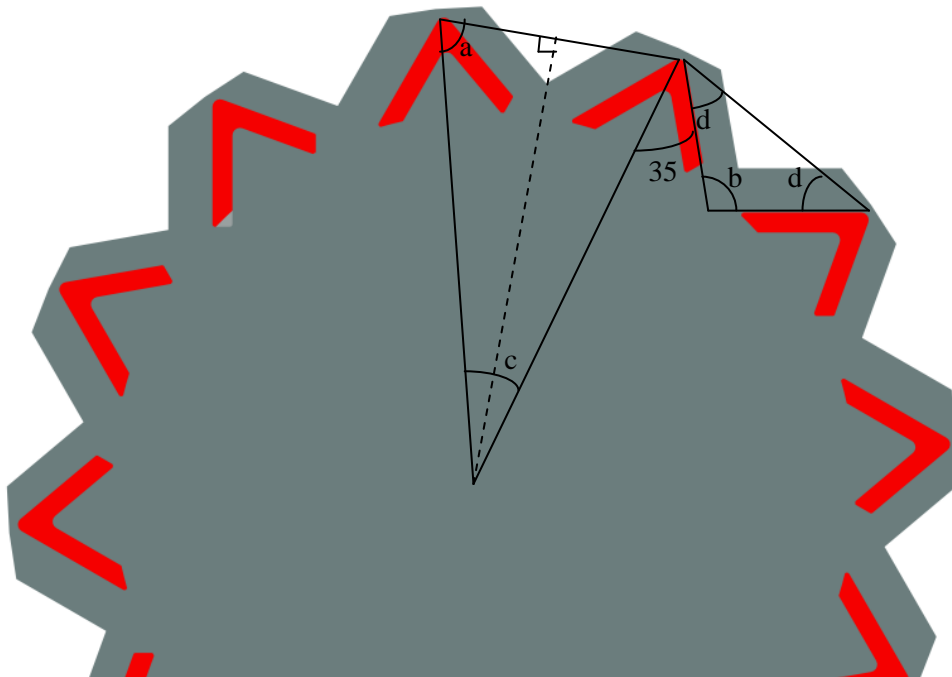
## **Bilagor**

- 1 Gantt-schema  
*Sidan I*
- 2 Matematisk beräkning över detaljdelning  
*Sidan II*
- 3 Specifikation för ny borr  
*Sidan III*
- 4 Fixturritningar  
*Sidan IV*



# Gantt-schema





Figur 60 – Förklarande bild till uträkningar nedan

$$c = \alpha \rightarrow a = \left(180 - 90 - \frac{\alpha}{2}\right)^{\circ}$$

$$d = \left(180 - 90 - \frac{\alpha}{2}\right) - 35$$

$$b = 180 - 2\left(180 - 90 - \frac{\alpha}{2} - 35\right) \rightarrow b = \alpha + 70$$

$$b > 90 \rightarrow \alpha > 20$$


Om vinkeln b skall vara större än 90 grader så måste  $\alpha$  vara större än 20 grader. För att veta hur många infästningspunkter som kan användas och fortfarande uppfylla detta kriterium så beräknas antalet fästpunkter för  $\alpha$ .

$$n = \frac{360}{\alpha} = \frac{360}{20} = 18 \text{ st}$$

Detta gäller för  $\alpha=20$ , men vi vill ha detta strikt större än 20, vilket betyder att 17 stycken fästpunkter kommer att användas då detta är det största heltal som inte kommer ge en lika stor eller mindre delning än 20 grader.

## Bilaga 3

## Specifikation för ny borrar

		<b>CoroDrill® Delta-C R850 AI</b> med cylindriska skaft och Whistle Notch-skaft	Förfrågan/order nr.
Kund	Kund nr. (Coromant internt)	Datum	
Gatuadress	Telefon nr.	Kundreferens	
Postadress	Telefax	Säljare	
Kvantitet	Kund märkning		
<b>Ange endast dina alternativ</b>			Ert värde/ Ert val
Diameter $D_{c1}$	3,0-20,0 mm	4	<input type="text"/>
Borrtyp	Borrtyp =1, 3, $D_{c1}$ = 3,0 - 20,0 mm    Borrtyp =2, 4 och 5, $D_{c1}$ = 3,0 - 16,0 mm	2	<input type="text"/>
Hårdmetallsort	GC1220 eller modifierad	GC1220	<input type="text"/>
Tolerans på $D_{c1}$	h7, js7, m7, för borrtyp 1, 2, 3 och h8, js8, m8, för borrtyp 4, 5	m8	<input type="text"/>
Borrdjup $l_4 / l_{4a}$	Borrtyp 1 / 3, $l_4$ =3,0-118,5 mm, Borrtyp 2/5, $l_4$ =3,0-80,0 mm och 4, $l_{4a}$ =3,0-64,0 mm	36	<input type="text"/>
Räckvidd $l_{21}$	Räckvidd $l_{21}$ =9,7-155 mm	38	<input type="text"/>
Totallängd $l_2$	49,7-205 mm	80	<input type="text"/>
Stegdiameter $D_{c2}$	$D_{c2}$ = 3,5 - 20,0 mm, för borrtyp 4 / $D_{c2}$ = 3,2 - 18,0 mm, för borrtyp 5		<input type="text"/>
Fasbredd $ch$	Borrtyp 2 / 5, $ch$ =0,5-2,0 mm	0,5	<input type="text"/>
Tolerans på $D_{c2}$	h7, js7, m7, för borrtyp 4, 5		<input type="text"/>
Fas/stegvinkel $\tau_{pa2}$	Fasvinkel = 60°-150°, för borrtyp 2, stegvinkel = 60°-180°, för borrtyp 4, 5	90	<input type="text"/>
Stegvinkel $\tau_{pa3}$	Stegvinkel = 60°-150°, för borrtyp 5		<input type="text"/>
Steglängd $l_{4b}$	Steglängd $l_{4b}$ = 5,2-120 mm, för borrtyp 4 / 8-108 mm, för borrtyp 5		<input type="text"/>
Typ av skaft och Skaftstorlek $dm_m$	$D_c$ mm	Cylindriskt skaft = CYL, Whistle Notch skaft = WN	
	3,0-20,0	$dm_m$ mm = 6, 8, 10, 12, 14, 16 18, 20	
Förstärkningsdiameter $D_{21}$	Förstärkningsdiameter $D_{21}$ =3,1-20 mm, för borrtyp 3, 5		<input type="text"/>
Skärvätsketillförsel	E = Utvändig    I = Invändig	I	<input type="text"/>
Beläggningstyp, ( modifierad )	TiN, TiCN+TiN, TiALN, (FUTURA NANO), (FUTURA TOP), TiALN + WC/C (HARDLUBE) , Ingen beläggning	TiN	<input type="text"/>
Bakkona	Std eller Liten	Std	<input type="text"/>
Rundfas	Std eller Stor	Std	<input type="text"/>



Värde/alternativ måste anges

Om inget värde/alternativ angivits, ger systemet ett rekommenderat värde

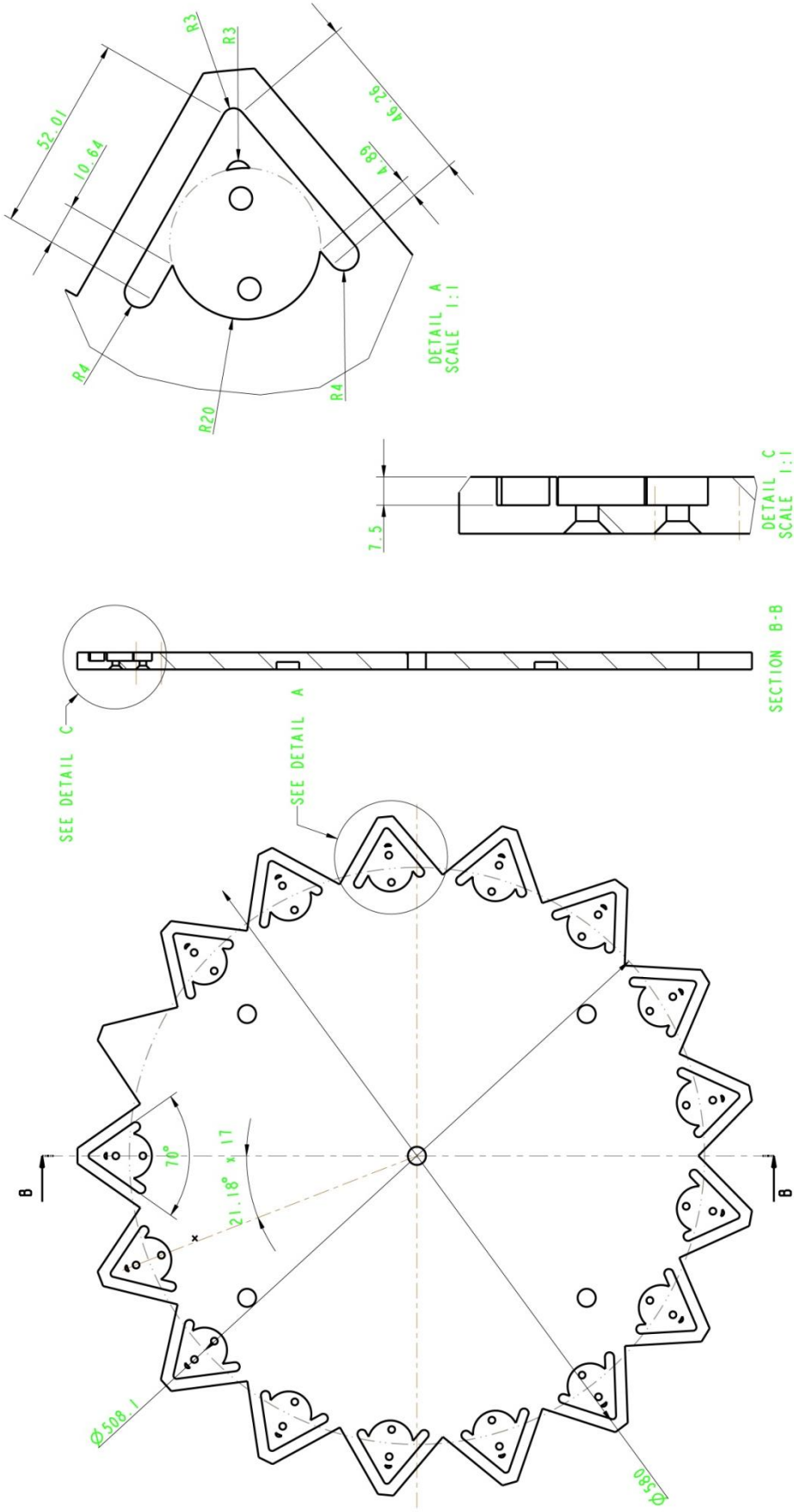
C-11B01216-SWE  
Familj = D2816  
Coro/hak 03:1 02/09/20

Formuläret som har fyllts i kan finnas på:

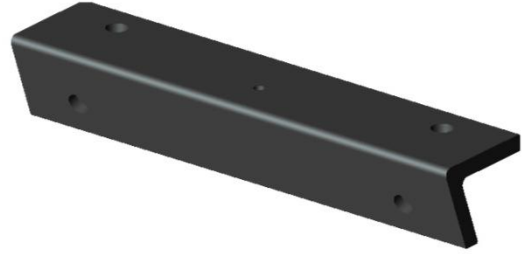
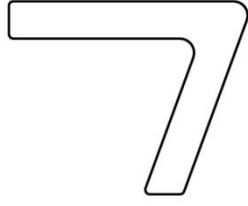
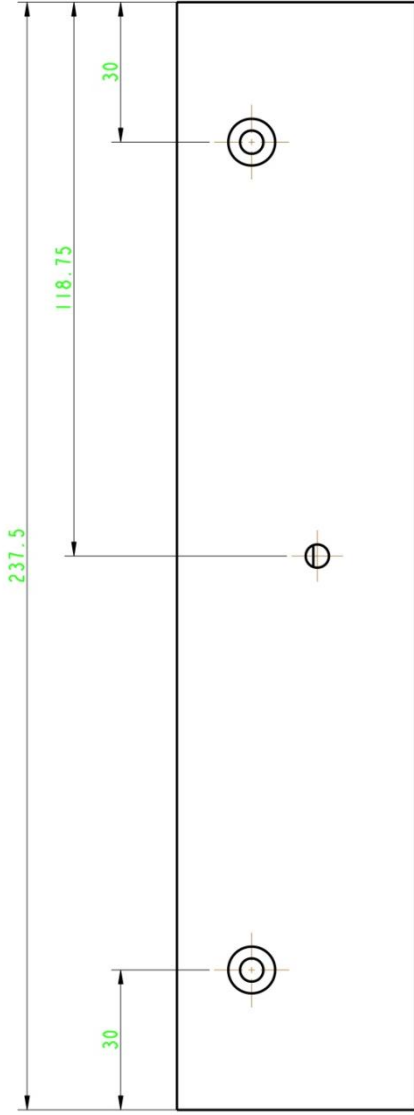
<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/products/pdf/DeltaSHD.pdf> ,sidan 5





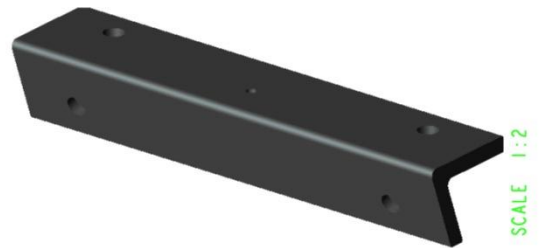
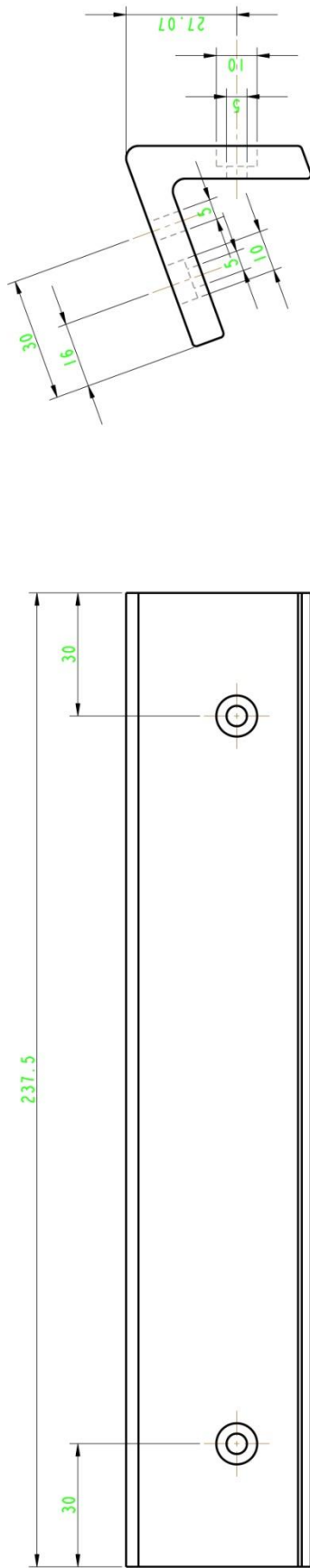


Ritad av	Projektlidare		
J:n	J:n	Utgåva	Datum
Kontrollant 1	Kontrollant 2	B	21-04-2010
Skala	Material	Massa (kg)	Projektnamn
3:10	SS-4107	9.0	Optimering av fixtur och operationer
Blad	EN-AW 6005A	Dens. (kg/m <sup>3</sup> )	Benämning
2 (2)		2710	Bottenplatta
Vyplac.	Ytfinish	Gen. Ra	Nummer
			001-110

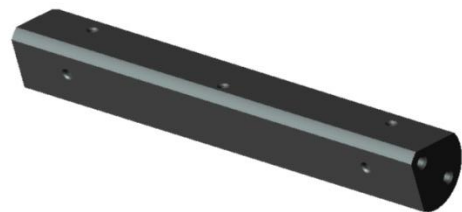
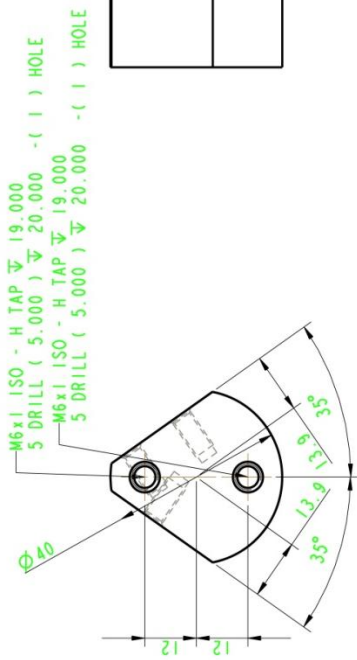
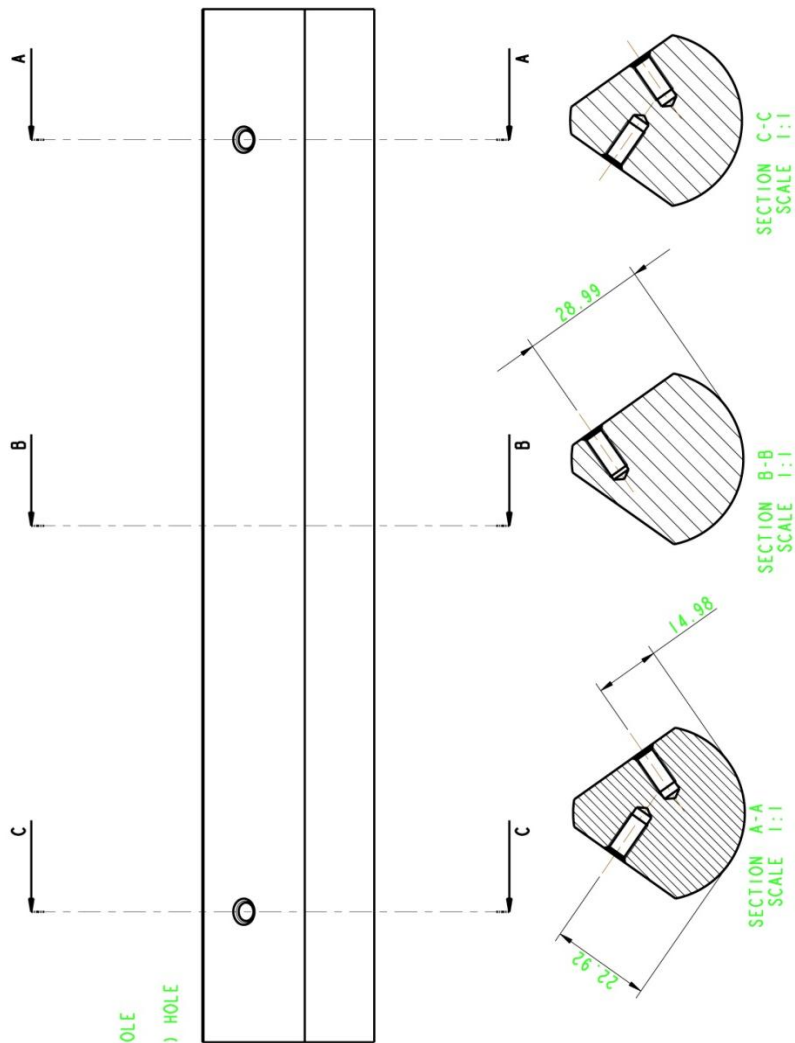


SCALE 1:2

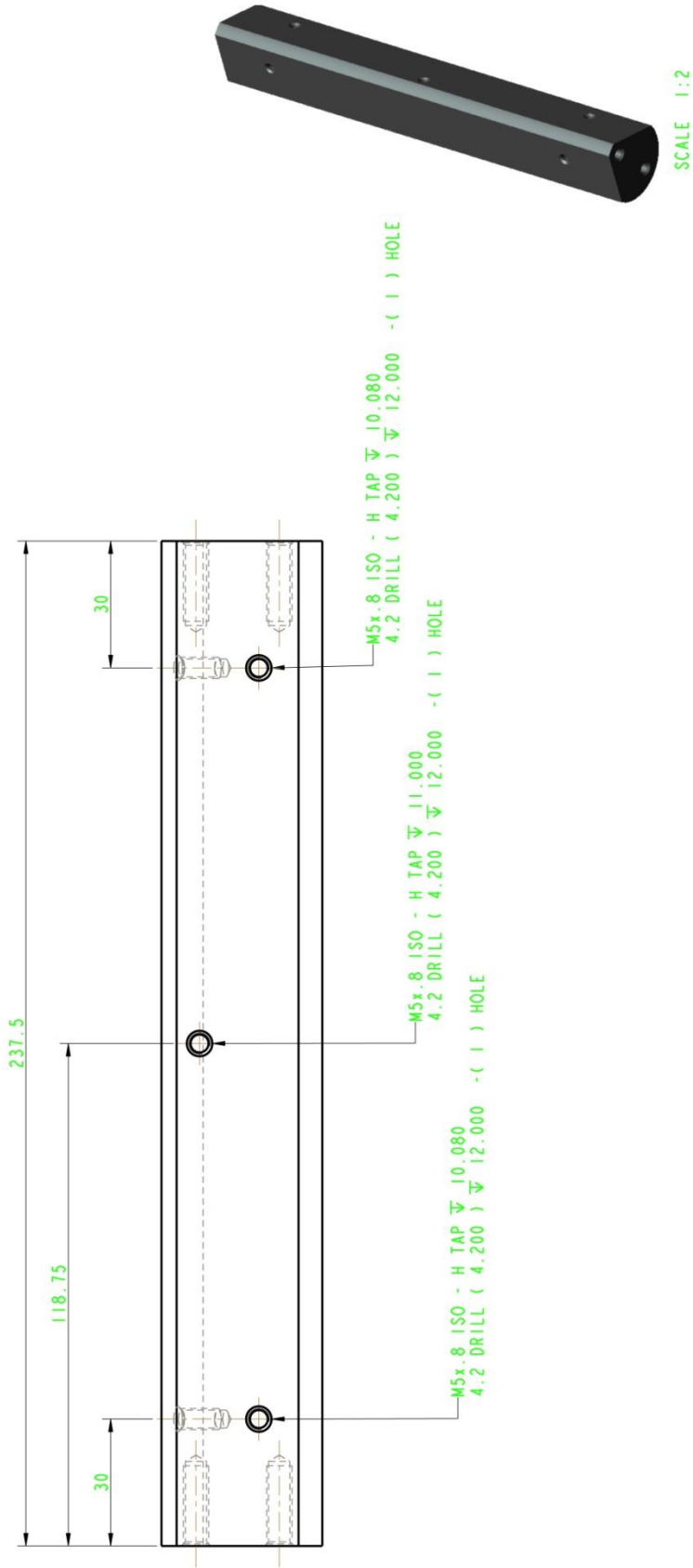
<b>Ritad av</b>	<b>Konstruerad av</b>	<b>Projektleddare</b>	
JLN	JLN	JLN	
<b>Kontrollant 1</b>	<b>Kontrollant 2</b>	<b>Kontr. tillv.</b>	<b>Utgåva</b> <b>Datum</b>
JTR	PCN	OSÖ	B 21-04-2010
<b>Ståle</b>	<b>Material</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Projektnamn</b>
1:1	SS-4107	0.44	<b>Optimering av fixtur och operationer</b>
<b>Blad</b>	EN-AW 6005A	<b>Dens. (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Benämning</b>
1 (2)		2710	<b>Fixturprofil</b>
<b>Vyplac.</b>	<b>Ytfinish</b>	<b>Gen. Ra</b>	<b>Nummer</b>
		3.200	<b>001-120</b>



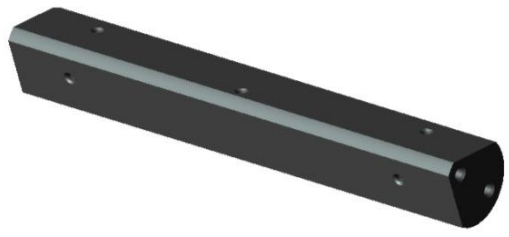
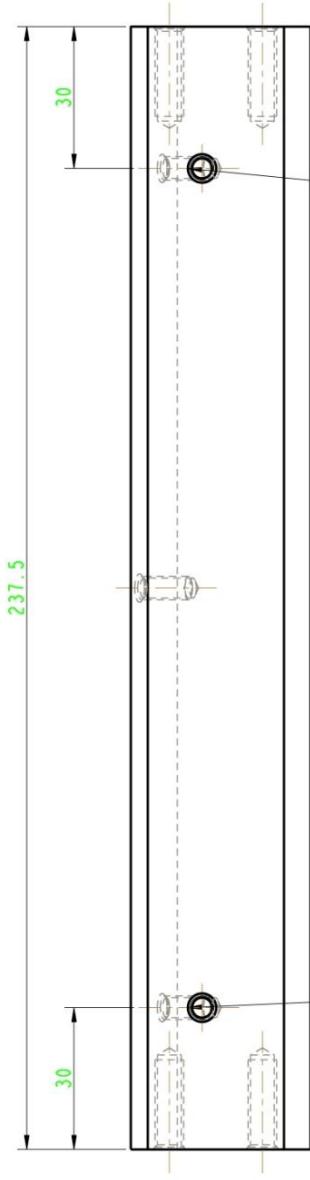
<b>Ritad av</b>	<b>Konstruerad av</b>	<b>Projektleddare</b>	
JLN	JLN	JLN	
<b>Kontrollant 1</b>	<b>Kontrollant 2</b>	<b>Kontr. tillv.</b>	<b>Utgåva</b>
JTR	PCN	OSÖ	B
<b>Skala</b>	<b>Material</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Datum</b>
1 : 1	SS-4107	0.44	19-04-2010
<b>Blod</b>	<b>EN-AW 6005A</b>	<b>Dens. (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Projektname</b>
2 (2)		2710	Optimering av fixtur och operationer
<b>Vyplac.</b>	<b>Ytfinish</b>	<b>Gen. Ra</b>	<b>Benämning</b>
		3.200	Fixturprofil
			<b>Nummer</b>
			<b>001-120</b>



Ritad av	JLN	Konstruerad av	JLN	Projektlidare	JLN
Kontrollant 1	JTR	Kontrollant 2	PCN	Kontr.- tillv.	OSÖ
Skala	1:1	Material	SS-4107 EN-AW 6005A	Utgåva	B
Blad	1 ( 3 )	Massa (kg)	0.65	Datum	21-04-2010
Vyplac.		Dens. (kg/m <sup>3</sup> )	2710	Projektnamn	Optimering av fixtur och operationer
		Vylfinish		Bendämning	Fästämne
		Gen. Ra	3.200	Nummer	001-130

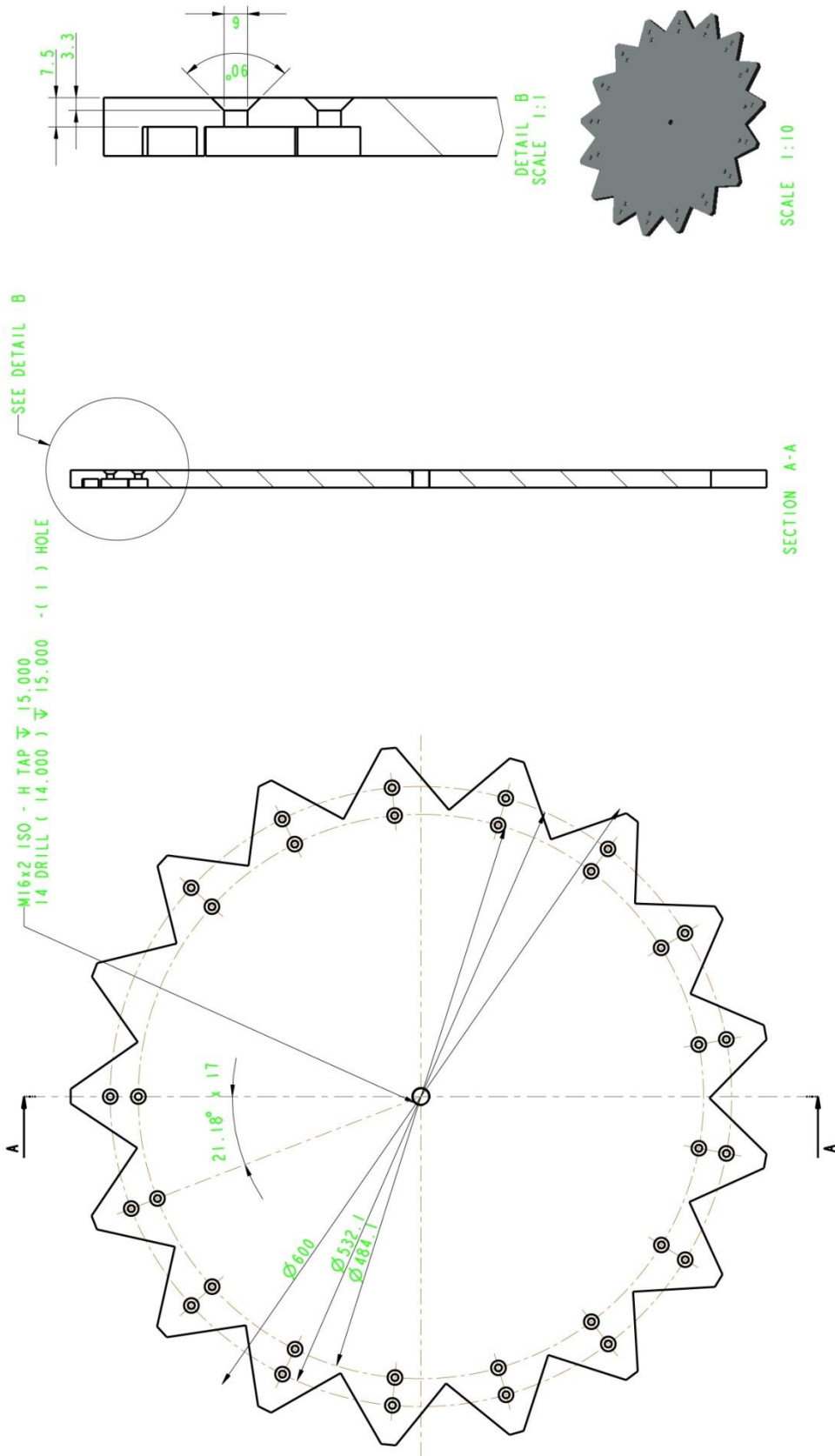


<b>Ritad av</b>	<b>Konstruerad av</b>	<b>Projektlidare</b>	
JLN	JLN	JLN	
<b>Kontrollant 1</b>	<b>Kontrollant 2</b>	<b>Kontr. Tillv.</b>	<b>Utgåva</b>
JTR	PCN	OSÖ	B
<b>Skala</b>	<b>Material</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Projektnamn</b>
1 : 1	SS-4107	0.65	Optimering av fixtur och operationer
<b>Blad</b>	EN-AW 6005A	<b>Dens. (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Benämning</b>
2 ( 3 )	Ytfinish	2710	Fästämne
<b>Vyplac.</b>		<b>Gen. Ra</b>	<b>Nummer</b>
		3.200	001-130

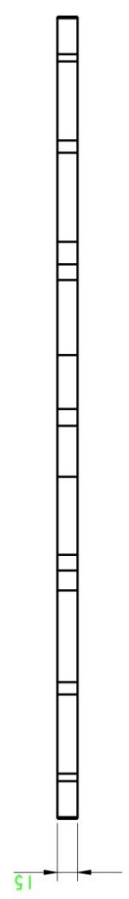


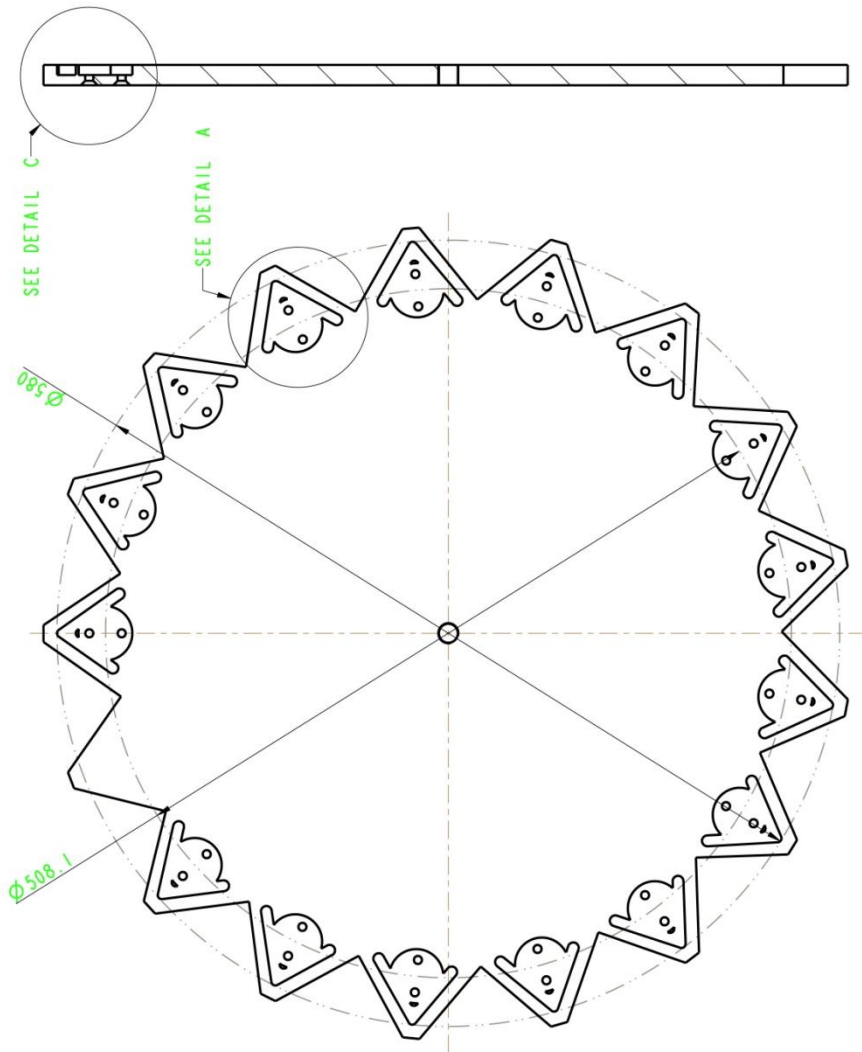
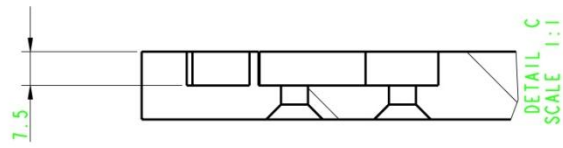
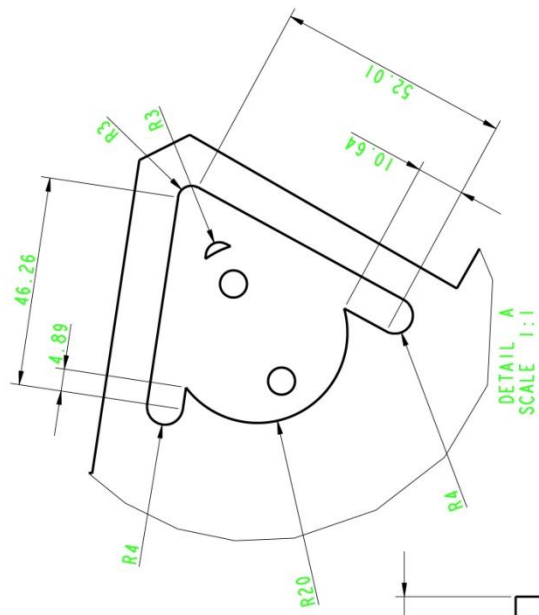
SCALE 1:2

<i>Ritad av</i>	<i>Konstruerad av</i>	<i>Projektleddare</i>		
JLN	JLN	JLN	<i>Utgåva</i>	<i>Datum</i>
Kontrollant 1	Kontrollant 2	Kontr. tillv.	B	21-04-2010
JTR	PCN	OSÖ	<i>Projektnamn</i>	
<i>Skala</i>	<i>Material</i>	<i>Massa (kg)</i>	<i>Optimering av fixtur och operationer</i>	
1 : 1	SS-4107	0.65	<i>Benämning</i>	
<i>Blad</i>	EN-AW 6005A	<i>Dens. (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<b>Fästlimne</b>	
3 (3)		2710	<i>Gen. Ra</i>	<i>Nummer</i>
<i>Vyplac.</i>	<i>Ytfinish</i>	3.200	<b>001-130</b>	

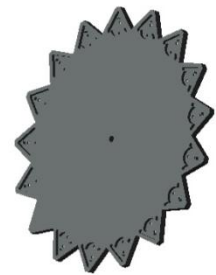


Ritad av	JLN	Konstruerad av	JLN	Projektleddare	JLN
Kontrollant 1	PCN	Kontrollant 2	OSÖ	Kontr. tillv.	B
JTR	JTR	Material	SS-4107 EN-AW 6005A	Utgöva	21-04-2010
Skala	3:10	Dens. (kg/m <sup>3</sup> )	2710	Projektnamn	Optimering av fixtur och operationer
Blad	I (2)	Gen. Re	3.200	Benämning	Lock
Vyplac.	Ylfinnish	Nummer	001-140		





SECTION A-A



SCALE 1:10

Ritad av	JLN	Konstruerad av	JLN	Projektfledare	JLN
Kontrollant 1	JTR	Kontrollant 2	PCN	Kontr. Tillv.	OSÖ
Skala	3:10	Material	SS-4107 EN-AW 6005A	Utgåva	B
Bild	2 (2)	Massa (kg)	9.00	Datum	21-04-2010
Vyplac.		Dens. (kg/m <sup>3</sup> )	2710	Projektnamn	Optimering av fixtur och operationer
		Ytfinish		Benämning	Lock
				Gen. No	001-140
				Nummer	