



**UNDERLAG FÖR BESLUT AV  
INVESTERING I NY UTRUSTNING**

Hermanders AB, Töreboda

**BASIS FOR DECIDING TO INVEST IN  
NEW EQUIPMENT**

Hermanders AB, Töreboda

Examensarbete inom huvudområdet Produktionsteknik

Högskoleexamen 22,5 Högskolepoäng

Vårtermin 2015

Rinat Andersson

Martin Johansson

Handledare: Gary Linnéusson

Examinator: Jan Oscarsson







## **FÖRORD**

Denna uppsats är genomförd på Hermanders AB i Töreboda. Under arbetets gång har vi fått mycket hjälp av handledare på Hermanders AB Mikael Henningson och VD Jan Engström, tack till er alla som har varit involverade i vårt examensarbete. Vi vill även rikta ett tack till vår handledare Gary Linnéusson som har varit ett stöd under arbetets gång. Ett stort tack riktas till Stig Gustavsson på Trumpf AB som har hjälpt till mycket i att få data om maskiner.

Skövde,

Mars 2016

Martin Johansson och Rinat Andersson

## **SAMMANFATTNING**

Hermanders AB är ett företag i Töreboda som tillverkar former utav cirkulärformade metaller. Uppgiften går ut på att ta fram en investeringskalkyl för ny teknik som skulle kunna ersätta den nuvarande utrustning som används idag på Hermanders AB för produktion av rondeller. Rondell är en cirkulärt formad metallskiva som skärs ut från en metallplåt. Anledningen till att en ny utrustning önskas är att rondellbearbetningsprocessen behöver automatiseras, samt tekniken förnyas. Utifrån önskemål från Hermanders AB har en kravspecifikation tagits fram. Problemen och hinder som kan påträffas har undersökts utifrån dessa krav och mål har satts för projektet. Olika tekniker har setts över och en passande teknik har valts efter kraven från Hermanders AB och noggrann utvärdering av de olika teknikerna. Laserskärningstekniken ses som den mest effektiva i denna typ av produktion, så en maskin som stödjer laserskärningstekniken har utvärderats. Maskinen som gavs som förslag av en svensk leverantör Trumpf AB är Trulaser 3030 fiber. Flera produktionstekniska och ekonomiska metoder har använts för att undersöka effektiviteten mellan den nya utrustningen och den nuvarande utrustningen där resultatet tydligt visar att den nya utrustningen är en effektiv ersättare till nuvarande utrustning och ger tydliga förbättringar när det gäller materialförbrukning och skärhastighet. Dessutom behöver inte operatören röra sig lika mycket som innan, utan behöver främst övervaka. Det bidrar till att de totala kostnaderna minskar. Hermanders AB behöver inte heller ha legoleverantörer eftersom maskinen klarar av att skära ut komplicerade former, vilket var ett av problemen tidigare som tvingade dem att ha legoleverantörer som kunde utföra arbetet.

## **ABSTRACT**

Hermanders AB is a company in Töreboda that produces shapes out of circular shaped metals. The task is to bring forward an investment calculation for new technology that would be able to replace the current equipment at Hermanders AB, used today for the production of roundabouts. Roundabout is a circular disc shaped metal cut from a metal sheet. The reason that the new equipment required is that the process needs to be automated and technology renewal. A specification based on requests from Hermanders AB has been developed. The problems and obstacles that may be encountered have been investigated based on these requirements and goals have been set for the project. Various techniques have been reviewed and a suitable technology has been chosen by the demands of Hermanders AB by careful evaluation of the various technologies. Laser cutting technology is seen as the most effective in this type of production, as a machine that supports laser cutting technology has been evaluated. The machine that was given to the suggestion of a Swedish provider Trumpf AB is Trulaser 3030 fiber. Several production technical and economic methods have been used to examine the efficiency of the new equipment and the existing equipment where the results clearly show that the new machine is an effective replacement for existing equipment when it comes to material utilization and cutting speed. It contributes to the manual labor being reduced and it's replaced by supervision. Hermanders AB do not need subcontracted suppliers because the machine is capable of cutting complex shapes, which was one of the problems previously forced them to have subcontracted suppliers that could perform the work.

## INNEHÅLL

Förord .....	i
Sammanfattning .....	ii
Abstract .....	iii
1. Inledning .....	1
1.1. Bakgrund .....	1
1.1.1. Företagspresentation.....	2
1.2. Processbeskrivning .....	2
1.3. Problembeskrivning.....	4
1.4. Projektets syfte och mål.....	5
1.5. Omfattning och avgränsning .....	5
1.6. Hållbar utveckling .....	6
1.7. Disposition.....	7
2. Metod .....	8
3. Litteraturstudie .....	9
3.1. Smarta mål.....	9
3.2. MoSCoW analys.....	9
3.3. SWOT-analys .....	9
3.4. Intressentanalys .....	9
3.5. Spagettikarta .....	10
3.6. Samla in tidsdata.....	10
3.7. Värdeflödesanalys .....	10
3.8. Datainsamling.....	11
3.9. Produktionsekonomi .....	11
3.9.1. Fördelning av kostnader .....	12
3.9.2. Kostnadsdrivare.....	12
3.9.3. Ekonomisk livslängd .....	13
3.9.4. Investeringskalkylering .....	13
3.9.4.1. Lönsamhetskalkyl.....	13
3.9.4.2. Payoff- metoden .....	13
3.10. Vattenskarning .....	14
3.11. Plasmaskarning .....	14
3.12. Laserskarning .....	14
4. Förstudie .....	15



4.1.	SWOT-analys .....	15
4.2.	Intressentanalys .....	15
4.3.	Kravspecifikation på utrustning.....	16
4.3.1.	Krav för vidare bearbetning .....	17
5.	Nulägesanalys .....	18
5.1.	Nuvarande produktionsefterfrågan för rondelltillverkning .....	18
5.2.	Operatörens rörelser för nuvarande process. ....	18
5.3.	Flödeskarta.....	20
5.4.	Materialspill.....	21
5.5.	Kostnader för nuvarande utrustning och material .....	22
5.6.	Utvärdering av bearbetningstekniker.....	22
5.6.1.	Analys av laserskärningen.....	22
5.6.2.	Analys av vattenskärning .....	23
5.6.3.	Analys av plasmaskärning.....	23
5.6.4.	Jämförelse mellan skärtekniker.....	23
5.6.5.	Beslut av bearbetningsteknik .....	24
6.	Val av lasermaskin .....	24
6.1.	Operatörens arbete för ny maskin.....	24
6.2.	Maskinens tillverkningstid .....	25
6.3.	Ändringar i materialinköp och skrotning.....	26
6.3.1.	Ändringar materialförbrukning och skrotning - volym.....	26
6.3.2.	Ekonomisk påverkan .....	27
6.4.	Inköps-, drift- och mediakostnader för maskinen.....	28
6.5.	Operatörskostnader .....	29
6.6.	Kostnadsjämförelse med nuläge.....	30
6.7.	Åtgärder som kan påverka lönsamheten.....	31
6.7.1.	Ändrad avskrivningstid .....	31
6.7.2.	Billigare maskinalternativ .....	32
6.7.3.	Legotillverkning från lasermaskinen.....	33
7.	Slutsatser .....	34
8.	Diskussion.....	34
	Referenser.....	35
	Böcker.....	35
	Elektroniska .....	36
	Artiklar.....	36
	Muntliga.....	36

Bilaga 1 – skurna rondeller under en tvåveckorsperiod .....	37
Bilaga 2 – Materialutnyttjande och spill under en tvåveckorsperiod .....	39
Bilaga 3 – Exempel på att spara material genom att kombinera ordrar. ....	41

## **1. INLEDNING**

I detta arbete bemöts en inte allt för ovanlig situation hos tillverkande industrier. Personalen önskar sig en ny modern utrustning för att underlätta tillverkningsprocessen, men ledningen är kritiska till förslaget eftersom de räknar med att kostnaden för att investera i en ny utrustning blir alldeles för hög. Det blir svårt att motivera varför pengarna skall investeras eftersom det inte framgår vad en sådan investering kan ge för resultat. Dessutom kan den ständiga teknikutvecklingen medföra att en investering som inte var försvarbar för några år sedan, kan bli förmånligare i dagsläget och betydligt enklare att försvara med hjälp av ren fakta.

I detta examensarbete bemöts en situation där önskemål finns om att ersätta den i nuläget helt manuella arbetsstationen mot en lösning som i högre grad skulle övergå till att vara automatiserad. Olika produktionstekniska metoder och verktyg används för att kunna få fram och presentera en nulägesanalys, som används som underlag till att bedöma arbetstiden och kostnaderna för den nuvarande arbetssituationen, som kan jämföras med en annan arbetssituation där ny utrustning är medräknad.

### **1.1. Bakgrund**

Den moderna tillverkningsindustrin beskrivs enligt Groover (2013) som en konstellation av processer och system, materiella tillgångar samt människor som jobbar på fabriken. Dessa är betydelsefulla för att verksamheten skall kunna uppnå en vinstgivande och driftsäker produktion. Tillverkningsprocessen går ut på att bearbeta ett eller flera material för att ändra dess geometriska egenskaper för att öka värdet på materialet.

Trots att det idag finns möjlighet att automatisera sin tillverkning med modern och högpresterande utrustning, väljer företag ändå att ha kvar mycket manuell produktion. Det kan till exempel handla om att verksamheten saknar kapital för att investera i en automatiserad lösning, eller att kostnaden för arbetskraften så pass låg, att automatiseringen inte blir ekonomiskt försvarbar. Dessutom finns det vissa moment som inte maskiner klarar av rent tekniskt, och maskiner har inte samma flexibilitet i att tillverka kundbeställda specialprodukter (Groover, 2013). Enligt Hagberg och Henriksson (2011) innebär en ny utrustning även kostnader utöver inköpskostnaden som måste tas hänsyn till, som driftkostnader och underhållskostnader för utrustningen. Detta examensarbete kommer att utföras i tillverkningsindustrin och kommer att behandla tekniskt jämförelse och en ekonomisk utvärdering.

### 1.1.1. Företagspresentation

Hermanders AB är ett legotillverkande företag som grundades den 8 Mars 1951 av Folke Hermansson och Hugo Andersson i Töreboda. Fokusområdet för Hermanders är trycksvarvning och djupdragning av metaller. Att forma plåt till färdiga komponenter är företagets specialområde. Metoden som används går i korthet ut på att en plåtskiva under snabb rotation pressas mot ett formverktyg. Samtidigt som materialet formas, reduceras gods tjockleken. När det gäller djupdragning så jobbar Hermanders med traditionell djupdragning och med hydromekanisk formning. De konkurrensfördelarna som Hermanders har är att kunna forma plåt i kraftiga dimensioner. Idag jobbar cirka 25-30 personer på Hermanders. I nuläget har Hermanders AB sammanlagt 500 kunder i Sverige, Norge, Finland och Danmark. Ett exempel på tillverkningen hos Hermanders är den sockerkaksform som syns i bild 1 nedan.



*Bild 1. En sockerkaksform är ett exempel på vad som tillverkas utav rondeller*

## 1.2. Processbeskrivning

Det som tillverkas i processen som skall undersökas är så kallade rondeller. Rondeller är cirkulära plattor i metall som ofta har minst ett stanshål. Metallerna som används är antingen järn, rostfritt eller koppar. Utgångsläget för en metall är en hel plåt med måtten 3000x1500mm, som sedan bearbetas med hjälp av tre delstationer som är plåtklippning, rondellklippning och stansning. Att tillverka rondeller är en viktig del i processen inför fortsatt bearbetning.

Idag förädlas helplåtarna till rondeller på ett antal olika sätt som beskrivs nedan med hjälp av exempel i text samt flödesschema som visas i bild 2:

1. Klippning av hel plåt till remsor. Därefter klippning av remsa till fyrkant. Efter detta sker rondellklippning av fyrkant. I vissa fall även stansning av centrumhål.
2. Klippning av hel plåt till remsor. Därefter stansning av rondell i excenterpress. I vissa fall även stansning av centrumhål.
3. Köp av plåt i fyrkantsformat. Efter detta sker rondellklippning av fyrkant. I vissa fall även stansning av centrumhål.
4. Köp av färdig specialbearbetad rondell från kunden. Dessa rondeller framställs av legoleverantör med laserskärning. I vissa fall även stansning av centrumhål.

All bearbetning på samtliga stationer utförs av endast en operatör. Denna operatör förflyttar även materialet manuellt med hjälp av truck. När operatören inte transporterar material och förflyttar sig mellan delstationerna, går han till fots. En djupare beskrivning av operatörens rörelser beskrivs i kapitel 4.

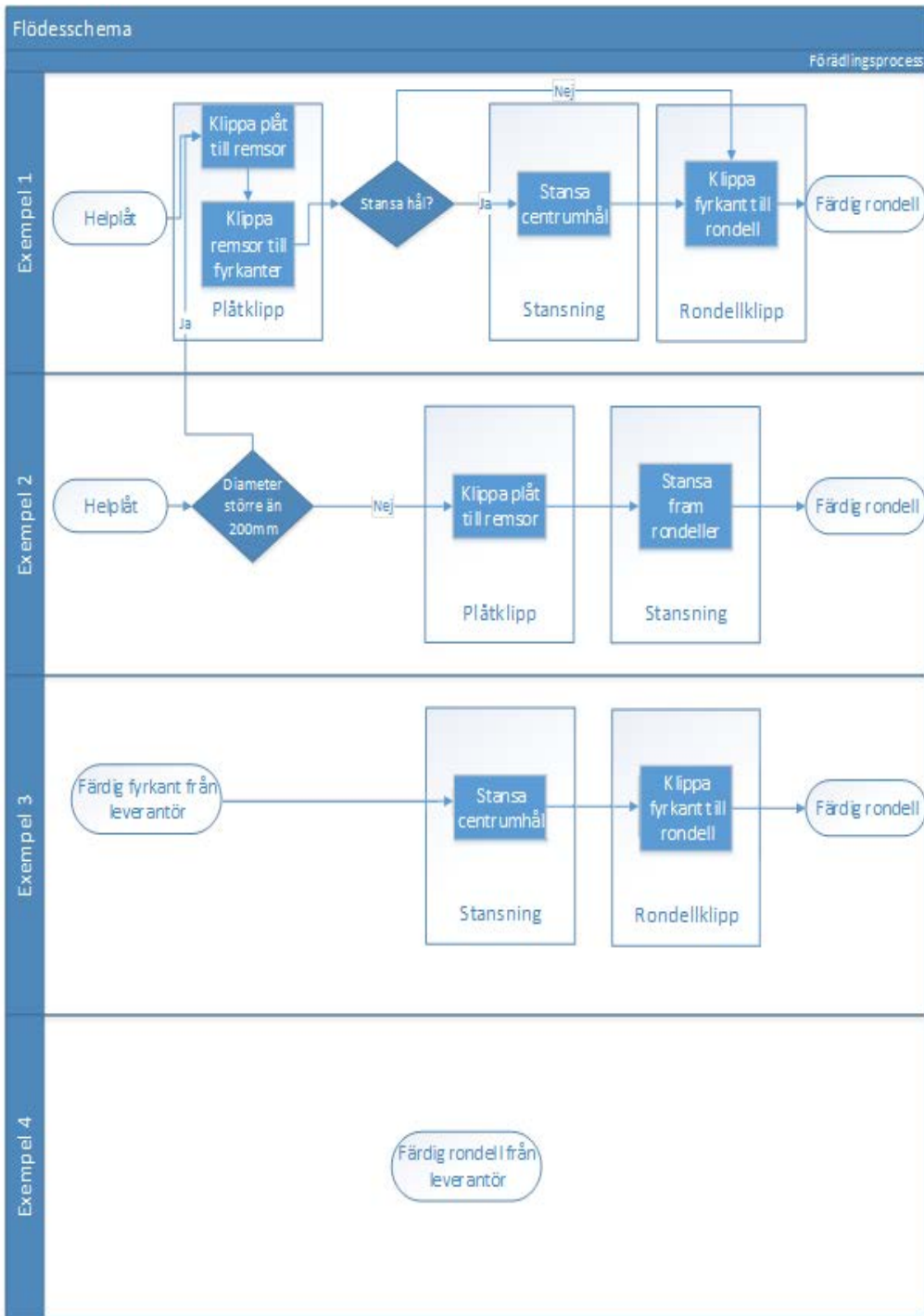
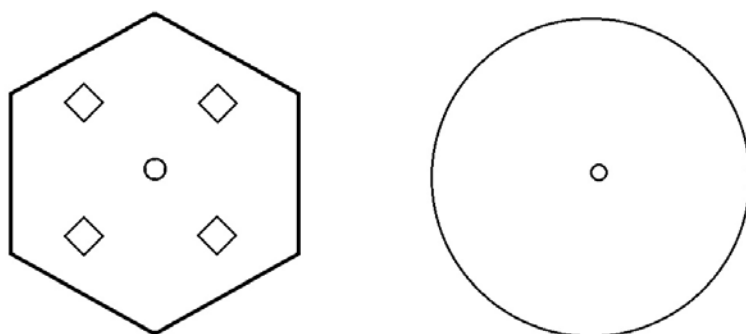


Bild 2. Flödesschema på exempel av förädlingsprocesser

### 1.3. Problembeskrivning

Rondellframtagningsprocessen som beskrivits i processbeskrivningen är tidskrävande med dagens teknik. Eftersom allt arbete är manuellt, krävs det att operatören är bunden vid maskinerna. Som det nämnts i processbeskrivningen i kapitel 1.2., så sker det en del förflyttning av material och operatören, vilket tar mycket tid och inte medför något värde. Idag kan så mycket som en tredjedel av materialet gå till spillo från plåtklippstationen och rondellklippstationen på grund av att ytan inte kan utnyttjas, eftersom det i nuläget inte är möjligt att vara flexibel och kunna kombinera olika order på rondeller med varandra. Det går alltså inte att köra produkter från en annan order på en och samma helpåt. Hermanders saknar idag den kapacitet som krävs för att bearbeta vissa varianter av rondeller. Detta leder till att färdiga rondeller i nuläget beställs från legoleverantörer som utför den önskade bearbetningen åt Hermanders. En standardrondell som den nuvarande utrustningen klarar av att skära ut idag är en cirkulär metallbit med ett enkelt stanshål i mitten. En speciellt bearbetad rondell som beställs idag utav legoleverantörer är en mer speciell, cirkulär metallskiva som har någon slags komplicerad stansning i olika former. Bild 3 nedan visar dessa typer av rondeller som nämnts. På Hermanders finns önskemål om att införskaffa en ny utrustning, som skulle kunna hjälpa till att tillverka alla olika typer av rondeller, men i nuläget saknas underlag som stödjer ett sådant inköp.



*Bild 3. Ett exempel på ett speciellt bearbetat och en standardrondell. Rondellen till höger är en standardrondell och rondellen till vänster är speciellt bearbetad.*

#### **1.4. Projektets syfte och mål**

Syftet med projektet är att utreda och motivera vilken teknik som skulle lämpa sig mest för denna produktion av rondeller och den teknik som är effektiv för att producera med fokus på kvalitet, effektivitet, samt lönsamhet. Det skall även vara möjligt att tillverka rondeller som i nuläget kräver legobearbetning i Hermanders fabrik. Önskad utredning ska ske på de tre stationerna som nämnts i processbeskrivningen (kapitel 1.2), dvs. dagens utrustning som består av plåtklippning, rondellklippning och stansning. Målet med projektet är uppdelat i olika delar:

- Ta fram en nulägesanalys
- Skapa en kravspecifikation utifrån denna
- Hitta passande teknik och utrustning
- Utvärdera utrustningsförslag utifrån kravspecifikationen
- Göra en jämförelsekalkyl med avseende på tidsåtgång och kostnad
- Utvärdera och välj den tillverkningsteknik som lämpar sig bäst i samråd med företaget
- Ta fram beslutsunderlag för eventuell ny investering

#### **1.5. Omfattning och avgränsning**

Eftersom Hermanders tillverkar efter kundbehov uppkommer flera olika varianter av produkter. Därför kommer projektet omfatta de mest återkommande varianterna, dvs. varianter som innehåller materialen stål och rostfritt. Studenterna har under sin studietid främst studerat produktionstekniska ämnen. Fokus inom detta arbete skall vara på den ekonomiska biten. Arbetet kommer inte att behandla produktionstekniskt optimeringsarbete på nuvarande utrustning, utan kommer att handla om en helt ny utrustning som sen jämförs med den nuvarande upplägget (med nuvarande utrustning). Denna avgränsning sker utifrån företagets önskemål. Ett förslag om optimeringsarbete hade tidigare angivits, men beslutet om att enbart undersöka ny utrustning hade tagits av Hermanders redan innan projektet hunnit starta. De vill förnya sin utrustning till något liknande legoleverantörernas, som har kapaciteten att producera rondeller utifrån kundens önskemål.

## **1.6. Hållbar utveckling**

I begreppet hållbar utveckling ingår social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Dessa tre områden behöver samverka för att planeten jorden skall kunna fortsätta att existera (Gröndahl & Svanström, 2011) och att inte möjligheten till utveckling i framtiden begränsas (Miljödepartementet, 2014). Den hållbara utvecklingen syftar på utveckling ur ett långsiktigt perspektiv för att förvalta jordens resurser på ett ansvarsfullt sätt i syfte på att minska eller eliminera det destruktiva som påverkar människans hälsa och miljö. Företag ställs i regel inför krav, utifrån till exempel lagar och föreskrifter, men de kan även välja att fatta egna beslut som påverkar på samhället på ett positivt sätt (Gröndahl & Svanström, 2011).

Konsekvenserna utifrån hållbar utveckling i det aktuella projektet som behandlas blir följande:

Om företaget skulle bestämma sig för att införskaffa ny utrustning skulle den kunna skära metall på ett sådant sätt att mer yta kan utnyttjas, bearbetningstiden minskar och operatören blir inte lika bunden vid maskinen. Detta bidrar till mindre materialspill, högre utnyttjande av material, mindre inköpsvolym av metaller och utnyttjande av operatören, eftersom han kan göra annat medan maskinen är i process. Detta kommer påverka ekonomisk hållbarhet eftersom kostnaden kommer minska för inköp av metaller. Dessutom skulle den ekologiska hållbarheten kunna påverkas eftersom det minskande materialanvändandet skulle leda till att mindre malm behöver brytas från gruvorna. Det negativa är att företaget behöver gå igenom inkörningstiden, som kan påverka produktionen och operatören behöver utbildning på den nya utrustningen vilket kan ta en viss tid och kan på kort sikt ge negativ effekt på den ekonomiska utvecklingen.



## 1.7. Disposition

### Inledning

- Problemet beskrivs och vad examensarbetet kommer att omfatta och inte omfatta. Här beskrivs även hållbar utveckling

### Metod

- Metodkapitlet beskriver HUR arbetet utförs med hjälp av en PDCA som även beskriver vilket kapitel som behandlar de olika delarna som skall göras.

### Litteraturstudie

- Teorin som behövs för att utföra projektet beskrivs här. Här ingår bland annat fakta om vad som kan kosta pengar för företaget, samt teori bakom investering och metoder som skall användas. De olika bearbetningarna som skall användas beskrivs också här.

### Förstudie

- Här beskrivs förutsättningarna som krävs för projektet, vilka personer som kommer att vara inblandade och vilka krav företaget har på en ny utrustning.

### Nulägesanalys

- Kostnader för det nuvarande läget beskrivs här. I detta kapitel kartläggs också de rörelsemönster och den tid det tar att utföra arbetet för det nuvarande upplägget.

### Nulägesanalys

- Kostnader för det nuvarande läget beskrivs här. I detta kapitel kartläggs också de rörelsemönster och den tid det tar att utföra arbetet för det nuvarande upplägget. I nulägesanalysen ingår även att kolla upp tillgängliga utrustningar.

### Framtagning av ny utrustning

- Olika, bearbetningstekniker som kan användas vid framtagning av rondeller studeras, maskin väljs ut som stödjer tekniken. Kostnader kartläggs och jämförs med nuläge.

### Slutsats

- Här presenteras vad som har kommit fram till i arbetet.

### Diskussion

- Här diskuteras projektets gång med egna tankar och reflektioner.

## 2. METOD

Aktuellt kapitel illustrerar tillvägagångssätt för projektet. Val av metod hjälper till utforma arbetet genom att angripa och identifiera problem som uppkommer. Metodvalet bestämmer arbetsgången för att uppnå uppsatt syfte och mål. Metoden skall användas i arbetet för att lösa ett problem samt att erhålla ny användbar kunskap (Holme, 1997). Ett flödesschema används för att kartlägga metoder som ska användas genom hela arbetet som visas i bild 4. Detta används för projektplanering och illustrerar projektets gång. Det är också ett bra sätt för att hitta vad i projektet som har gjorts och vad som är kvar att göra.

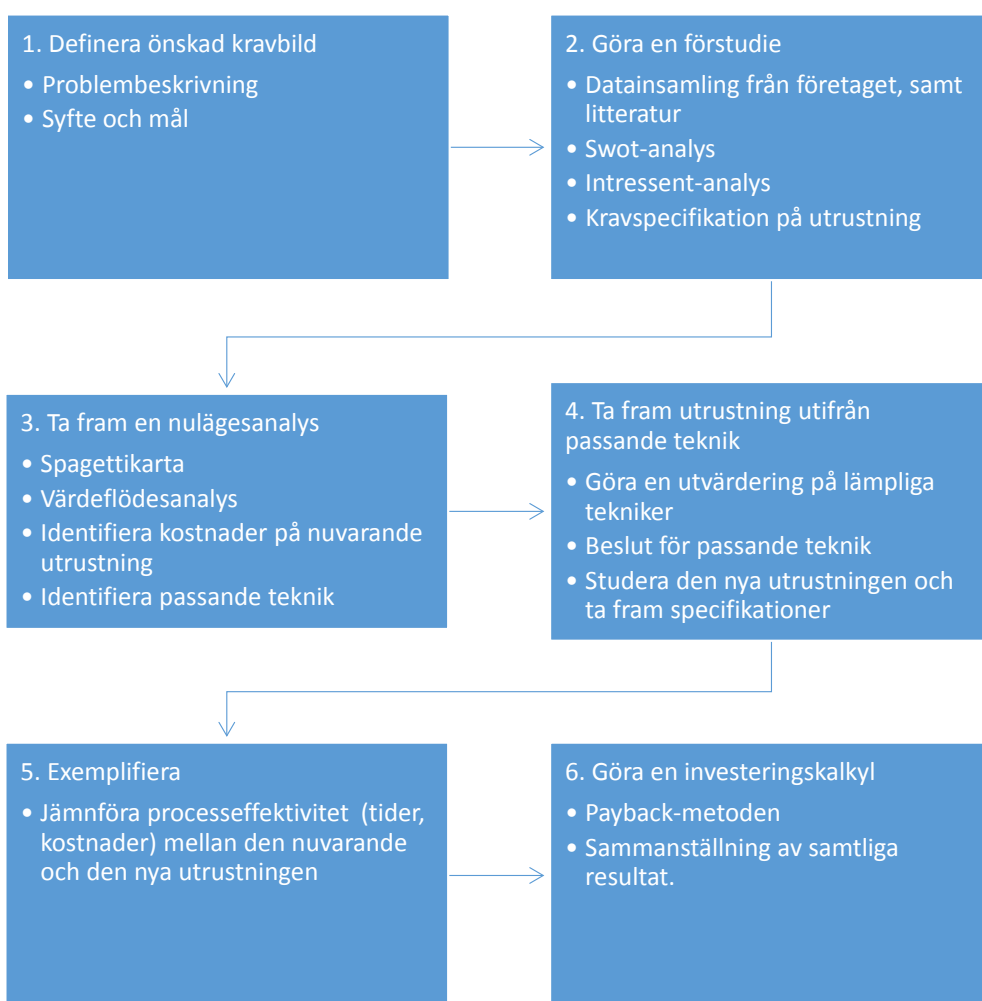


Bild 4. Flödesschema för metoder som ska användas genom arbetet.

### 3. LITTERATURSTUDIE

I litteraturstudien beskrivs de metoder och verktyg som skall användas i projektet.

#### 3.1. Smarta mål

Om ett projekt skall utföras är det viktigt att formulera mål, så att det blir uppenbart vad som skall göras. För att målen skall vara värda att lägga resurser på att uppnå, är det rekommenderat att göra s.k. smart-test. Detta innebär att det undersöks om målen är:

Specifika – Målen skall vara så pass välformulerat att de inte går att misstolka.

Mätbara – Det skall vara tydligt om målen uppnåtts eller inte.

Accepterade – Målen skall vara väl etablerat bland projektets deltagare

Realistiska – Det skall kunna vara möjligt att uppnå målen med de resurser som finns.

Tidsatta – Målen skall uppnås inom en spikad tidsram.

(Tonnqvist, 2012)

#### 3.2. MoSCoW analys

MoSCoW används för att prioritera de mål som uppkommit under ett projekt, det vill säga vilka mål som är absolut nödvändiga, och vilka som inte är det. Det finns det fyra nivåer i en MoSCoW-analys.

Must – Mål som måste ingå i projektet.

Should – Mål är högprioriterade och bör vara med om det finns möjlighet.

Could – Mål som skulle kunna vara med om det finns möjlighet, men med låg prioritet.

Won't – Mål som inte behöver vara med i just detta projektet.

(Tonnqvist, 2012)

#### 3.3. SWOT-analys

SWOT-analys (SWOT är en akronym byggd på de engelska orden "Strengths", "Weaknesses", "Opportunities" och "Threats") är ett vanligt företagsekonomiskt planeringshjälpmedel som används för att finna styrkor, svagheter, möjligheter och hot vid en strategisk översyn. SWOT-analysen avbildas för det mesta i en matris-modell med fyra rutor som ger en överblick över de viktigaste faktorerna att ta hänsyn till för att sedan utarbeta en strategisk plan för organisationen (Tonnqvist, 2012).

#### 3.4. Intressentanalys

En intressent är någon som är inblandad i en verksamhet eller ett projekt. Dessa berörs av projektets eller verksamhetens beslut som de ofta har mer eller mindre kontroll över att styra själva. Exempel på intressenter är projektledare, deltagare, kunder och leverantörer. Efter det har beslutats vilka som är intressenter klassificeras deras betydelse för projektet beroende på vilket ansvar de får i projektet. Kärntressenterna är de viktigaste för projektet och det är deras uppfattningar och krav som styr målet för projektet (Tonnqvist, 2012).

### 3.5. Spagettikarta

Spagettikarta är ett verktyg som används för att illustrera de fysiska rörelserna för dokument, artiklar och människor i en process. Det positiva med en spagettikarta är att det går enkelt att visuellt se före och efterbilder hur en förändring i arbetsprocessen skulle påverka rörelsemönster (Lean Forum, 2007).

### 3.6. Samla in tidsdata

Det finns ett antal metoder som kan användas för att att samla in tider. Till exempel går det att göra tidsstudier själva eller att hämta data från tidigare studier, vilket är vanligt förekommande när det gäller att samla in data.

Tidsstudier görs för att mäta tider som det tar att utföra ett arbetsmoment och att få fram en standardtid. Hela arbetsmomentet delas med fördel upp i delmoment för att kunna identifiera de värdeskapande och icke värdeskapande tiderna. Ett hjälpmedel som brukar användas i tidsstudier för att få fram tiderna är stoppur. Det finns två tillvägagångssätt vid utförandet av tidsstudier. Det ena tillvägagångssättet är snapback-metoden, där klockan/stoppuret stoppas efter varje delmoment som ingår i hela arbetscykeln. Alternativet till detta är kontinuerlig tidtagning, där den totala tiden mäts från början till slut. Snapback-metoden ger i regel kortare tider eftersom klockan stoppas emellan arbetsmomenten.



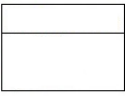





Fördelen med tidsstudie är att det inte behövs mycket teori för att lära sig att klocka tider. Nackdelen är att det är svårt att bli riktigt bra eftersom det krävs en hel del övning för att få fram tillförlitliga resultat. Att lita på en tidsstudie som utförts av en oerfaren person kan ge förödande konsekvenser. I tidsstudier bör även hänsyn tas till arbetarens insats vid beslut om standardtid, vilket också kan ses som en nackdel. (Freivalds, 2009).

Det är ett mycket enkelt sätt att få data från till exempel dokument, men det är viktigt att data är tillförlitlig, och risken finns ofta att den inte är så exakt (Freivalds 2009).

### 3.7. Värdeflödesanalys

Vid tidsmässig granskning av ett produktionssystem är målet att kartlägga och definiera den möjliga tiden hur den används för att ge värde på produkter med hjälp av en värdeflödesanalys. I värdeflödesanalysen uppdelas tiden in i två kategorier, tid som adderar värde för produkten och den tid som inte adderar värde. De processer som ingår i den värdeskapande tiden definieras ofta som de processer som ökar värdet på den produkt som bearbetas genom att förändra produkten fysiskt, som till exempel med svarvning eller stansning. Den icke värdeskapande tiden är den tid som inte förändrar produktens fysik, som till exempel transport, planering, väntan och tillsyn (Harrison & Hoek, 2011). Arbetet går ut på att först identifiera de värdeskapande och icke värdeskapande aktiviteterna

För att göra en värdeflödesanalys krävs det att en produkt eller produktfamilj som skall analyseras bestäms, Kunskap samlas in om alla steg i processen, från input från leverantören. Det kan vara tider det tar att ställa om på stationerna, tider stationerna har på sig och hur många operatörer som är på varje station. Hur mycket som efterfrågas inom en viss tidsperiod bör också vara med (Bicheno 2006). Analys av verkligheten görs för att kolla vad som verkligen sker. När det finns tillräckligt med data ritas kartan över materialflödet samtidigt som de ingående delprocesserna går igenom (Lean Forum, 2007). Illustration sker i regel med hjälp av följande symboler som visas i tabell 1.

<b>SYMBOL</b>	<b>FÖRKLARING</b>
	<b>Lager</b>
	<b>Kund/Leverantör</b>
	<b>Process</b>
	<b>Operatör</b>
	<b>Förflyttning av material</b>
	<b>Tryckande flöde</b>
	<b>Dragande flöde</b>
	<b>Elektronisk information</b>

Tabell 1. Symbolbeskrivningar för värdeflödesanalys

Med dragande flöde kör produktionen bara om efterföljande steg i processen efterfrågar arbete. Ett tryckande system är motsatsen, det vill säga att produktion sker när möjligheten finns oavsett om efterföljande process efterfrågar det eller inte.

För att räkna ut andelen i procent av den tid som materialet tillbringar i flödet som ökar dess värde, används följande formel:

$$VA/(VA+NVA)$$

VA står för "Value Adding" (värdehöjande) och NVA står för "Not Value Adding" (icke värdehöjande) (Bicheno, 2006).

### 3.8. Datainsamling

Det är viktigt att data som samlas in är innebördsrik och passar till problemställningen. Rätt metod skall väljas beroende på vad det är som skall undersökas. Datainsamling är i sin enkelhet ingen större utmaning. Utmaningen med datainsamlingen är att hitta rätt metod för datainsamlingen (Holme & Krohn, 1997). Data kan delas upp i kvalitativa och kvantitativa data. Kvalitativa data är det som ger en djupare förståelse för något och sätta något i sitt sammanhang, men visas inte i form av siffror och svart på vitt. Kvantitativ data är data som går att mäta. Det kan vara till exempel hur lång tid ett arbete tar eller vad en maskin kostar (Holme & Krohn, 1997).

I detta arbete används både kvantitativ och kvalitativ data, beroende på område i arbetet.

### 3.9. Produktionsekonomi

Begreppet produktionsekonomi är en kombination av orden produktion och ekonomi. Produktion är viktigt för att satsfiera behov till kunder med produkter och tjänster. Ekonomi är till för att hushålla med de resurser som finns eller går att få tag i. För att få en god

produktionsekonomi krävs att det produceras sådant som kunden efterfrågar, men på ett resurssnålt sätt. De ekonomiska aspekterna behandlar kostnader som företaget har och produktionsaspekterna behandlar främst de tekniska tillgångarna och restriktionerna (Olhager, 2000).

### 3.9.1. Fördelning av kostnader

Att fördela kostnader är viktigt eftersom det hjälper till att identifiera dolda kostnader, det vill säga de indirekta kostnaderna. Ledningen behöver för att fatta korrekta produktionsbeslut veta vad de olika delarna av kostnader verkligen kostar (Snyder & Davenport, 1997). Hagberg och Henriksson, (2011) illustrerar behovet av att identifiera de indirekta kostnader med ett isberg (bild 5), där de direkta kostnaderna är de som syns över ytan som bara är en bråkdel av de kostnader som verkligen finns som de indirekta kostnaderna, I bild 5 nedan visas ett exempel på isberget.



*Bild 5. Isberget visar att det är många kostnader som inte syns (Hagberg och Henriksson, 2011)*

Kostnadsfördelningen sker ofta genom tre steg (Snyder & Davenport, 1997):

- 1 Bestäm ett kalkylobjekt där kostnaderna skall fördelas.
- 2 Fundera ut de indirekta kostnaderna.
- 3 Bestäm hur de olika kostnaderna skall fördelas i kalkylobjektet.

### 3.9.2. Kostnadsdrivare

För att kunna bearbeta material krävs det en yta att arbeta på och ställa utrustningen på på dvs. en lokal, för en lokal går det att få fram andra kostnader som till exempel bundet kapital, värme, el, underhåll.

Maskiner krävs också för många arbeten, dessa måste anskaffas, bland maskinerna ingår kapitalkostnader, avskrivningar samt underhålls och reparationskostnader

Det krävs också människor som sköter om sköter maskinerna, där ingår bland annat löner och sociala uppgifter, samt utbildning av personal.

För att få ut rätt produkt krävs även arbete med konstruktion, beredning och programmering. Här ingår löner och sociala avgifter för personerna som jobbar med det, samt kostnader för tekniken som används.

Material behövs för tillverkning och med detta medföljer kostnader för inköp, och lagring (Sveriges Verkstadsindustrier, 1988). Även transporter och inspektioner av materialet kan ge upphov till kostnader. Skrotning av material innebär också kostnader (Hagberg och Henriksson, 2011).

### 3.9.3. Ekonomisk livslängd

Den ekonomiska livslängden är den tiden då en investering ger avkastning, det vill säga den tiden då inbetalningarna överstiger utbetalningarna till dess att avkastningen upphör. Faktorer som kan påverka den ekonomiska livslängden är teknikutvecklingen, marknadsutvecklingen, drift och underhållskostnader och ränteutveckling (Ax & Kullven, 2011). Det finns inga bestämda regler för hur den ekonomiska livslängden bestäms, utan den bestäms med hjälp av erfarenhet och praxis. I början och i slutet av den ekonomiska livslängden är överskottet som minst. Ofta görs antaganden att betalningsöverskottet är konstant under hela ekonomiska livslängden. Är det uppenbart att betalningsöverskottet varierar mycket under den ekonomiska livslängden bör det dock inte ignoreras (Kinnander, 1996).

### 3.9.4. Investeringskalkylering

Investeringskalkylering är arbetet med att göra bedömningar av långsiktig investerings lönsamhet. Investeringskalkyl används i många sammanhang för att bedöma långsiktiga investeringar.

En investeringskalkyl kan användas huvudsakligen i två syften.

- För att bedöma om en viss given investering är lönsam eller inte.
- För att bedöma vilket av flera investeringsalternativ som är ekonomiskt mest fördelaktigt. (Ax & Kullvén, 2011), (Kinnander, 1996).

#### 3.9.4.1. Lönsamhetskalkyl

Lönsamhet är grunden för att ett företag skall kunna överleva. För att undersöka om en investering kommer att vara lönsam görs så kallade lönsamhetskalkyler, där utbetalningarna ställs mot framtida avkastning på investeringen. Vid lönsamhetskalkyler nämns ofta inbetalningsöverskott som är skillnaden mellan utgifter och inkomster. Överstiger inbetalningsöverskottet utbetalningarna räknas investeringen som lönsam. Ett smidigt verktyg för att illustrera lönsamheten i en kalkyl är med hjälp av diagram (Kinnander, 1996).

#### 3.9.4.2. Payoff- metoden

Med metoden beräknas den tid det tar för investeringen att ge avkastning. Metoden är lättanvänd, men den tar inte hänsyn till inbetalningsöverskottet som kommer efter payoff-tiden. Om payoff-tiden är kortare än det längsta kravet på återvinningstid. Payoff- metoden är effektiv att använda för att bedöma om en investering är lönsam, men är opassande för att jämföra investeringar med olika ekonomiska livslängder.

Payoff-tiden går att beräkna med hänsyn till kalkylränta eller inte. Payoff med kalkylränta kommer inte att behandlas i detta examensarbete. Payoff-metoden utan kalkylränta beräknas på följande sätt:

$$\text{Payofftid} = \frac{\text{summan av utbetalningar för investering}}{\text{årligt inbetalningsöverskott}}$$

(Kinnander, 1996)

### **3.10. Vattenskärning**

Vattenskärning är en bearbetningsteknik som är ett alternativ till exempelvis laserskärning. Det finns två sätt att arbeta med vattenskärning. Antingen skärs materialet med enbart vatten eller med vatten samt abrasivmedel. Metoden beslutas beroende på material som ska skäras. Rent vatten används för att skära i mjuka material medan vatten med abrasivmedel används för att kunna skära i hårdare och bräckliga material. Exempel på material som går att skära i är; stål, rostfritt stål, aluminium, koppar, mässing, kompositer, granit, marmor, kolfiber, glasfiber, glas, plast, papper, gummi, lamellträ och titan, där den sistnämnda anses vara svår att skära med andra metoder på grund av sin hårdhet. Genom att tillsätta ett abrasivmedel (t.ex. aluminiumoxid eller sand) i vattenstrålen blir det möjligt att skära igenom hårdare material, som t.ex. järn, sten, glas (Flow, 2010).

### **3.11. Plasmaskärning**

Plasmaskärning är en process som används för att skära stål och andra metaller av olika tjocklekar genom att använda en plasmabrännare. Den kan skära material genom att maskinen skapar en ljusbåge mellan skärelektroden och det bearbetade materialet och hettar upp det. Materialen som kan användas är elektriskt ledande som till exempel stål, rostfritt, aluminium, mässing och koppar. Tryckluft eller annan gas används för att skära (blåsa bort) det upphettade materialet och av det uppkommer ett skärnitt (Lindén, 2006).

### **3.12. Laserskärning**

I laserskärning används en laserstråle som värmer upp materialet i så pass hög grad (ofta flera tusen grader) att materialet antingen börjar smälta eller omvandla till gasform. Laserns riktning styrs med hjälp av speglar eller fiberoptik mot objektet. Skärhuvudet rör sig i jämn hastighet för att skära snitt i materialet (Laserskärning, 2010). De material som lämpar sig med laserskärning är nästan alla metaller, plexiglas, plast, trä, läder, tyg mm (Lindén, Bo-Erling, 2006).



## 4. FÖRSTUDIE

### 4.1. SWOT-analys

Det har skapats en nulägesanalys, i form av en SWOT-analys för projektet som visas i tabell 2. Med hjälp av SWOT-analysen i tabell 2 blir det möjligt att kartlägga alla förutsättningar som finns för att uppnå målen.

	Positiva faktorer	Negativa faktorer
<b>Interna förmågor</b>	<b>Styrkor</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tillgång till handledning, samt feedback från handledare på Högskolan i Skövde och från företaget</li><li>• Tidigare erfarenhet från industri gör att man snabbt får tydlig bild av produktionen och kan börja lösa problemet</li></ul>	<b>Svagheter</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fortfarande oerfarna att bemöta riktiga problem ute i arbetslivet</li></ul>
<b>Externa utmaningar</b>	<b>Möjligheter</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tillämpa riktlinjer från tidigare examensarbete, samt litteraturen som finns tillgänglig</li><li>• Detta arbete är en bra referens inför framtiden, samt ett sätt att lära sig att bemöta problem senare ute i arbetslivet</li></ul>	<b>Hot</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tidsbrist kan uppstå beroende på andra kurser som kommer emellan</li><li>• Sjukdom</li></ul>

Tabell 2. Beskrivning av förutsättningarna med hjälp av SWOT-analys

Swot analysen hjälper till att kartlägga alla förutsättningar och risker som finns under genomförandet av projektet. Med hjälp av analysen kartläggs alla förutsättningar som finns (både positiva och negativa).

### 4.2. Intressentanalys

#### Kärnintressenter

Rinat Andersson

Martin Johansson

#### Primärintressenter

Gary Linneusson

Jan Oscarsson

Mikael Henningsson

Jan Engström  
operatör

### Sekundärintressenter

Interna kunder Hermanders AB (leverantörer)

<b>Intressent</b>	<b>Varför Intressent?</b>	<b>Vad önskar intressenten?</b>	<b>Intressentens betydelse.</b>	<b>Hantering av intressenten.</b>
Rinat Andersson och Martin Johansson	De som genomför projektet	Att arbetet blir så bra som möjligt och att främst primärintressenter blir nöjda	Väldigt stor betydelse för projektet	
Gary Linneusson och Jan Oscarsson	Handledare och betygsättare	En rapport och presentation som uppfyller krav, syfte och tidsplan	Stor betydelse för projektet	Lyssna på feedback och ta hjälp av informationen som ges
Mikael Henningsson och Jan Engström	Projektgivare	Att projektet resulterar i bra förbättringsförslag som kan genomföras	Stor betydelse för projektet	Fråga om vi har några frågor eller funderingar
Operatör	De som kommer påverkas mest utav eventuella förbättringar	Att förbättringsförslagen löser problemen	Stor betydelse för projektet	Ställa frågor till operatören för eventuella förbättringar
Kunder Leverantörer	Köpare och användare av Hermanders AB produkter	En hållbar och bra produkt som uppfyller kraven enligt kundorder	Ganska liten betydelse för projektet	Inget inflytande eller delaktighet i projektet

Tabell 3. Beskrivning av intressenter för projektet

Med hjälp av intresseanalysen i tabell 3 kartläggs i förväg vilka personer som kommer att vara viktiga för projektet, och vilket syfte de uppfyller. Det underlättar för de som de som skall utföra projektet då de som skall utföra projektet tidigt har klart för sig alla roller de olika parterna kommer ha i projektet.

### **4.3. Kravspecifikation på utrustning**

Kravspecifikationen på utrustningen är till för att kartlägga de olika kraven som ställs på en framtida utrustning för att passa Hermanders organisation. Kravspecifikationen är gjord med MoSCoW-metoden, för att prioritera vilka egenskaper på maskinen som måste finnas, vad som borde vara med, vad som skulle kunna vara med och vad som inte behöver vara med. MoSCoW analysen visas i tabell 4.

<p><b><u>Must (Måste ha)</u></b></p> <p>Maskinen ska vara CE-märkt.</p> <p>Skära upp till 3 mm i tjocklek.</p> <p>Kunna skära i rostfritt stål, kolstål och aluminium.</p> <p>Maskinen ska ha bearbetningsyta på 3000x1500 mm.</p>	<p><b><u>Should (Bör ha)</u></b></p> <p>Maskinen ska monteras och installeras på plats.</p> <p>Operatören ska undervisas och läras upp.</p> <p>Arbetsyta för laser skärare ca 6x15 m.</p> <p>Svensk leverantör.</p> <p>Maskinen skall avbetalas efter 5 år.</p>
<p><b><u>Could (Skulle kunna ha)</u></b></p> <p>Kunna skära i mässing och koppar.</p> <p>Operatören behöver vara vid maskinen 50 % av tiden jämfört med nuläge.</p> <p>Inköpspriset är inte över 2 miljoner kr.</p>	<p><b><u>Won't (Behöver inte ha)</u></b></p> <p>Maskinen ska ha en anpassad industrifärg.</p>

Tabell 4. MoSCoW analys

#### 4.3.1. Krav för vidare bearbetning

Det finns kundkrav för vidare bearbetning inom Hermanders AB. Den nya maskinen måste ha tillräcklig kapacitet och produktivitet för att uppfylla de krav som ställs. Dessa krav ställs för den nuvarande samt den nya utrustningen som ska producera rondeller. Kundkraven fungerar som en standard för att rondellerna skall kunna fortsätta bearbetas i nästa processsteg. Moscow-metoden tillämpades aldrig på de krav för vidare bearbetning som nämns nedan eftersom alla dessa krav är högt prioriterade.

- Inget krav på efterbearbetning av rondeller.
- Yta på materialet skall vara fri från repor som är över 0,1 mm djupa.
- Tolerans  $\pm 0,5$  mm.
- Maskinen skall klara att producera i en takt som överstiger nuvarande takt.

## 5. NULÄGESANALYS

Nulägesanalys är en analys som är avsedd för att skapa en objektiv bild runt nuläget.

### 5.1. Nuvarande produktionsefterfrågan för rondelltillverkning

Eftersom Hermanders är ett legotillverkande företag, kan deras efterfrågan variera från vecka till vecka. Det beslutades då att en slumpvald period på två veckor skulle väljas för att representera två normala arbetsveckor. Eftersom rondellerna kan variera i storlek och tillverkningstid, är det lämpligt att mäta hur lång skärsträcka som krävs för att skära ut rondellerna som mått för efterfrågan. Den nuvarande produktkvantiteten mäts i antal meter som utrustningen har skurit under en tvåveckorsperiod på totalt 80 timmars arbetstid (Hermanders arbetar endast dagtid, 5 dagar i veckan). Det inkluderar alltså allt arbete under dessa två veckor och visar den totala outputen i form av hur många meter som skurits i värdeskapande produkter.

Informationen som hämtades beräknades genom att utgå ifrån två typiska veckor hur mycket rondeller som hade tillverkats i antal per rondelltyp. Med hjälp av Mikael från Hermanders kunde en diameter på samtliga rondeller som hade skärts ut identifieras. Eftersom diametern nu hade identifierats, kunde en omkrets beräknas med diameter multiplicerat med pi för att få ut och visa längden på den sträcka som skurits. Dessa multipliceras sedan med antalet produkter som producerats för respektive rondell. Sedan adderas alla rondeller ihop som tillhör samma material och tjocklek. Sträckan i meter visas i tabell 5 nedan för de metaller som skurits i varierande tjocklek mellan 1 och 3 mm.

Värt att notera är att rondellerna har ett litet centrumhål på 2 mm i diameter för varje rondell, vilket betyder att en sträcka på 6,28mm läggs på varje rondell. Det fanns inga data på exakta antalet rondeller som hade centrumhål. Därför gjordes ett antagande att alla rondeller hade ett centrumhål för att vara på säkra sidan. Tabell 5 nedan visar den totala skärsträckan i meter som skurits för varje material och tjocklek. Tabellen summerar data från bilaga 1.

Material	Tjocklek 1 mm	Tjocklek 2 mm	Tjocklek 3 mm
Kolstål	439,6m	958,86m	266,18m
Aluminium	2845,17m	1829,09m	704,33m
Rostfritt	785,04m	4915,65m	0m

Tabell 5. Rondellernas efterfrågan som skärsträcka i meter.

Syftet med att få ut sträckan som skall skäras är att det skall vara möjligt att få ut tiden det skulle ta för de olika metallerna och tjocklekarna i den nya utrustningen.

### 5.2. Operatörens rörelser för nuvarande process.

I detta projekt kommer en spagettikarta att ritas för att illustrera nuvarande rörelsemönster för processen, och sedan jämföra hur skillnaden blir i rörelsemönster med förslagen på ny utrustning i ett senare kapitel. Anledningen till att detta görs är att om det blir möjligt att se en visuell bild över hur mycket manuell rörelse som faktiskt finns i processen och som skulle kunna sparas ner på om processen skulle vara automatiserad.

1. Operatören hämtar en pall plåtskivor med trucken och ställer pallen bredvid plåtklipp maskin
2. Operatören går ur trucken och går och ställer sig vid plåtklipp där han utför sitt arbete stillastående, färdiga remsor åker automatiskt till en pall bakom maskinen.
3. När bearbetningen är klar går operatören tillbaka till trucken
4. Operatören åker med trucken och hämtar remsorna, som har samlats bakom plåtklippen
5. Operatören åker tillbaka med de klippta remsorna intill plåtklippen så att han kan börja klippa kvadrater
6. Operatören går av trucken och ställer sig intill plåtklippningen, för att klipper kvadraterna
7. Operatören går tillbaka till trucken.
8. Operatören åker med trucken för att hämta de färdiga kvadraterna.
9. Operatören åker och ställer kvadraterna bredvid stansen.
10. Operatören går av för att ställa sig i position för att stansa hål i kvadraterna. De färdigstansade kvadraterna läggs på en pall mellan stans och rondellklippningen.
11. Operatören går vidare till rondellklippningen för att klippa rondeller.
12. Operatören går tillbaka till trucken
13. Operatören åker med trucken och hämtar de färdiga rondellerna
14. Operatören tar med sig rondellerna till nästa kund (delprocess).

I bild 6 visas ett spagettidiagram, för exempel 1 från bild 2 från sida 3. De tjocka linjerna visar truck och de smala linjerna visar operatörens rörelser. Kvadraterna är maskiner, och trianglarna är mellanlager.

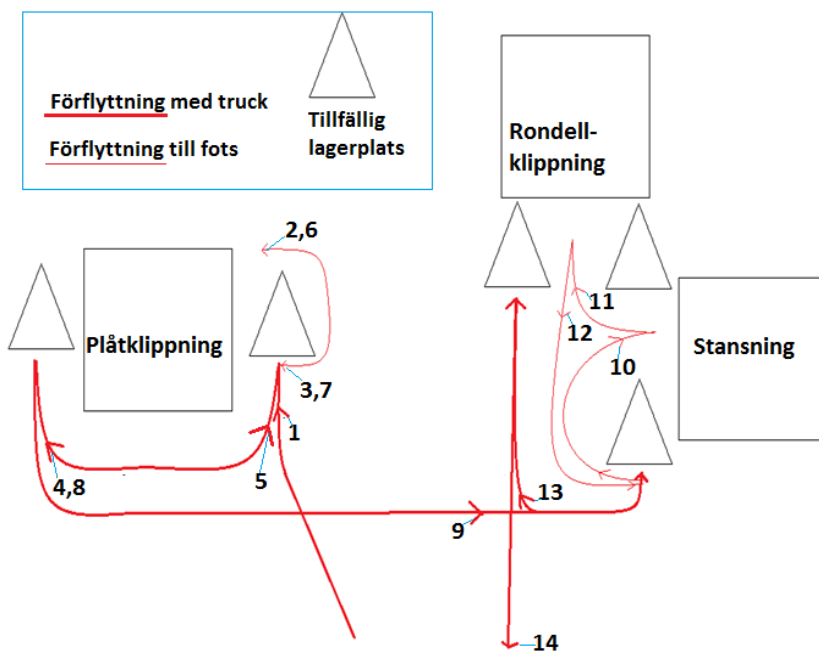


Bild 6. Kartläggning av operatörens rörelsemönster med hjälp av spagettidiagram

I spagettidiagrammet visas en översiktlig bild över operatörens rörelser. Med hjälp av spagettidiagrammet syns tydligt hur operatören rör sig och hur mycket han måste röra sig för att ta sig mellan de olika processerna. Den ger också en ökad insikt i operatörens arbetsuppgifter.

### 5.3. Flödeskarta

För att få fram en karta och få en överblick över flödet, så bestämdes att en flödeskarta skulle ritas. I denna flödeskarta visas endast processen för rondellbearbetning. Kunden för denna process är alltså nästa process som ska fortsätta att bearbeta materialet. Kraven ställs utifrån de krav för vidare bearbetning som nämns i kravspecifikationen. Kartan för flödesanalysen är bara ett hjälpmedel för att förstå och få en överblick över processen.

Aluminium, rostfritt och kolstål är material som används mest i dagens läge. I analysen används en order som var i produktion under ett av företagsbesöken. Orderns tider utgår ifrån tidsstudier som har gjorts tidigare av handläggare på Hermanders AB som även är produktionstekniker. Tiderna som är tagna är personligen klockade av honom, och de är även kontrollerat att dessa tider stämmer.

Det var en order på 50 st rondeller med storlek på 500 mm i diameter i produktion vid företagsbesöket. Rondellerna produceras i järn med en tjocklek på 3 mm. Denna order är vald då handledare på företaget föreslog att använda denna order som ett exempel eftersom rondellerna med dessa dimensioner var bland de högst efterfrågade. Måtten passade som ett representativt exempel eftersom rondellerna inte var för stora och inte för små. Rondellerna överstiger 250 mm i diameter, så de är inte lämpliga för stansning, samtidigt som måtten inte överträffar den dimension där den stora rondellklippstationen behöver användas. Först och främst väljs en passande storlek på plåten ut som ska användas. I detta fall så används plåt med storleken 1500x3000 mm. En uträkning görs av Hermanders på hur många plåtar som behövs för 50 stycken rondeller och kommer fram till att på en plåt så blir det ut 18 rondeller. Det betyder att det blir 2 plåtar och 14 rondeller på den tredje plåten. Ställtiden för alla operationer är 0.25 tim.

#### **Klippning**

*Takt: 80 st/tim, Processtid: 45 sek/ rondell, Total tid: ca.0,875 tim.*

Går ut på att klippa remsor av plåten. Totalt blir det 9 st remsor. Processtiden blir 45 s/st ( $3600/80=45$  s). Den totala tiden för att klippa till blir ca 0,875 tim.

#### **Klippning**

*Takt: 60 st/tim, Processtid: 60 sek/ rondell, Total tid: ca.1,083 tim*

Det klipps det kvadrater utav remsorna. Totalt så är det 50 st kvadrater. Det klipps 60 st kvadrater på en timme. Det tar 60 s att klippa en kvadrat, så totala tiden blir ca 1,083 tim.

#### **Stansning**

*Takt 120 st/tim, Processtid 30 sek/ rondell,, Totala tiden ca.0,667 tim*

Här stansas det centrumhåll. Tiden det tar för det är 30 s/st, där den totala tiden blir ca 0,667 tim.

#### **Rondellklippning**

*Takt 60 st/tim, Processtid 60 sek/ rondell,, Totala tiden ca.1,083 tim*

Här klipps det till rondeller av kvadrater. Cykeltiden är 60 s/st, där den totala tiden blir ca 1,083 tim.



Efter att ha fått in data från Hermanders som gjordes på två veckor framgick att 42,8% skrotades. Rådata på materialutnyttjande och hur det framgick att det blir 42,8 % spill finns i bilaga 2.

## 5.5. Kostnader för nuvarande utrustning och material

Alla kostnader som har med tillverkningen ingår i personalkostnaden. Där ingår allt som ingår i stationen, som lokal, löner mm. De nuvarande maskinerna är manuella och kostar ingenting i drift, så allt är finansierat i personalkostnaden på 350 kr per timme, där ingår även underhåll som sker ett antal timmar per år. Vad som ingår utöver personalkostnaden är materialkostnaden. Tabell 6 nedan visar data på hur mycket som material som har förbrukats på 2 veckor, och vad de betalar för att köpa material. Förbrukning kan då enkelt multipliceras med kiloprisk för att få en inköpskostnad för det förbrukade materialet.

MATERIAL	FÖRBRUKAT (KG)	PRIS (KG)	INKÖPSKOSTNAD (SEK)
KOLSTÅL	2969,96	6,5	19304,74
ALLUMINIUM	4508,13	30	135243,9
ROSTFRITT	625,5	25	15637,5
<b>TOTALT</b>	<b>8103,59</b>		<b>170186,14</b>

Tabell 6. Inköpskostnad för tvåveckorsperiod

Det dras sedan av intäkter för skrotning, enligt beräkningarna som visas i bilaga 2 slängs 42,8% spill och det säljs för 28% av inköpspriset som då skulle bli den totala inköpskostnaden  $170186 * 0,438 * 0,28$  vilket blir 20395,11 vilket kan dras från inköpskostnaden.

Totala kostnaden för en tvåveckorsperiod blir då:

$$(350 * 80) + 170186,14 - 20395,11 = 177791,03 \text{ kr.}$$

Inköp av specialrondeller förekommer ytterst sällan, eftersom Hermanders oftast klarar att skära sina rondeller själva, det är bara någon gång per år, och det är inget som direkt påverkar ekonomin, eftersom det endast skulle vara någon promille av den totala inköpskostnaden av material som skulle gå till färdiga rondeller.

## 5.6. Utvärdering av bearbetningstekniker

Utvärdering har gjorts mellan tre olika skärtekniker, det vill säga laserskärning, vattenskärning och plasmaskärning. Detta görs för dels för att öka kunskaperna om de olika bearbetningsteknikerna och dels för att hitta den lämpligaste bearbetningstekniken som skulle passa hermanders rondelltillverkning. Denna utvärdering är även till för att hjälpa till att avgränsa urvalet på maskiner som kan vara relevanta inför investering till en bearbetningsteknik. Utvärderingarna har gjorts utifrån upphittad information från litteraturen samt från ett Svetsbolaget i Mariestad som har erfarenhet av de olika skärmetoderna.

### 5.6.1. Analys av laserskärningen

Laserskärning har många fördelar i jämförelse med andra skärande bearbetningstekniker. Det positiva med laserskärning är att det beskurna områdets kvalitet blir så pass hög att ingen vidare bearbetning är nödvändig. Ett annat plus är att det går att nå väldigt bra precision på skärningen (Elengroup). Nackdelen är att det finns ofta en gräns i tjocklek som



laserskärningen kan hantera för att inte stöta på problem (Lefteri, 2012), den gränsen är enligt Ion, (2005) 30mm på stål. En annan nackdel är att laserskärning kan bli en dyr metod. Bland de fasta kostnaderna inom laserskärning ingår av inköp av utrustning, underhåll och lokalutrymme (där maskinen skall stå). De som ingår i kostnaderna för själva driften är kostnad för planering, programmering, operatörskostnader, material, reparationer, drivmedel och energiförbrukning. Det som är mest kostnadsdrivande med laserskärning är i regel inköpskostnaderna och driftkostnaderna, men underhåll och energiförbrukningskostnaderna är låga (Ion, 2005), det minskade spillet kan dessutom leda till mindre materialkostnader. Det som kan dra iväg i driftkostnader är planering och programmering (Lindén, 2006), (Anderssons Mekaniska AB).

### 5.6.2. Analys av vattenskärning

Ytfinheten vid bearbetning mycket bra, ofta så bra att vidare efterbehandling inte är nödvändig eftersom mikrostrukturen i det bearbetade materialet inte påverkas (Flow, 2010) Svetsbolaget som har erfarenhet av vattenskärning rekommenderar dock att efterbearbeta materialet, då det kan komma rost på ytan om materialet inte efterbehandlas. Detta gäller kolstål. Tack vare att det bara är vatten plus eventuellt abrasivmedel slipper operatörerna farliga ångor och luftburna partiklar fastnar i vattnet anses vattenskärning som det mest miljövänliga alternativet av de tre. (Flow, 2010).

Då skärningen dessutom sker vid låga temperaturer anses den som en ”kall” process”, ansedd som den största fördelen. (KMT, 2010), vilket annars skulle utgöra en kostsam och tidskrävande andel av produktionen. Enligt Carlsson (2015) från svetsbolaget skall vattenskärning klara av tjockleken 3mm som Hermanders efterfrågar med mycket god marginal. Det bör dock noteras att vattenskärningen är den långsammaste skärmetoden av de tre.

### 5.6.3. Analys av plasmaskärning

En CNC styrd plasma skärare kan skära metaller varierande i tjocklek från 1 – 80 mm, men den rekommenderade tjockleken för material plasmaskärning är mellan 5 – 15 mm i tjocklek om maximal kvalitet skall uppnås. Oftast krävs det en efterbehandling efter plasma skärare då ytorna blir täckta med droppar av smält metall enligt svetsbolaget. Plasmaskärning kan ske med hög hastighet (Carlsson, 2015), (Lindén, 2006).

### 5.6.4. Jämförelse mellan skärtekniker

Bearbetningsmetoderna jämförs utifrån kundkraven. Det går utifrån detta svara på flera av kundkraven, som till exempel att skärtekniken klarar att skära i material och tjocklekar som Hermanders tillverkar. Skärhastigheten och investeringskostnader kommer att granskas djupare vid val av maskin.

	Laserskärning	Vattenskärning	Plasmaskärning
<b>Kan skära i rostfritt stål, kolstål och aluminium.</b>	Ja	Ja	Ja
<b>Kan skära i mässing och koppar.</b>	Ja	Ja	Ja
<b>Kan skära metaller upp till 3 mm</b>	Ja	Ja	Ja, men 5-15 mm tjocklek är

<b>tjocklek</b>			rekommenderat
<b>Skärhastighet</b>	Hög	Låg	Hög
<b>Kräver efterbearbetning</b>	Nej	Ja, men bara kolstål på grund av rostig yta.	Ja, på grund av smält metall på ytorna.
<b>Investeringskostnad</b>	Hög	Hög	Låg

Tabell 7 jämförelser mellan tekniker utifrån kundkrav.

#### 5.6.5. Beslut av bearbetningsteknik

Plasmaskärning valdes bort ganska snabbt eftersom den rekommenderade tjockleken 5-15 mm inte används vid rondellframtagning, då rondellerna är max 3 mm tjocka, och för att efterbearbetning krävs på grund av smältytan vid kanterna. Toleranserna på storleken överskrids då man måste slipa bort den smälta kanten på materialet.

Vattenskarvning valdes bort eftersom de använder kolstål som inte bör utsättas för rost. Det finns heller ingen efterbehandling av yta på metallen som garanterar att rost inte uppstår. Rost kan även skapa sprickor i materialet, vilket går emot krav för vidare bearbetning.

Efter att de olika skärteknikerna har studerats har beslut tagits att laserskarvning skall vara den teknik som kommer att tillämpas vid val av maskin. Anledningen är att den enda nackdelen som går att koppla till kundkraven är att lasermaskiner har hög investeringskostnad. Även om det inte har undersökts exakta prissiffror är det laserskarvning där lämplig maskin kommer att undersökas. Laserskarvningsteknik är den enda som inte behöver efterbehandling vilket styrker beslutet ytterligare.

## 6. VAL AV LASERMASKIN

Efter rekommendation av Nimo i Hova, valdes att företaget Trump i Alingsås skulle väljas som leverantör, då Nimo också har en lasermaskin från Trump och det fungerar bra. Dessutom finns det reparatör av maskin i Skövde (ca 5 mil från Töreboda) om något skulle gå sönder, vilket skulle minska tiden maskinen står still. Maskinen har en arbetsyta på 3000x1500x115mm vilket passar Hermanders produktion med tunnplåt av kolstål, rostfritt och koppar. Maskinen har automatisk palletväxlare. Maskinen heter Truelaser 3030, men även en annan budgetvariant vid namn Truelaser 1030 kan vara aktuell.

### 6.1. Operatörens arbete för ny maskin

Operatören behöver hämta material och lägga i palletväxlaren, förbereda maskinen, samt överföra ritning övervaka maskinen för påfyllning av material under drift. Eftersom laserskarvaren är automatiserad så behöver inte operatören sysselsätta sig med mycket arbete under drift utöver övervakning. I övervakningen ingår det att titta till maskinen, samt kontrollera kvalitet genom att titta på en färdig rondell. Tanken är att operatören kan utföra annat värdehöjande arbete som finansierar hans lön som t.ex. leveransmottagning eller lagerpåfyllning samt förbereda inför nya order. Övriga arbetsuppgifter beror på behovet hos Hermaders helt enkelt. Operatören får mycket frihet över hur han ska röra sig eftersom det enda nödvändiga är att fylla på material medan maskinen kör samt gå mellan maskinen för att byta munstycke och datorn för att välja program. Det enda han behöver stoppa maskinen för är att byta munstycke vilket inte tar mer än några minuter per dag. En värdeflödesanalys i jämförelse med nuläget kan dock inte göras eftersom det krävs en analys av ett verkligt

scenario, som inte går att skapa i detta arbete. Operatören kan arbeta med samtliga uppgifter som nämnts medan maskinen kör, då maskinen kan gå på 100% automatik. Bild 9 visar de rörelser som behöver göras i form av ett spaghetti-diagram, de behöver nödvändigtvis inte vara i den ordningen som visas, eftersom påfyllning av pall inte har med orderbyte att göra. Alla verktyg som behövs för att ställa in maskinen finns det utrymme för vid maskinen så att inte operatören behöver gå extra för att hämta verktyg.

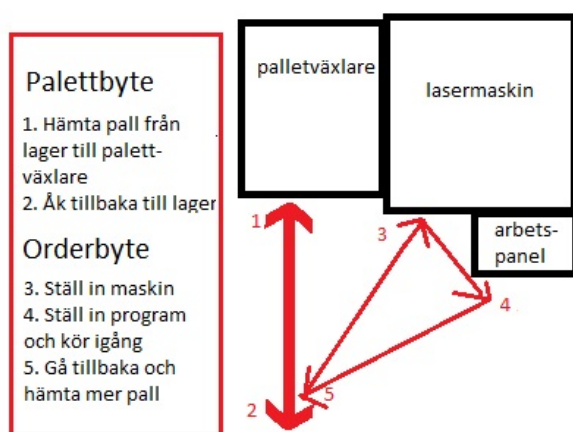


Bild 9, operatörens rörelser för lasermaskinen

## 6.2. Maskinens tillverkningstid

Det har beslutats att en 3kw fiberlaserlasermaskin vid namn Trulaser 3030 skulle väljas, då dess skärhastigheter på tunna material som passar Hermanders produktion är betydligt högre än hastigheten på en co2 laser. Detta skulle då ge Hermanders ökad ledig kapacitet att ta fram skärhastigheten på de olika material som behandlas visas här. Maskintiden är all tid där maskinen är aktiv med skärning eller förflyttning av munstycke, genombränning m.m. Aktiva skärtiden är alltså bara den tid som går åt till att aktivt rondeller. Med hjälp av personalen på Trumpf AB gjordes en provkörning i maskinen på en plåt för varje plåt med varje tjocklek och resultatet visas i tabell 8 nedan. Anledningen till att endast en sorts rondell av varje tjocklek/material kunde testas berodde på tidsbrist från Trumps sida. Rondellerna är verkliga rondeller som Hermanders har haft i sin tillverkning, och är de som har högst efterfrågan.

Material	Tjocklek på plåt (mm)	Antal rondeller på en plåt	Aktiv skärtid per plåt (T:M:S)	Diameter på rondell (mm)	Skuren sträcka (m)	Maskintid (T:M:S)
Aluminium	1	21	00:01:28	370	24,6612	00:01:36
Aluminium	2	36	00:04:19	300	34,3727	00:04:38
Aluminium	3	55	00:12:39	258	45,2920	00:13:39
Kolstål	1	105	00:02:06	123	39,0143	00:02:58
Kolstål	2	200	00:10:00	135	87,2608	00:12:05
Kolstål	3	8	00:01:22	415	10,5397	00:01:31

Rostfritt	1	528	00:10:34	46	82,5143	00:11:02
Rostfritt	2	50	00:04:00	265	42,2369	00:05:05

Tabell 8 visar Tiden det tar att skära en plåt

Med hjälp av informationen av Hermanders efterfrågan på rondeller som utficks i kapitlet om Hermanders nuvarande produktion och sträckan som skars per plåt i tabell går det att beräkna antalet plåtar som kommer att användas på dessa två veckor. Notera att detta är plåtar med samma rondeller för varje material + tjocklek, därför blir det i detta exempel inte möjligt att kombinera order med varandra. Tabell 9 nedan visar hur lång tid det skulle ta att tillverka hermanders tillverkningsefterfrågan i meter för två veckor utifrån resultatet av provkörningarna. Det vill säga den totala maskintiden som uppmättes multiplicerat med exakta antalet plåtar (med decimaler) som krävdes, sedan adderas en extra tid på som det tar för maskinen att byta plåt. Ungefär 12 sekunder tar det för maskinen att byta plåt med det antal hela plåtar (avrundat uppåt till heltal) som behövs i detta exempel.

<u>Material</u>	<u>Tjocklek</u> <u>(mm)</u>	<u>Maskintid</u>	<u>Antal</u> <u>plåtar</u>	<u>Maskintid</u> <u>totalt</u>	<u>Plåtbyte</u>	<u>Totalt</u> <u>plåtbyte</u>	<u>Total tid</u>
Aluminium	1	00:01:36	115,37	03:04:36	00:00:12	00:23:12	03:27:48
Aluminium	2	00:04:38	53,21	04:06:33	00:00:12	00:10:48	04:17:21
Aluminium	3	00:13:39	15,55	03:32:16	00:00:12	00:03:12	03:35:28
Kolstål	1	00:02:58	11,27	00:33:26	00:00:12	00:02:24	00:35:50
Kolstål	2	00:12:05	10,99	02:12:47	00:00:12	00:02:12	02:14:59
Kolstål	3	00:01:31	25,25	00:38:18	00:00:12	00:05:12	00:43:30
Rostfritt	1	00:11:02	9,51	01:44:58	00:00:12	00:02:00	01:46:58
Rostfritt	2	00:05:05	116,38	09:51:37	00:00:12	00:23:24	10:15:01
<b>Summa</b>				<b>25:44:31</b>		<b>1:12:24</b>	<b>26:56:55</b>

Tabell 9 en visar hur lång tid det tar att skära ut två veckor full av plåt med hjälp av den nya utrustningen.

Tabellen visar att det tar strax under 27 timmar att skära allting, det vill säga nästan tre och en halv arbetsdag. Detta förutsätter att det inte sker något avbrott i produktion.

### 6.3. Ändringar i materialinköp och skrotning

Tanken är att Hermanders ska kunna minska på sin materialförbrukning och skrotning tack vare lasermaskinen. Denna studies avgränsning var att inte undersöka optimeringsmöjligheter för övriga delar i produktionen hos Hermanders verksamhet, därför blir det i denna studie inte möjligt att anta att lasermaskinens ökade produktion ska ge ökat tryck i hela fabriken. Tanken är därför att lasermaskinen kommer ge samma output till nästa delprocess hos Hermanders som med nuvarande efterfrågan, och om det finns ledig kapacitet kommer produkterna som tillverkas i Hermanders att säljas vidare till annan leverantör direkt från lasermaskinen.

#### 6.3.1. Ändringar materialförbrukning och skrotning - volym

Det har nämnts i problembeskrivningen att 33% av det material som köps in går idag till spillo. I denna beräkning exkluderas det material som blir runt en rondell, det vill säga det som blir över från en kvadrat med samma diameter som rondellen, vilket ökar spillet med 21,5 procent av det hela materialet, vilket blir 54,5% spill i verkligheten. Detta skulle kunna minska drastiskt om Hermanders inte längre behövde klippa kvadrater, och fritt kunde placera de olika rondellerna på plåten. Ett exempel i bilaga 1 visar hur två olika rondeller kan

kombineras på samma plåt för att spara på material, och utnyttja ytan bättre vilket inte är möjligt i nuläget.

Enligt exemplet skulle det endast förbrukas 2,05 av tre plåtar och spillet skulle minska med 43,87% per plåt ( $1 - (28,83/51,36)$ ). Detta var ett typiskt exempel som behandlade problemen med att det blir mycket yta över, dels den plåt delen som blir kvar av kvadraterna och dels att det finns för få rondeller på en order för fylla ut hela plåten. Det är svårt att säga idag om Hermanders plåtar kan optimeras plåtarna i denna grad, eftersom det kan förekomma mycket snabba orderändringar, och dessutom innehas inte vanan att kombinera olika typer av rondeller i en lasermaskin. Det skulle kunna vara rimligt att vara på den säkra sidan och anta att Hermanders totalt sätt köper in 5/6 av den plåten de köpte in tidigare, och att de säljer 2/3 av skroten jämfört med tidigare. Detta skulle dock endast minska den totala tiden för att skära två veckors produktion med 12 minuter, eftersom den totala plåtbytestiden på 1 timme, 12 minuter och 24 sekunder skulle minska med en sjättedel. Tabell 10 tydliggör hur vad den totala materialförbrukningen skulle bli med lasermaskinen jämfört med dagslägets efterfrågan för två veckor.

MATERIAL	FÖRBRUKAT MATERIAL IDAG (KG)	FÖRBRUKAT MATERIAL MED LASERMASKIN (KG)
KOLSTÅL	2969,96	2474,97
ALLUMINIUM	4508,13	3756,78
ROSTFRITT	625,5	521,25
<b>TOTALT</b>	<b>8103,59</b>	<b>6753</b>

Tabell 10 visar materialförbrukningen idag och med lasermaskinen

Tabell 11 nedan visar hur skrotningen minskar för likvärdig produktion.

MATERIAL	SKROTAT MATERIAL IDAG (KG)	SKROTAT MATERIAL MED LASERMASKIN (KG)
KOLSTÅL	1271,143	706,1914
ALLUMINIUM	1929,48	1071,935
ROSTFRITT	267,714	148,73
<b>TOTALT</b>	<b>3468,337</b>	<b>1926,856</b>

Tabell 11 visar materialförbrukningen idag och med lasermaskinen

### 6.3.2. Ekonomisk påverkan

Efter att ha fått fram volymen på förbrukat material och skrotat material blir det möjligt att beräkna hur mycket det kostar samt vad skrotet säljs för. Tabell 12 visar volymen för inköpt

material samt vad de har köpts för (kilopris och sammanlagt på två veckor), det samma har gjorts med intäkten för skrotet. Hermanders säljer skrot för 28% av inköpspriset.

MATERIAL	KÖPT MATERIAL (KG)	SKROTAT (KG)	PRIS (KR/KG)	SKROT-INTÄKT (KR/KG)	INKÖPS-KOSTNAD (SEK)	SKROT-INTÄKT (SEK)
KOLSTÅL	2474,97	706,19	6,5	1,82	16087,31	1285,27
ALLUMINIUM	3756,78	1071,94	30	8,4	112703,4	9004,3
ROSTFRITT	521,25	148,73	25	7	13031,25	1041,11
<b>TOTALT</b>	<b>6753</b>	<b>1926,86</b>			<b>141821,96</b>	<b>11330,68</b>

Tabell 12 visar inköpskostnad och skrotintäkt på två veckor för lasermaskinen

#### 6.4. Inköps-, drift- och mediakostnader för maskinen

Lasermaskiner är dyra i inköpspris och Hermanders inte har möjlighet att betala hela beloppet direkt. Därför skulle de kunna betala en leasingkostnad på 87400kr per månad i 60 månader (5år) med 87000 i restvärde som de betalar för att köpa loss maskinen. Totalt blir det ett inköpspris på 5331000kr. I det totala inköpspriset ingår allt som har med maskinen att göra, det vill säga utbildning av personal, testkörning och programvaror.

Driftkostnaderna blir:

- Elkostnaderna uppgår till 11,5 kr i timmen
- Förbrukningsartiklarnas kostnad uppgår till 5 kr i timmen, där ingår vattenfilter och rengöringssikt.
- Maskinens drift som innehåller keramikdel, filterelement, tätningar och skyddsglas uppgår till 6,77kr i timmen.
- Dessutom ingår förebyggande underhåll som uppgår till 12,15 kr per timme

Detta blir en total kostnad på 35,42 kr per timme.

I maskinen ingår även mediakostnaden som är kopplade med skärsträckan, så ju längre sträcka som skärs, desto högre rörlig driftkostnaden. Kostnaden kan även variera beroende på bränsle, då det är möjligt att använda luft eller nitrogen. Tabell 13 visar millimeterkostnaden beroende på bränsle (luft eller nitrogen), totala kostnaden för den skurna sträckan för två veckor. I tabellen visas meterkostnaden för bränslet som skall användas för respektive material och tjocklek. Enligt Stig Gustavsson på Trumpf rekommenderas att skära de tre millimeter tjocka plåtarna med nitrogen och de tunnare plåtarna med luft vilket förtydligas i tabellen med fet text. Detta är kostnaden för 2 veckor som sammanlagt uppgår till 36,97 kr.

Material	Skuren			
	sträcka (MM)	Luftkostnad /Meter	Nitrogenkostnad /Meter	Totalkostnad (SEK)
Aluminium (1mm)	24661,20	<b>0,02</b>	0,03	0,49
Aluminium (2mm)	34372,70	<b>0,05</b>	0,18	1,72
Aluminium (3mm)	45292,00	0,11	<b>0,44</b>	19,93
Kolstål (1mm)	39014,30	<b>0,03</b>	0,04	1,17
Kolstål (2mm)	87260,80	<b>0,07</b>	0,15	6,11

Kolstål (3mm)	10539,70	0,19	<b>0,36</b>	3,79
Rostfritt (1mm)	82514,30	<b>0,02</b>	0,03	1,65
Rostfritt (2mm)	42236,90	<b>0,05</b>	0,18	21,11
Rostfritt (3mm)	0	0,05	<b>0,18</b>	0
<b>Totalt</b>				<b>36,97</b>

*Tabell 13 visar meterkostnaden för de olika plåttyperna och tjocklekarna*

### **6.5. Operatörskostnader**

Personalkostnaderna beräknas vara 350kr per timma som i nuläget, och om Hermanders fortfarande kommer att inneha samma bemanningsgrad som med den nuvarande utrustningen får den totala summan samma värde, men det kommer att bero på hur mycket operatören kommer att stå vid maskinen så till exempel om operatören är vid maskinen 3 timmar per dag kommer kostnaden totalt sätt vara 3/8 jämfört med tidigare. Med den nya maskinen kommer det att finnas extra yta, där det blir möjligt att lagra material, vilket gör att lagerkostnaden kommer att vara oförändrad.

## 6.6. Kostnadsjämförelse med nuläge

För att undersöka om det är lönsamt jämförs de olika förslagen efter samtliga kostnader har kartlagts med både nuläge och med lasermaskin. Tabell 14 nedan visar en jämförelse med kostnader.

	NULÄGE	LASER
<b><u>OPERATÖR</u></b>		
ARBETSTIMMAR – TVÅ VECKOR	80 timmar	27 timmar
OPERATÖRSKOSTNAD/TIMME	350 kr / timme	350 kr / timme
OPERATÖRSKOSTNAD – TVÅ VECKOR	<b>28 000 kr</b>	<b>9 450 kr</b>
<b><u>MATERIAL</u></b>		
MATERIALINKÖP – TVÅ VECKOR	170 200 kr	141 822 kr
SKROTINTÄKT – TVÅ VECKOR	20 400 kr	11 331 kr
MATERIAL TOTALT – TVÅ VECKOR	<b>149 800 kr</b>	<b>130 491 kr</b>
<b><u>KAPITALKOSTNAD</u></b>		
INVESTERING – TOTALT	-	5 331 000
AVSKRIVNINGSTID – ÅR	-	5
ARBETSVECKOR /ÅR	47	47
KAPITALKOSTNAD – TVÅ VECKOR	-	<b>45 370 kr</b>
<b><u>DRIFT + MEDIEKOSTNAD</u></b>		
DRIFTTID - 2 VECKOR (TIMMAR)	80	27
MEDIEKOSTNAD – TVÅ VECKOR	-	37 kr
DRIFT – TVÅ VECKOR	-	956 kr
DRIFT OCH MEDIA – TVÅ VECKOR	-	<b>993 kr</b>
<b><u>TOTAL KOSTNAD – TVÅ VECKOR</u></b>	<b>177800kr</b>	<b>186304 kr</b>
<b><u>DIFFERENS</u></b>		<b>-8504</b>

Tabell 14 visar en jämförelse med nuläge



Tabell 14 visar att baserat på beräkningarna är maskinen inte lönsam eftersom kostnaden för två veckor blir 8504 kr högre än vad de är nu. Det inte lönsamt att köpa maskinen och tillverka med samma volym som nuläge med fem års avskrivning på maskinen.

## 6.7. Åtgärder som kan påverka lönsamheten

### 6.7.1. Ändrad avskrivningstid

Den enklaste faktorn som går att påverka är att företaget väljer att skriva av maskinen under en längre tidsperiod än fem år. Till exempel om Hermanders väljer att sätta avskrivningstiden till 10 år kommer kapitalkostnaden halveras och minska med 22685 kronor för en tvåveckorsperiod och då kommer differensen bli  $-8504 + 22685$  vilket skulle ge en besparing istället på 14181 kr under två veckor. På ett år blir det  $(14181/2)*47 = 333253,5$  i besparingar. Då skulle det bli en payoff på  $5331000/333253,5 = 16$  år. Efter att ha använt formeln går det att testa på olika avskrivningstider i antal år:

$$5331000/((47/2)*(36866-(5331000/avskrivningstid/(47/2)))) = \text{Payoff}$$

Formeln beräknar payoff vilket är investeringskostnaden dividerat med sparandet per år. 5331000kr är investeringskostnaden. Det divideras med besparingen som är 36866 minus kapitalkostnaden på  $5331000/avskrivningstid/(47/2)$  eftersom det är 47/2 tvåveckorsperioder på ett år. För att få fram payoffen i hela år multipliceras  $36866-(5331000/avskrivningstid/(47/2))$  med 42/7 för att få det i år vilket bidrar till att payoffen blir antal år till payoff. Tabellen nedan visar payofftiden beroende på avskrivningstid, röd färg betyder att det aldrig blir payoff, gul betyder att payofftiden överstiger avskrivningstiden och grön betyder att det blir payoff innan avskrivningstiden är slut:

Avskrivningstid (år)	Payofftid (år)
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	51
8	27
9	20
10	16
11	14
12	13
13	12
14	11
15	11
16	10
17	10
18	10
19	10
20	9

Tabell 15 visar vilken payofftid som blir beroende på avskrivningstid

I tabellen framgår det att pay-offtiden är desamma som eller mindre än avskrivningstiden om Hermanders väljer att ha en avskrivningstid på 13 år eller mer.

### 6.7.2. Billigare maskinalternativ

Ett alternativ är att köpa en billigare maskin från Trumpf AB vid namn Truelaser 1030. Maskinen kostar 3695000kr istället för 5331000 och skulle mycket väl kunna fylla behovet för Hermanders. Nackdelen är att den kör på 60% hastighet jämfört med vad Trulaser 3030, vilket begränsar utvecklingsmöjligheten för Hermanders, men det är definitivt en förbättring jämfört med nuläget då efterfrågan på 45 timmar skulle uppfyllas. Det skulle då påverka kostnaden genom att investeringskostnaden sjunker, men operatörskostnaden och driftkostnaden ökar något. Kostnaden och lönsamheten med fem års avskrivningstid blir:

- Operatörskostnad =  $350 \cdot 45 = 15750$
- Driftkostnad =  $956/0,6 + 37 = 1630$
- Kapitalkostnad (5 års avskrivning) =  $3695000/5/(47/2) = 31447$
- Material = 130491
- Total kostnad = 179318
- Differens med nuläge =  $177800 - 179318 = -1518$

Investeringen är alltså inte lönsam med fem års avskrivning trots den billigare maskinen, nedan visas en tabell som visar de olika pay-offtiderna

Avskrivningstid (år)	Pay-offtid (år)
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	43
7	22
8	16
9	13
10	12
11	11
12	10
13	9
14	9
15	9
16	8
17	8
18	8
19	8
20	8

Tabell 16 visar vilken pay-offtid som blir beroende på avskrivningstid

Tabell 16 visar att det måste vara minst 6 års avskrivningstid för att över huvud taget tjäna på investeringen och minst 11 års avskrivningstid för att hermanders ska ha en pay-off innan avskrivningstiden är slut.

### 6.7.3. Legotillverkning från lasermaskinen

Ett annat alternativ som hermanders kan ha om de fortfarande vill ha pay-off på 5 år men även vill ha maskinen avskriven på fem år är att tillverka mer är att legotillverka produkter direkt från lasermaskinen. Anledningen till att de endast ska legotillverka produkter direkt från lasermaskinen är att resten av produktionen har fullt upp med arbete med dagens efterfrågan. För att göra detta måste det finnas en marknad, vilket inte kommer ingå i detta arbete att hitta utan är något som Hermanders själva får undersöka om de är redo för. I arbetet undersöks endast hur mycket pengar som måste fås in för att nå en payoff på fem år.

För lasermaskinen Trulaser 3030 finns det på en tvåveckorsperiod en ledig kapacitet på max 53 timmar och för Trulaser 1030 finns det en ledig kapacitet på max 35 timmar. Att få pay-off kräver en differens mellan kostnad för laser och nuläge:

Trulaser 3030:  $5331000/5/(47/2) = 11343$  kr i positiv differens

Trulaser 1030:  $3695000/5/(47/2) = 7862$ kr i positiv differens

Som nämnt tidigare är den nuvarande differenser för 5 års avskrivning:

Trulaser 3030: -8504 (negativ differens)

Trulaser 1030: -1518 (negativ differens)

Det skulle betyda att Hermanders måste sätta in resurser för att få upp differensen med 19847kr med Trulaser 3030 och med 9380kr för Trulaser 1030. Med hänsyn på hur många lediga timmar som finns blir det alltså det som krävs:

Trulaser 3030:  $19847/53 = 374,5$ kr differens per timme

Trulaser 1030:  $9380/35 = 268$ kr differens per timme

Eftersom differensen per timme är billigare för Trulaser 1030 är det lämpligast att välja Trulaser 1030 att fortsätta att kolla vidare på för detta syfte. Om detta ska vara möjligt måste operatören och driften betalas, operatörskostnaden är 350kr per timme och driftkostnaden 35,42kr, och mediakostnaden som beror på hur lång sträcka som skärs, vilket var 37kr för 45 timmar men det är inte säkert att den är detsamma eftersom det inte behöver vara samma produkter som ska tillverkas nödvändigtvis, så för att förenkla så uppskattas den till 1 kr per timma.

$268+350+35,42+1 = 654$ kr

Nu är det alltså 654kr som måste in för att täcka kostnaden, det vill säga att differensen mellan intäkt och materialkostnad ska bli 654 eller högre. Till exempel, om materialkostnad per timma som är som ordinarie produktion d.v.s.  $130491/45 = 2900$  (skrotintäkter är medräknat) skulle det betyda att de skulle behöva sälja för 3554 kronor per timme, alltså måste materialet säljas för inköpspriset plus 22,55 procent.

## 7. SLUTSATSER

För att minska på spill och få större kapacitet i att producera rondeller har ett investeringsförslag tagits fram. Flera bearbetnings tekniker studerats och utvärderats, för att få fram den mest passande för Hermanders AB. Utifrån de studerade teknikerna har slutsatsen dragits att laserskärningsteknik är den mest passande utifrån kraven från Hermanders AB. Vid val av leverantör var det viktigt att den skulle vara svensk eftersom det underlättade kontakten mellan säljare och köparen. Efter att svenska leverantören Trumpf AB kontaktats och kraven från Hermanders AB genomgåts har Truelaser 3030 getts som förslag eftersom den uppfyller de kraven som ställs.

Denna skärmetod skapar möjligheten till att bortse legoleverantörer och kunna producera speciell bearbetade rondeller i egen tillverkning. Laserskärning jämfört med nuvarande utrustning ger möjlighet till att kunna utnyttja program, som skapas direkt i maskinen eller i en dator för att rita ut hur lasern ska skära. En lätt överföring till maskinen kan göras, vilket ökar kapaciteten att kunna skära ut de mest komplicerade former i 2D, och genom att få frihet med dataprogrammen i maskinen ger Hermanders möjlighet att kombinera order och minska spill vilket resulterar i minskade inköpskostnader för material. Eftersom maskinen är automatiserad har operatören möjlighet att sysselsätta sig med ett annat arbete. Icke värdeskapande tid minskar, då onödig förflyttning av material och operatören minskar eftersom det bara finns en maskin som utför hela processen för att få fram en färdig rondell.

Dock finns det en hake med inköpet, det vill säga maskinkostnaden. Maskinen kostar miljoner att köpa in, vilket ett mindre företag som hermanders inte bara kan slänga ut bara sådär, de behöver skriva av maskinen på 11-13 år för att få en pay-off inom avskrivningstiden. Om de till exempel vill ha en kortare avskrivningstid med pay-off på fem år behöver de legotillverka ytterligare för att finansiera investeringen genom att utnyttja maskinens lediga kapacitet på 35-53 timmar under en tvåveckorsperiod, alternativt kan de komma på med en egen lösning som är en kompromiss mellan avskrivningstid och ytterligare legotillverkning om de väljer att investera i lasermaskinen.

## 8. DISKUSSION

Detta arbete har hjälpt oss att tillämpa de metoder och verktyg som lärts ut under utbildningen i praktiken. Att specificera målen efter de problem som kom upp var det mest komplicerade och tidskrävande, då problemen blev större under projektets gång. Det kom ofta upp nya förslag på arbete som inte kunde förknippas med de mål som har diskuterats. Detta gjorde att osäkerhet uppkom, men efter att noggrant gått igenom kraven och problemen har en punktlista gjorts på målen blev det tydligare vad som skulle göras för att uppnå kraven. Metoderna har anpassats och använts utifrån vår synvinkel av problemet och dess lösning. Vissa metoder har använts för att lösa ett problem men samtidigt underlätta till att hitta en passande metod för att lösa nästa problem. Ett exempel på det är kalkylen som ofta beräknar om det blir pay-off eller inte. I detta fall gavs kriterier för att få pay-off i form av vad Hermanders måste sälja för.

Studierna av de olika tillverkningsteknikerna har gett oss fakta över moderna skärtekniker som skulle kunna användas för en effektivare produktion av rondeller. Dessa fakta skulle även kunna vara bra att ha rent allmänt inom industri som sysslar med skärande bearbetning, och inte bara när det gäller rondellframtagning. Det har varit mycket diskussion kring ny skärteknik när det gäller att skära i plåt. De tre teknikerna som nämnts i rapporten är unika på

sitt sätt, men laserskärning är den som bäst stämmer överens med kraven från Hermanders AB och de låga driftkostnaderna som upptäcktes senare styrkte resonemanget. Kravspecifikationen var a och o för oss att hitta rätt utrustning, eftersom de utgick från Hermanders krav på utrustningen. Allt fler krav kom allt eftersom projektet kom, eftersom mer information hade hittats.

Eftersom Hermanders AB:s produktion är så pass kundorderstyrd, så blir det ett problem att ta fram en exakt siffra på spill som kan förekomma under en längre period. Därför använde vi oss av exempel på en produktionsperiod på två veckor för att tydliggöra hur mycket produktionen kan öka, samt beräkningar har gjorts för att få ut i siffror hur mycket man sparar i materialförbrukning. Tanken är att Hermanders ska bestämma själva hur mycket de kan tillverka och själva bestämma hur länge det ska låta maskinen vara oanvänd. Att öka produktionen med en högre andel skulle göra att maskinen behövde användas mer, men även att mer kan tillverkas. Ett annat förslag är att ge maskinen lite ledig kapacitet, och ta lite mer pengar för arbetet så att kostnaderna täcks, då ges även tid att testa nya möjligheter med lasermaskinen som ligger utanför rondelltillverkning.

Införskaffning av ny utrustning kommer leda till att kunna skära metall på ett sådant sätt att mer yta kan utnyttjas med hjälp, bearbetningstiden minskar och operatören blir inte lika bunden vid maskinen. Laserskäraren kommer att bidra till mindre materialspill, högre utnyttjande av material, mindre inköpsvolym av metaller och utnyttjande av operatören, eftersom han kommer kunna utföra annat arbete medan maskinen är i process. Den ekonomiska hållbarheten ändras eftersom kostnaden minskar för materialförbrukning. Dessutom påverkas den ekologiska hållbarheten eftersom den minskande materialförbrukningen skulle leda till att mindre malm behöver brytas från gruvorna. Det negativa är att företaget behöver gå igenom inkörningstiden, som kan påverka produktionen och operatören behöver utbildning på den nya utrustningen. Detta kommer dock bara vara under en kortare period efter inköp av ny maskin.

## REFERENSER

### Böcker

Ax, Christian & Kullvén Håkan (2011) "Den nya ekonomistyrningen", Liber AB

Bicheno, John (2006) "Ny verktygslåda för lean", Rervere

Gröndahl F & Svanström M (2011) "Hållbar utveckling: en introduktion för ingenjörer och andra problemlösare"

Groover, M. P. (2013). "Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems. Hoboken", NJ, John Wiley & Sons, Inc.

Hagberg, Leo & Henriksson, Tomas (2011) "Underhåll I världsklass", OEE consultants

Ion, John C. (2005) "Laser Processing of Engineering Materials – principles, procedure and industrial application." Elsevier Butterworth-Heinemann

Kinnander, Anders (1996) "Konsten att driva investeringsprojekt", Sveriges Verkstadsindustrier

Lean Forum (2007), "Verktyg för Lean Production – The Lean Toolbox", Quest Worldwide  
Lefteri, Chris (2012) "Making It: Manufacturing Techniques for Product Design" Laurence King Pub

Lindén, Bo-Erling (2006) "CNC-teknik, faktabok", Liber AB

Comment [MJ1]: Ny referens för att stödja fakta

Liker Jeffery (2009) "The Toyota Way", Liber AB

Olhager, Jan. (2013). "Produktionsekonomi", Studentlitteratur.

Persson, Ingvar & Nilsson, Åke (2001) "Investeringsbedömning", Liber ekonomi

Sveriges Verkstadsindustrier (1988) "Skärteknik : material, metoder, verktyg, maskiner och ekonomi", Mekanförbundets förlag.

Tonnqvist, Bo (2012) "Projektledning", Sanoma utbildning

### Elektroniska

Anderssons Mekaniska AB (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://www.anderssonsmekaniska.se/se/hur-raknar-man-ut-kostnaden-for-laserskarning.html/>  
Hämtad 17/3 2015

Elengroup, (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.elengroup.com/laser-cutting/> Hämtad 17/3 2015

Flow International Corporation, (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.flowwaterjet.com/>  
Hämtad 19/3 2015

Laserskarning (Elektroniskt) Tillgänglig: <http://www.laserskaerning.se/> Hämtad 15/03 2015

Miljödepartementet (2014)(Elektroniskt) "Hållbar utveckling" Tillgänglig:  
<http://www.regeringen.se/sb/d/1591/> hämtad 19/2 2015

### Artiklar

Snyder, H & Davenport E (1997) "What does it really cost? Allocating indirect costs", MCB University Press

### Muntliga

Ahlin, Olle, Produktionsplanering, Runes Svets i Mariestad (2015), företagsbesök, 17 Juni

Carlsson, Sören, Ansvarig för Konstruktion/beredning/arbetsledning vid Svetsbolaget i Mariestad, (2015), telefonsamtal, 14 Mars

Gustavsson, Stig, Försäljare Trump AB i Alingsås (2015), möte, 19 November

## BILAGA 1 – SKURNA RONDELLER UNDER EN TVÅVECKORSPERIOD

Denna tabell visar de olika order med rondeller som körts inom en tvåveckorsperiod med en rad per order. Första kolumnen visar namnet på ordern. Andra kolumnen visar vilket material som användes. I den tredje kolumnen anges diametern på en rondell som ingår i ordern och fjärde kolumnen visar tjockleken på plåten som används. Den femte kolumnen visar hur många som krävdes på ordern. Alla värden från kolumn 1 till 5 är tagna från Hermanders. Kolumn 6 visar den totala sträcka som behöver skäras för att få en cirkulär rondell, det vill säga omkretsen på rondellen (kolumn 3\* pi) och multiplicera med antalet rondeller (kolumn 5). Kolumn 7 visar samma längd som kolumn 6 men lägger till centrumhållets omkrets på 3,14 millimeter.

	<i>Material</i>	<i>Diameter (mm)</i>	<i>Tjocklek (mm)</i>	<i>Antal</i>	<i>Skuren sträcka (m)</i>	<i>inkl. centrum- hål (m)</i>
FE3000	Kolstål	123	1	1120	432,57	433,34
FE3002	Kolstål	466	2	64	93,65	96,57
FE3004	Kolstål	197,5	2	100	62,02	63,26
FE3007	Kolstål	135	2	882	373,88	374,73
FE3007	Kolstål	185	2	500	290,45	291,61
FE3007	Kolstål	789	2	52	128,83	133,78
FE3010	Kolstål	200	3	50	31,40	32,66
FE3010	Kolstål	415	3	64	83,40	86,00
FE3010	Kolstål	286	3	22	19,76	21,55
FE3011	Kolstål	530	3	15	24,96	28,29
FE3011	Kolstål	432	3	37	50,19	52,90
FE3203	Kolstål	246	3	71	54,84	56,39
ALG1000	Alluminium	370	1	240	278,83	281,16
ALG1000	Alluminium	380	1	48	57,27	59,66
ALG1003	Alluminium	84	2	189	49,85	50,38
ALG1003	Alluminium	123	2	100	38,62	39,39
ALG1004	Alluminium	238	2	64	47,83	49,32
ALG1004	Alluminium	755	2	54	128,02	132,76
ALG1005	Alluminium	564	2	93	164,70	168,24
ALG1007	Alluminium	300	2	253	238,33	240,21
ALG1007	Alluminium	373	2	150	175,68	178,03
ALG1007	Alluminium	374	2	75	88,08	90,43
ALG1007	Alluminium	412	2	37	47,87	50,45
ALH2001	Alluminium	300	1	2644	2490,65	2492,53
ALH2006	Alluminium	725	2	134	305,05	309,60
ALH2006	Alluminium	644	2	62	125,37	129,42

ALH2007	Alluminium	315	2	414	409,49	411,47
ALH2010	Alluminium	460	3	8	11,56	14,44
ALH2011	Alluminium	1050	3	14	46,16	52,75
ALH2011	Alluminium	547	3	43	73,86	77,29
ALH2011	Alluminium	258	3	393	318,38	320,00
ALH2011	Alluminium	500	3	24	37,68	40,82
ALH2011	Alluminium	250	3	149	116,97	118,54
ALH2013	Alluminium	660	4	24	49,74	53,88
ALH2014	Alluminium	393	4	37	45,66	48,13
RF23334004	Rostfritt	585	1	3	5,51	9,18
RF23334005	Rostfritt	270	2	36	30,52	32,22
RF23334006	Rostfritt	410	2	25	32,19	34,76
RF23334007	Rostfritt	182	2	250	142,87	144,01
RF23485002	Rostfritt	233	1	139	101,70	103,16
RF23485002	Rostfritt	191	1	163	97,76	98,96
RF23485002	Rostfritt	46	1	3836	554,07	554,36
RF23485004	Rostfritt	190	2	54	32,22	33,41
RF23485007	Rostfritt	265	2	56	46,60	48,26



## BILAGA 2 – MATERIALUTNYTTJANDE OCH SPILL UNDER EN TVÅVECKORSPERIOD

I denna tabell visas rådata från Hermanders som visar hur mycket som har tillverkats, antal och hur tjocka de är och diameter kommer direkt från hermanders (kolumn 1-5), resterande del i tabellen har beräknats.

Kolumn 6 beräknades genom att dividera plåtlängd på långsidan (3000mm) med diametern (kolumn 3). Sedan avrundas det nedåt till närmsta heltal för att få fram rätt antal rondeller som får plats på långsidan

Kolumn 7 beräknades på exakt samma sätt som kolumn 6 men med kortsidan (1500mm) istället för långsidan.

Kolumn 8 beräknades genom att dividera antal (Kolumn 4) med produkten av antal rondeller lång och kortsida (kolumn 6 och 7) och sedan avrunda uppåt till närmsta heltal för att få antal hela plåtar som behövs.

Kolumn 9 beräknades genom att ta arean på rondellerna  $\left(\frac{\text{kolumn 3}}{2}\right)^2 \cdot 3,14$  och multiplicera med antal (kolumn 4) för att få den totala rondellytan. Sedan konverteras det till kvadratmeter.

Kolumn 10 blir antal plåtar (kolumn 8) multiplicerat med plåtarnas area i kvadratmeter (3000\*1500)

Kolumn 11 fås ut genom att dela kolumn 9 med kolumn 10 och visar hur stor del av plåtarna som har blivit rondeller, medan resten skrotas.

Totalt blir plåtytan 1084,50 kvadratmeter (totala summan av alla rader i kolumn 10) och totalt blir det 631,16 (totala summan av alla rader i kolumn 9) kvadratmeter som rondeller vilket ger ett totalt 58,20% utnyttjande, vilket blir 42,80% spill.

	<i>Material</i>	<i>Diameter (mm)</i>	<i>Antal</i>	<i>Tjocklek (mm)</i>	<i>Antal rondeller långsida</i>	<i>Antal rondeller kortsida</i>	<i>Antal plåtar</i>	<i>Rondeller yta totalt (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Total plåtyta (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Utnyttjande</i>
FE3000	Kolstål	123	1120	1	24	12	4	13,30	18	73,90%
FE3002	Kolstål	466	64	2	6	3	4	10,91	18	60,61%
FE3004	Kolstål	197,5	100	2	15	7	1	3,06	4,5	68,04%
FE3007	Kolstål	135	882	2	22	11	4	12,62	18	70,10%
FE3007	Kolstål	185	500	2	16	8	4	13,43	18	74,63%
FE3007	Kolstål	789	52	2	3	1	18	25,41	81	31,37%
FE3010	Kolstål	200	50	3	15	7	1	1,57	4,5	34,89%
FE3010	Kolstål	415	64	3	7	3	4	8,65	18	48,07%
FE3010	Kolstål	286	22	3	10	5	1	1,41	4,5	31,39%
FE3011	Kolstål	530	15	3	5	2	2	3,31	9	36,75%
FE3011	Kolstål	432	37	3	6	3	3	5,42	13,5	40,15%
FE3203	Kolstål	246	71	3	12	6	1	3,37	4,5	74,95%

ALG1000	Alluminium	370	240	1	8	4	8	25,79	36	71,64%
ALG1000	Alluminium	380	48	1	7	3	3	5,44	13,5	40,30%
ALG1003	Alluminium	84	189	2	35	17	1	1,05	4,5	23,26%
ALG1003	Alluminium	123	100	2	24	12	1	1,19	4,5	26,39%
ALG1004	Alluminium	238	64	2	12	6	1	2,85	4,5	63,24%
ALG1004	Alluminium	755	54	2	3	1	18	24,16	81	29,83%
ALG1005	Alluminium	564	93	2	5	2	10	23,22	45	51,61%
ALG1007	Alluminium	300	253	2	10	5	6	17,87	27	66,20%
ALG1007	Alluminium	373	150	2	8	4	5	16,38	22,5	72,81%
ALG1007	Alluminium	374	75	2	8	4	3	8,24	13,5	61,00%
ALG1007	Alluminium	412	37	2	7	3	2	4,93	9	54,78%
ALH2001	Alluminium	300	2644	1	10	5	53	186,80	238,5	78,32%
ALH2006	Alluminium	725	134	2	4	2	17	55,29	76,5	72,28%
ALH2006	Alluminium	644	62	2	4	2	8	20,19	36	56,07%
ALH2007	Alluminium	315	414	2	9	4	12	32,25	54	59,72%
ALH2010	Alluminium	460	8	3	6	3	1	1,33	4,5	29,53%
ALH2011	Alluminium	1050	14	3	2	1	7	12,12	31,5	38,47%
ALH2011	Alluminium	547	43	3	5	2	5	10,10	22,5	44,89%
ALH2011	Alluminium	258	393	3	11	5	8	20,54	36	57,04%
ALH2011	Alluminium	500	24	3	6	3	2	4,71	9	52,33%
ALH2011	Alluminium	250	149	3	12	6	3	7,31	13,5	54,15%
ALH2013	Alluminium	660	24	4	4	2	3	8,21	13,5	60,79%
ALH2014	Alluminium	393	37	4	7	3	2	4,49	9	49,84%
RF23334004	Rostfritt	585	3	1	5	2	1	0,81	4,5	17,91%
RF23334005	Rostfritt	270	36	2	11	5	1	2,06	4,5	45,78%
RF23334006	Rostfritt	410	25	2	7	3	2	3,30	9	36,66%
RF23334007	Rostfritt	182	250	2	16	8	2	6,50	9	72,23%
RF23485002	Rostfritt	233	139	1	12	6	2	5,92	9	65,82%
RF23485002	Rostfritt	191	163	1	15	7	2	4,67	9	51,87%
RF23485002	Rostfritt	46	3836	1	65	32	2	6,37	9	70,80%
RF23485004	Rostfritt	190	54	2	15	7	1	1,53	4,5	34,01%
RF23485007	Rostfritt	265	56	2	11	5	2	3,09	9	34,30%

### BILAGA 3 – EXEMPEL PÅ ATT SPARA MATERIAL GENOM ATT KOMBINERA ORDRAR.

Om det exemplifieras hur det blir möjligt att kombinera order. Ett exempel nedan visar en situation med en order på 34 rondeller med diametern 380 millimeter och en order med 55 rondeller med diametern 250 millimeter. Plåtarna är 1500x3000mm (4500000 kvadratmillimeter). I den första ordern måste kvadraterna klippas till kvadrater på 500x500 mm, sedan görs en rondell i mitten, på 380 mm i diameter som har en area på 113354 kvadratmillimeter. Arean på kvadraten är 250000 millimeter, vilket blir ett spill på  $(250000 - 113354) / 250000 = 54,66\%$  per kvadrat. Den sista rondellen har en storlek som är perfekt för att passa in rondeller med hela kvadrater på, vilket gör att kvadraten har en area på 62500 kvadratmillimeter och rondellens area är 49062,5. Det blir ett spill på 21,5%.

Plåt 1 har 54,66% spill, eftersom den är fylld med kvadrater/rondeller.

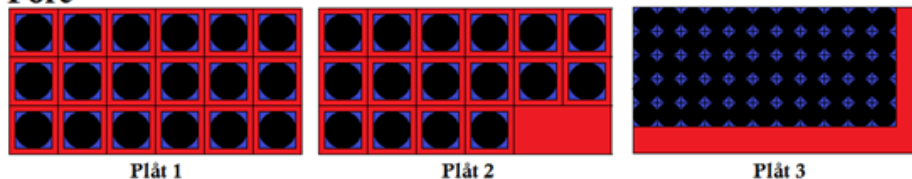
Plåt 2 har ännu mer spill, eftersom den innehåller 16 av de 18 som kan rymmas och kan beräknas genom att ta  $(4500000 - (113354 * 16)) / 4500000$ , vilket blir 59,7% spill.

Plåt 3 innehåller 55 av de 72 som kan rymmas och kan beräknas genom att ta  $(4500000 - (49062,5 * 55)) / 4500000$  vilket blir 40,03% spill.

Totalt blir detta 51,36% spill, vilket är ganska mycket material som slängs.

Om dessa två order kan kombineras till en laser maskin skulle det kunna sparas mycket yta. Istället för att slösa tre hela plåtar, kan det användas endast 2,05 plåtar genom att kombineras order i exemplet nedan där order kombineras för att spara så mycket yta som möjligt på en plåt. Plåt 1 och 2 har 17 rondeller med diameter på 380mm och 26 rondeller med area på 250mm. Det blir ett spill på  $((4500000 - (113354 * 17)) - (49062,5 * 26)) / 4500000$ , vilket blir 28,83% spill på de två första plåtarna. Den tredje plåten innehåller bara 3/66 plåtar, och resterande plåt skulle kunna sparas och 21,5% av de tre rondellerna på plåt tre slängs. Alternativt skärs dessa tre ut på en sparad plåt som blivit över från en tidigare skärning. En före och efterbild illustreras i bilden nedan, det röda och det blå är delar som slängs (det blå visar de 21,5% som slängs från en kvadrat i rondellens storlek och övrigt är rött). Det gröna symboliserar outnyttjad plåt som kan återanvändas för framtida skärningar.

#### Före



#### Efter

