



Examensarbete Industriell Ekonomi

ISRN: BTH-AMT-EX--2015/CIIE-01--SE

# Förutsägelse av produktionskostnaden för svetsade konstruktioner



**Emmanuel Perez Sota**  
**Kushtrim Qollakaj**

Institutionen för Maskinteknik  
Blekinge Tekniska Högskola  
Karlskrona  
2015

---

Handledare: Erik Åstrand, Volvo Construction Equipment

# Förutsägelse av produktionskostnaden för svetsade konstruktioner

**Emmanuel Perez Sota  
Kushtrim Qollakaj**

Blekinge Tekniska Högskola  
Institutionen för Maskinteknik

Karlskrona

2015

Följande arbete är utfört som en obligatorisk del av utbildningen på programmet Civilingenjör i Industriell Ekonomi vid Blekinge Tekniska Högskola.



*i samarbete med*

**VOLVO**



# Sammanfattning

Volvo Construction Equipment med huvudkontor i Eskilstuna är världens äldsta och en av världens ledande företag vad gäller anläggningsmaskiner som exempelvis dumprar, hjullastare, grävmaskiner och kompaktlastare. Syftet med detta arbete är att skapa ett verktyg för att kunna förutse produktionskostnaden för svetsade komponenter för företagets ramstyrda dumprar som idag är världsledande i sin klass.

För att lyckas med projektet har man brutit ner syftet i tre problemområden där man först och främst kartlägger hela dagens tillverkningsprocess av de sex grundläggande delarna för dumpermodellen A40 (A-stag, Vågbalk, kort och långt stag samt fram och bakram) för både manuell och robot svetsning. Hänsyn tas även till varje svets i tillverkningen och alla kostnader som uppstår.

Till detta utförs även olika typer av svetsmätningar som exempelvis trådförbrukning och total svetslängd för både manuell och robotsvetsning. Man beräknar även svetsgodsvikten, bågtdsfaktorn, robotgradlängden, insvetstalet, pris per meter, pris per kilo och totalkostnaden för varje objekt.

Vid nästa steg utgår man från kartläggningen av tillverkningsprocessen och man identifierar de största kostnadsbovarna med syfte att sänka tillverkningskostnaderna och göra tillverkningen mer effektiv. Vad gäller tredje och sista steget med utgångspunkt från tidigare resultaten används regression för att generera en matematisk formel som används för att kunna förutse produktionskostnaden för svetsade komponenter till företagets ramstyrda dumprar.

Det slutgiltiga verktyget som eftersöks skapades i form av en mjukvara för datorer genom att bädda in den matematiska formeln från regressionen i form av en mjukvara som bygger på resultaten av kartläggningarna. Med följande mjukvara går det nu att förutse produktionskostnaden av svetsade komponenter. Det enda man behöver göra för att förutsäga någon produktionskostnad av en svetsad komponent är att mata in ritningens svetsvikt, objektvikt, medelsvetslängd, andelen stumsvets i procent samt längden manuell och robot stumsvets för den komponenten man vill förutsäga priset på.

**Nyckelord:** Svetsgodsvikt, Svetsekonomi, Regression.

## Abstract

Volvo Construction Equipment with headquarters in Eskilstuna is the world's oldest and one of the leading companies in the construction industry with products such articulated haulers, wheel loaders, excavators and skid steer loaders. The main purpose of this study is to create a tool for predicting the production cost of welded structures for the company's articulated haulers, which today is world leading on the market.

To succeed, the study has been broken down in three problem areas in which the first one is to completely map out today's manufacturing process of the six basic components of the articulated hauler model A40 (A-Stay front, A-Stay rear, short and long rods and front and rear frame) for both manual and robotic welding.

Account is taken to each weld in the manufacturing process and all costs incurred. Various types of welding measurements such as thread consumption for both manual and robotic welding, weld length for both manual and robotic welding is taken account to. The weld metal weight, arc time, robot degree length, deposition rate, price per meter, price per kilo and the total cost for each component has been measured and calculated. Next problem area starts from the identification of the manufacturing process and the purpose is to identify the largest cost culprits to lower manufacturing process costs and making the manufacturing process more efficient.

As regards the third and final problem area on basis of the results from the two past problem areas regression is used to generate a mathematical formula that is used to predict the production of welded components for the company's articulated haulers.

The final tool that is sought was in form of a software created in form of a software by embedding the mathematical formula obtained from the regression. With the following software it's now possible to predict the production cost of welded structures. The only thing you need to do to predict any production cost of a welded structure is to enter the drawing welding weight, item weight, average welding length, proportion of butt weld percentage and the butt weld length for manual and robot welding.

**Keywords:** Weld weight, Welding-Economics, Regression.

## Förord

Följande examensarbete är slutmomentet i vår utbildning som civilingenjörer i industriell ekonomi på Blekinges Tekniska Högskola och är utfört hos Volvo Construction Equipment i Braås. Följande arbete har varit mycket lärorikt och intressant med många nya lärdomar och viktiga erfarenheter. Vi vill härmed först och främst passa på och ge ett stort tack till Volvo Construction Equipment för att ha gett oss följande möjlighet att få avsluta utbildningen i samarbete med dem.

Vi vill också tacka Andreas Ulvagårdenen och alla i hela avdelningen i produktionsteknik där vi arbetade, som gett oss stöd och bidragit med viktig hjälp. Vi vill även rikta ett stort tack till Erik Åstrand som varit vår handledare på företaget. Erik har varit med oss från första dagen och har alltid tagit sin tid för att vägleda oss när det har behövts och för det vill vi rikta ett speciellt tack till dig.

Ett stort tack går även till Mats Walter som varit examinator på Blekinges Tekniska Högskola och som gett oss god vägledning i vårt arbete.

Sist men inte minst vill vi tacka våra familjer och vänner som gett oss sitt allra varmaste stöd.

*Emmanuel Perez Sota  
Kushtrim Qollakaj*

## Innehållsförteckning

<b>1. INTRODUKTION .....</b>	<b>11</b>
1.1 FÖRETAGSBESKRIVNING .....	11
1.2 HISTORIA.....	12
1.3 PRODUKTER .....	13
1.4 SYFTE .....	14
1.5 FRÅGESTÄLLNINGAR.....	14
1.6 AVGRÄNSNINGAR.....	14
<b>2. TEORI.....</b>	<b>15</b>
2.1 GRUNDLÄGGANDE SVETSNING.....	15
2.2 HISTORIA.....	16
2.3 ÖVERSIKT AV DE VANLIGASTE SVETSMETODERNA.....	17
2.4 VAL AV SVETSMETOD.....	17
2.6 TILLSATSMATERIAL.....	18
2.7 SVETS, SVETSFOG OCH SVETSSYMBOLER.....	20
2.8 SVETSKVALITET OCH SVETSFEL.....	21
2.9 VARFÖR MAN GÖR SVETSBERÄKNINGAR .....	22
2.10 HUR MAN GÖR SVETSBERÄKNINGAR.....	23
2.11 PRODUKTIONSTIDER .....	26
2.12 NYTTOTALET (N) .....	28
2.13 KONSEKVENSER AV VERKLIG SVETSGODSVOLYM.....	29
2.14 SVETSGODSVOLYM OCH SVETSLÄGE.....	30
<b>3 METOD .....</b>	<b>31</b>
3.1 VALDA FORSKNINGSMETODER.....	31
3.2 KVALITATIV FORSKNINGSMETOD .....	32
3.3 KVANTITATIV FORSKNINGSMETOD .....	37
3.4 VALIDITET & RELIABILITET.....	39
<b>4 RESULTAT .....</b>	<b>40</b>
4.1 GRUNDLÄGGANDE PRODUKTIONSSTEG .....	40
4.2 ERHÅLLNA VÄRDEN FÖR A-STAG .....	42
4.3 ERHÅLLNA VÄRDEN FÖR LÅNGT STAG.....	44
4.4 ERHÅLLNA VÄRDEN FÖR KORT STAG .....	46
4.5 ERHÅLLNA VÄRDEN FÖR VÅGBALK.....	48
4.6 ERHÅLLNA VÄRDEN FÖR BAKRAM .....	50
4.7 ERHÅLLNA VÄRDEN FÖR FRAMRAM .....	52
4.8 TOTALA KOSTNADEN FÖR VARJE KOMPONENT .....	54
4.9 GENERELLA FÖRSLAG TILL EFFEKTIVISERING.....	57

4.10	KONKRETA FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG TILL EFFEKTIVISERING AV TILLVERKNINGSPROCESSEN .....	59
4.11	MULTIPEL REGRESSIONSANALYS .....	69
4.12	RESULTAT AV INTERVJUERNA .....	71
<b>5</b>	<b>SLUTSATS</b> .....	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>74</b>
6.1	FORTSÄTTA STUDIER .....	77
<b>7</b>	<b>REFERENSER</b> .....	<b>78</b>
	BILAGA 1 KORRELATION MATRIS.....	80
	BILAGA 2 MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS (STEPWISE) .....	82
	BILAGA 3 INTERVJU FRÅGOR .....	83

# Notationer

## Förkortningar

<b>AK</b>	Arbetskostnad
<b>Bb</b>	Bågbitid
<b>Bf</b>	Bågtidsfaktor
<b>Bt</b>	Bågtid
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>Ct</b>	Cykeltid
<b>d</b>	Svetsgodsets täthet (ca 7800kg/m <sup>3</sup> för stål)
<b>EK</b>	Elektrodkostnad
<b>F</b>	Gasflöde
<b>Ft</b>	Fördelningstid
<b>GK</b>	Gaskostnad
<b>Ht</b>	Hanteringstid
<b>I</b>	Insvetstal
<b>M<sub>sv</sub></b>	Svetsgodsvikt
<b>MK</b>	Maskinkostnad
<b>MTK</b>	Maskintimkostnad
<b>N</b>	Nytttotal
<b>P<sub>e</sub></b>	Elektrodpris
<b>P<sub>p</sub></b>	Pulverpris
<b>P<sub>g</sub></b>	Gaspris
<b>P<sub>e</sub></b>	Engergipris
<b>Pr</b>	Rotstöds kostnad
<b>PK</b>	Pulverkostnad
<b>RK</b>	Rotstöds kostnad
<b>SP</b>	Specifik pulverförbrukning



# 1. Introduktion

---

*I kapitel ett introduceras läsaren till Volvo Construction Equipment och dess historia följt av företagets produkter, syfte med studien och problemområde.*

---

## 1.1 Företagsbeskrivning

Volvo Construction Equipment (Volvo CE) är det äldsta industriföretaget i värden som har en global verksamhet och är även ett av världens ledande företag i sin bransch (Volvo CE 175 years, 2007). Volvo CE är ledande tillverkaren för anläggningsmaskiner av bl.a. ramstyrda dumprar, grävmaskiner, hjullastare och kompaktmaskiner. Företaget har över 17 000 anställda värden över och har en omsättning på ca 25 miljarder svenska kronor (Allabolag, 2014). Något alla företag under Volvokoncernen har gemensamt är de tre kärnvärdena som är kvalitet, säkerhet och miljöomsorg.

På Volvo CE arbetar man med ”Volvo Production System” som i grund och botten baseras på ”Toyotas lean filosofi” för att erhålla tillverkningsprocesser i världsklass. Detta produktionssystem möjliggör en stabil och hållbar lönsamhet och används dessutom också för att stärka företagskulturen, ”The Volvo Way”.

The Volvo Way används för att sammanfoga alla Volvobolag över hela världen och innehåller tre huvudbegrepp som är passion, energi och respekt för individen. Detta grundar sig på att alla medarbetare har både viljan och förmågan att hela tiden utveckla företagets verksamhet till nya höjder.

## 1.2 Historia

Volvo Construction Equipment som vi känner till idag har rötter som sträcker sig 182 år tillbaka i tiden. Den här enorma framgångssagan började med Johan Theofron Munktell då han 1832 för första gången öppnade upp portarna till Eskilstuna Mekaniska verkstad (Volvo CE history, 2012). Johan Theofron Munktell var ett tekniskt geni och en framstående innovatör. Johan Theofron Munktell uppfann bland annat Sveriges första tryckpress, konstruerade ångmaskiner, jordbruksmaskiner och tillverkade även verktyg och verktygsmaskiner.

År 1844 grundade Jean och Carl Gerhard Bolinder företaget Verkstad och Gjuteri i Stockholm. Bolinders var på den tiden kända för att ha konstruerat olika delar till världens första funktionellt bestyckade u-båt. Vid hopslagningen av dessa två företag under år 1932 bildades AB Bolinder Munktell BM (Volvo CE history, 2012). BM var under 20 års tid ett enastående företag av jordbruksmaskiner.

År 1950 tog Volvo över hela verksamheten och man tillverkade då den första dieseldrivna traktorn. Under år 1966 introducerade man världens första ramstyda dumper som än idag är bästa i sin klass värden över. I följande rapport kommer vi att fokusera mer just på ramstyrda dumprar och hur man kan göra dem både mer kostnadseffektiva samtidigt som man i framtiden skall kunna förutsäga kostnaderna vid svetstillverkningen.

År 1973 bytte man namn till Volvo BM AB. År 1985 bildades VME Group där AB Volvo blev 50% delägare. 1995 tar Volvo AB över hela verksamheten och blir ensam ägare samtidigt som Volvo Construction Equipment (Volvo CE) får sitt nya namn.

Sedan 1995 har Volvo CE tagit över konkurrenter som Åkermans, Champion och Samsung industries som tillverkade grävmaskiner och väghyvlar. Uppköpet av Samsung industries blev den första utländska investeringen i Sydkorea.

## 1.3 Produkter



Ramstyrd dumper tillverkad för att kunna ta sig fram i tuffa terränger och transportera tung last.



Grävmaskiner för stenbrytning, gruvdrift, vägbyggnad lednings anläggning och allmän anläggning.



Hjullastare används för stenbrytning, betongtillverkning, blockhantering, materialhantering, lednings och byggnadsanläggning. Återvinning, avfallshantering, timmerhantering och jordbruk.



Kompaktlastare är en av de mest mångsidiga maskinerna på arbetsplatsen. Oavsett vilka utmaningar du ställs inför har Volvo ett fullt sortiment av radiella kompaktlastare och kompaktlastare med vertikalt lyft. I tåten hittar du det breda sortimentet av Volvo-redskap som kan användas för att forsla undan jord, gräva diken och stolphål, ställa material på pallar eller krossa betong.



Volvos väghyvlar med över 130 års erfarenhet är de konstruerade med beprövade komponenter för lång livslängd. Det är mångsidigheten hos väghyvlar som gör dem unika vid jordförflyttning, väganläggning, snöröjning, markberedning, arbete med rivare.



Vältar från Volvo CE kommer med många hästkrafter, stor centrifugalkraft och en robust trumma.

## 1.4 Syfte

Att minska faktorer som skapar överkostnad, produktionstid och parallellt ökad kvalitet på produkterna är en central aspekt för alla företag. Under de sista åren har Volvo CE bestämt sig att identifiera dessa under svetsprocessen av de komponenterna som ingår i sina produkter. Syftet med detta examensarbete är att fastställa vad som driver tillverkningskostnaden på dagens svetsade komponenter som tillverkas i Braås, samt att ta fram ett verktyg som kan förutsäga och sänka kostnaden på dessa.

## 1.5 Frågeställningar

För att uppnå syftet med detta examensarbete ska en kartläggning av svetsningen utföras. Denna kartläggning ska bland annat visa hur svetsningen av komponenterna ser ut i praktiken jämfört med dess ritningsunderlag, detta kommer att användas som grund till vår analys, samt framtagningen av det förutsägande verktyget.

Syfte leder fram till följande problemområden:

- Kartlägga och visa hur nuläget i dagens tillverkningsprocess med manuella och robotiserade stationer ser ut vad gäller kostnader och materialåtgång
- Vad som mest driver tillverkningskostnaden på dagens produkter och vad man kan göra för att minska dessa?
- Ta fram ett verktyg för att kunna förutsäga och sänka kostnaden på framtida produkter.

## 1.6 Avgränsningar

Studien kommer att utföras för den ramstyrda dumpern A40, av alla komponenter som tillverkas och svetsas i Volvo CE Braås, kommer enbart sex komponenter att undersökas. Dessa är fram- och bakram, kort- och långtstag, A-stag samt vågbalk. Arbetet kommer att fokuseras på robotsvetsningen men även en viss information av manuell svetsning kommer att undersökas och analyseras.

## 2. Teori

---

*I kapitel två redovisas de teoretiska ramarna som utgör grunden till följande studie. Till en början presenteras svetshistoria följt av svetsmetoder samt svets symboler och avslutas med svetsberäkningar och svetsekonomi.*

---

### 2.1 Grundläggande svetsning

Svetsning är en fogningsteknik som innefattar olika sätt att förbinda metaller efter att de värmts upp till en så pass hög temperatur för att sedan smältas eller pressas ihop till en sammanhängande enhet. Med hänsyn till detta delas svetsmetoder in i två huvudgrupper - trycksvetsning och smältsvetsning (Knutson, 1976).

Svetsens användningsområde och miljö är svårt att lista ut, eftersom stålkonstruktion är så frekvent och nödvändigt i det samhälle vi lever i idag. Det kan alltså variera mellan fartyg och olje-plattform under vattnet till rörledningar och även möbler som vi har hemma. När det gäller just arbetsmiljö finns arbetsmiljölagen som syftar till att säkerställa säkerheten för hälsa och olycksfalls-risker som kan uppstå under arbetsdagen. Riskerna som förekommer med svetsning är: Elektrisk ström, rök-gasutveckling-brännskador och sist men inte minst den brandfara som svetsning kan medföra (Knutson, 1976).

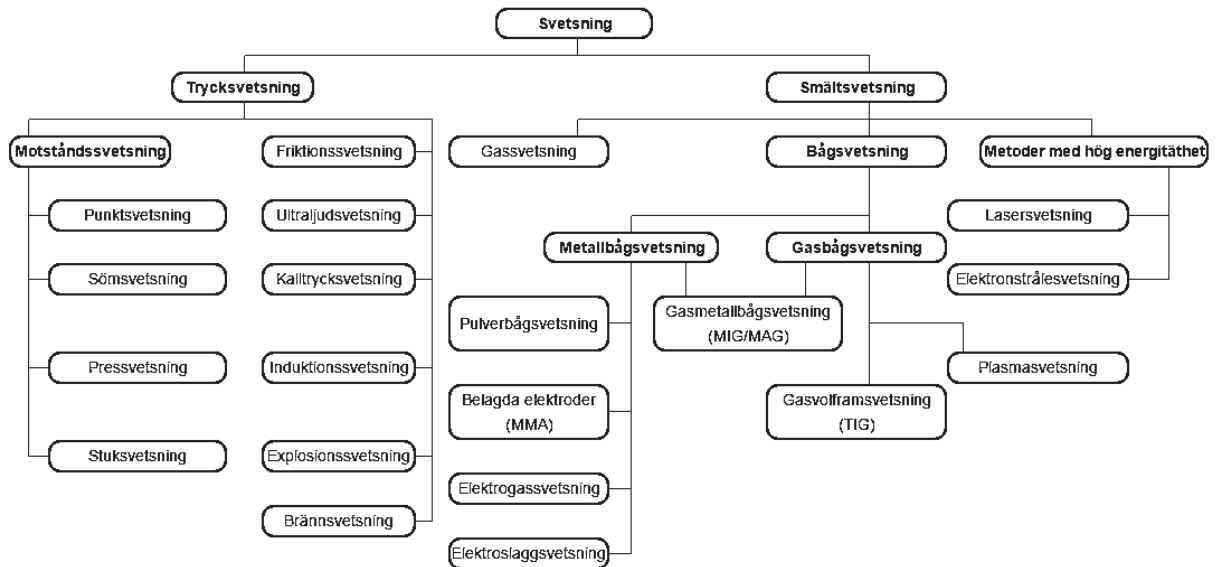
## 2.2 Historia

Den första svetsmetod utfördes av smeder, då genom en process att olika stålstycken hettades upp nära smältpunkten för att sedan fästas ihop. Denna metod har varit bekant under tusentals år och har varit relaterad till bönders jordbruksredskap och verktyg som ofta gick sönder och behövde repareras. Det var inte förrän på 1880-talet som svetstekniken tog nästa steg, då man upptäckte olika sätt för att uppnå extremt höga temperaturer. Dessa värmekällor bestod av elektricitet, vilket var effektivare och kraftigare än vad de tidigare kolbäddarna som smederna tidigare använde sig utav. Amerikanen Thomsen framtog och kommersialiserade den första användbara motståndsvetsning under 1880-talet, som i princip bestod av två stålstycken med elektriskt ström som tryckets emot varandra, därmed blev kontaktpunkter så varma att de smälter ihop. Denna metod används fortfarande inom dagens industrier (Weman, 2010).

Weman (2010) beskriver att principen för bågs svetsningen presenterades för första gången under sent 1800-tal av ryssen Bernardos, vilken han kallade "Kolbågsmetod". Denna metod gick ut på att en ljusbåge bildades när arbetsstycket och en kolstav som var kopplade till strömkällans pol närmade sig varandra. Den höga energin av den elektriska ljusbågen kunde då smälta ner ett metalliskt tillsatsmaterial och på så sätt svetsa ihop två olika arbetsstycken. Elva år senare introducerade Nicolai Slavianoff en svetsmetod som var byggd på Bernardos metod, han ersatte då kolstaven för en metallstång som fungerade som elektrod och även som tillsatsmaterialet. Denna metod blev väldigt populär trots sin dåliga hållfasthet samt problem med porer. En lösning till dessa problem var uppfinningen av den belagda elektronen av svensken Oscar Kjellberg år 1906, som med hjälp av nedsmälta tillsatsmaterialet byggde ett skyddande slagg. Resultatet av det beviljade patentet av den nya metoden blev grunden till ett av världens idag ledande företag inom svetsning med namnet ESAB (Elektriska Svetsning AB).

Under 1920 ställde industrins utveckling krav att effektivisera tiden som tog att byta ut elektroden och avlägsna slagg, vilket fick många privata personer och företag att experimentera med olika svetsmetoder. En av dessa metoder gick ut på att elektroden i form av tråd matades kontinuerligt med tillsatt skyddsgas. Denna princip står idag till grund för MIG-svetsning, dock ansågs denna metod att vara för dyr på grund av ädelgaser, som sedan ersattes mot CO<sub>2</sub>. Denna variation kallas idag MAG-svetsning (Weman, 2010).

## 2.3 Översikt av de vanligaste svetsmetoderna



Figur 2.1 Överblick över de vanligaste svetsmetoderna.

## 2.4 Val av svetsmetod

Då man kommer till stadiet där man skall välja svetsmetod måste man ta hänsyn till de olika svetsmetodernas möjligheter att producera en bestämd kvalitet till det lägsta priset. Enligt Weman (2010) några faktorer som påverkar den valda metoden är typ av grundmaterial, svetsfog, godstjocklek, svetsförband, och svetslägen. Man måste även tänka på kvalitetskrav, arbetsmiljö, andra produktionsresurser och ekonomi. Arbetet påverkas även utav material och materialkombinationer som skall svetsas exempelvis rostfritt stål mot olegerat stål. Antalet detaljer, stycktillverkning, svets-längd, vilken typ av svetsfog som erfordras, svetsläge, kvalitetskrav och fixturer.

## 2.5 Gasmetallbågsvetsning

Gasmetallbågsvetsning är en modern metod som anses vara den mest använda i dagens industri. Den kan tillämpas på olika godstjocklekar från 0,5 mm till betydligt grövre plåtar samt på olika material. Denna metod kan delas upp i MIG och MAG-svetsning, skillnaden mellan dessa två är typen av skyddsgas den förbrukar. I MIG-svetsning (Metal Inert Gas) används en ädelgas såsom Argon (Ar) medan vid MAG-svetsning (Metal Active Gas) används en betydligt billigare gas som Koldioxid (CO<sub>2</sub>) eller en blandning av gaser som Argon (Ar) och Koldioxid (CO<sub>2</sub>). Denna metod är väl lämplig för mekaniserad liksom manuell svetsning, där den sistnämnda är även kallad för halvautomatisk svetsning (Weman, 2010).

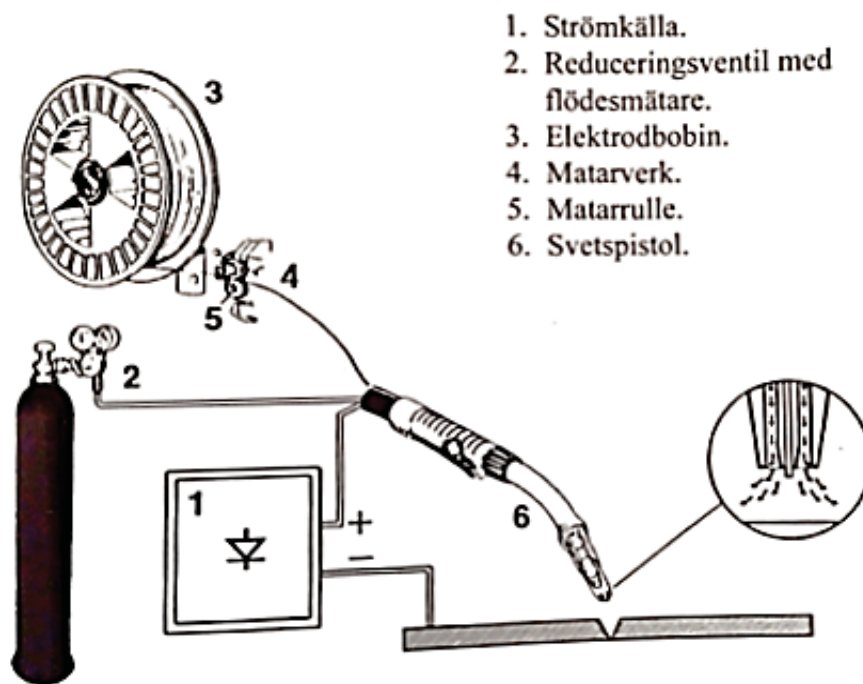
## 2.6 Tillsatsmaterial

Under en MAG-svetsning utgör elektroden en del av tillsatsmaterialet. Denna kan vara massiv (trädelektrod) eller bara bestå av ett rör (rörelektrod) som består av olika kemiska sammansatta ämnen. Diametern varierar beroende av typen av elektrod och maskin den används i, dessa ska dock inte ligga mellan 0,6 till 2,4 mm. Vanligtvis väljs dimensionen av elektroden beroende på svetsströmmen, man kan alltså anta att en lite svagare elektrod ger ett bättre resultat i en materialövergång. Elektrodens egenskaper i samband till grundmaterialet har en direkt påverkan i svetsningen, bland annat inom svetsgods hållfasthet, korrosion, råg form m.m. (Hällman, 2013).

Förutom elektrodens sammansättning och renhet samt den påverkan som nämnts ovan, finns det andra egenskaper som man bör ta hänsyn till exempelvis hårdhet, ytfinhet och förbokning. Dessa underlättar en god elektrodkontakt från bobin till svetspistolen (Hällman, 2013).

En annan del av tillsatsmaterialet under MAG-svetsprocessen är skyddsgasen. Det bästa resultatet åstadkoms med Argon (Ar) som innehåller upp till 20 % koldioxid (CO<sub>2</sub>) vid kolstål och låglegerade stålsvetsningar. Även ren CO<sub>2</sub> kan användas som skyddsgas, denna utgör en billigare kostnad som klarar av eventuella föroreningar, ytbehandlings och skydd mot bindfel. Vid rostfri stålsvetsning är det också vanligt att man använder Argon (Ar) och Koldioxid (CO<sub>2</sub>) som skyddsgas, fastän med en betydligt lägre andel av Koldioxid (CO<sub>2</sub>). Gasflödet anpassas till ljus-bågen, det varierar från 10 liter per minut till 20 liter per minut vid hög svetsdata (Hällman, 2013).

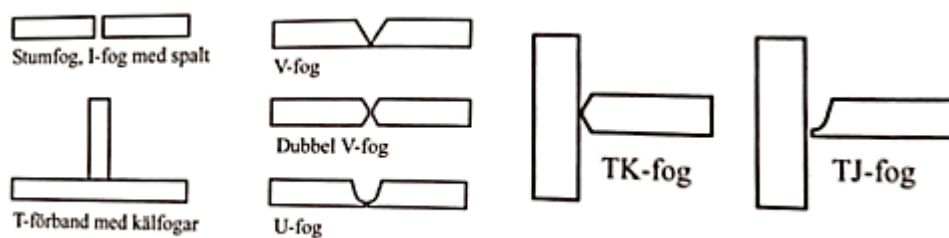
## Utrustning och princip för MAG-svetsning



Figur 2.2. Utrustning för MAG-svetsning (Weman, 2010).

## 2.7 Svets, svetsfog och svetsymboler

Konstruktören, produktionstekniken och svetsarens arbete och kommunikation med varandra styr hur väl det slutliga svetsresultatet ser ut. Då produkt, svetsmetod och fog typ måste vara lämpliga till varandra för att minska eventuella fel som kan uppstå vid svetsningen. Fogen utformas av geometrin mellan arbetsstyckens delar, dessa erhåller olika ekonomiska och funktionella egenskaper (Hällman, 2013).

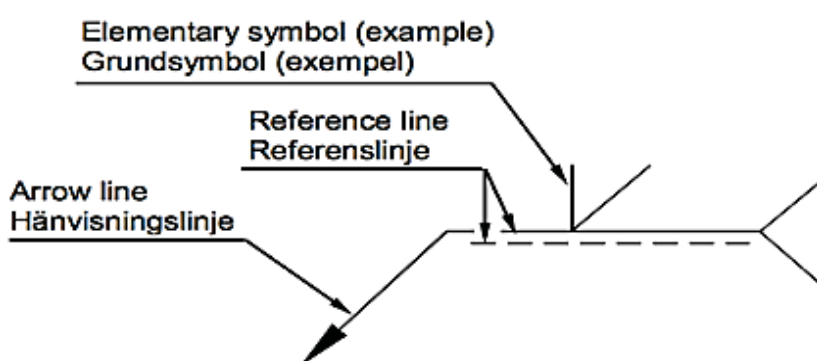


Figur 2.3. Vanliga fog typer (Weman, 2010).

Fogtypen har ett stort inflytande på svetsens kvalitet därav läggs det stor betydelse vid val utav fog typ. Denna typ skall vara formad så att den kan tillfredsställa det mekaniska kravet, och även underlätta det kraftlinjeförlopp som finns. Vilket är en av anledningarna till att man väljer stumfog framför en fog i överlappsförband (Hällman, 2013).

Fogtypen måste också vara anpassad till den elektroden som kommer att användas, då blir det svårt att t.ex. svetsa en liten fog vinkel med en bred elektrod. Man skall även undvika att ha en alldeles för stor fog vinkel på grund av att det kan förekomma svetsfel som stora krympningar. En annan aspekt som man bör tänka på, är att fog typen kommer att avgöra en stor andel av den svetskostnaden, detta på grund av dess direkta förhållande till tillsatsmaterialet. Att ha en stor fog volym skulle alltså bara innebära större tillsatsmaterials kostnader, deformationer och svets-spänning. Därmed att ha en så liten fogvolym som möjligt är det bästa alternativet att utgå ifrån. Därför rekommenderas att ha en I- och X-fog framför en V-fog vid stora arbetsstycken (Hällman, 2013).

För att kunna särskilja olika svetsfogar, längder och placering har man till hjälp olika slags symboler. Dessa kan inte ge utrymme för misstolkning eller felbedömning. Därför har det Internationella standardiseringsorganet ISO, presenterat de standardiserade svetsymbolerna i ISO 25 53 under 1974-talet. Sverige är ett av länderna som använder sig av ISO 25 53 till nationella ramar för standard. Volvo Group använder sig av STD 180-001, en fastställd standard som överensstämmer med ISO 2553:1994 i svetsbeteckningar enligt Volvo standard (2011).



Figur 2.4. Svetsbeteckningarnas uppbyggnad (Volvo Standard, 2011).

## 2.8 Svets kvalitet och svetsfel

Svetsutrustningens inställningar kan ha den största inverkan på svetsningens kostnad, produktivitet och framför allt kvaliteten. För att kunna förebygga och identifiera de olika svetsfel som kan uppstå är det avgörande att uppfylla det kvalitet kravet som finns från konstruktionen. Svetsfel kan delas upp i två huvudgrupper, de som orsakas av svetsare och de felen som medför av konstruktören eller produktionsteknikern. De sistnämnda handlar ofta att det har valts en olämplig fog typ eller svetsmetod för svetsningen (Hällman, 2013).

De vanligaste svetsfelen inom MAG-svetsning som försämrar kvalitet på svetsningen, är porer och bindfel. Bildningen av porer orsakas i princip av fel mängdinställning av skyddsgasen. Andra störningar på skyddsgasen såsom lufthastigheten och utrustningsfel som förhinder det normala gasflödet kan även leda till porer. Bindfelet kan bero på olika orsaker bl.a. en låg inställning av svetsspänning, eventuell pistolritning, svår foggeometri eller att stora arbetsstycken leder bort värme. (Nils Stenbacka, 2009).

## 2.9 Varför man gör svetsberäkningar

Varför man gör svetsberäkningar kan variera från företag till företag och från problem till problem. Några anledningar är:

- Nuvarande svetsstation utgör en flaskhals och försenar tillverkningen vilket behöver bytas ut.
- Vill bli effektivare i tillverkningen och sänka kostnaderna.
- Funderar på att övergå till mekanisk eller robotiserad svetsning.
- Ny eller nya konstruktioner börjar tillverkas.

I tillverkningsprocessens kan flaskhalsar förhindras då man öka den nuvarande kapaciteten i anläggningen. Vilket kan genomföras om man optimerar en specifik process i svetsstationen. Med tanke på att man inte behöver investera i ny utrustning kan detta vara ett bra alternativ för att avlägsna flaskhalsarna. Fler anledningar till varför man vill utföra svetsberäkningar är:

- Minska lönekostnaden (för operatörer, produktionsledare mm)
- Minska Stålltid/lossnings – och laddningstid.
- Erhålla ett effektivare flöde i en specifik svetsstation eller i hela verkstaden.
- Minska underhåll och mellanlager.
- Minska transporter och stopp i flödet.
- Genomföra eventuella efterkalkyler.

(Nils Stenbacka, 2009)

## 2.10 Hur man gör svetsberäkningar

Svetskostnadsberäkningar utförs då man vill beräkna kostnaden för att producera en specifik detalj eller ett bestämt antal svetsmeter som kan beräknas med följande formler:

### Arbetskostnaden beräknas:

$$AK = (m_{sv} * TL) / (I * Bf)$$

$m_{sv}$  = Svetsgodsvikt (Kg)

TL = Timkostnad (Kr/h) för svetsaren (direkt lön)

I = Insvetstal (Kg/h)

Bf = bågtdsfaktor (%)

Tillsatsmaterialkostnaden beräknas genom att summera kostnaden för pulverkostnad PK, gaskostnad GK, elektrodkostnad EK och rotstödkostnaden RK. Beräknas med formlerna:

### Elektrodkostnad:

$$EK = (m_{sv} * P_e) / N$$

$P_e$  = elektrodkostnad (Kr/kg)

N = Nyttotal (%)

### Gaskostnad:

$$GK = (m_{sv} * 0,06 * F * P_g) / I$$

F = Gasflöde (l/min)

$P_g$  = Gaspris (kr/m<sup>3</sup>)

0,06 = omräkningsfaktor då gasflödet är angett i l/min

### Pulverkostnad:

$$PK = SP * m_{sv} * P_p$$

SP = Specifik pulverförbrukning

$P_p$  = pulverpris (kr/kg)

**Rotstöds kostnad:**

$$RK = L * P_r$$

L = Svetslängd

$P_r$  = Rotstöds kostnad (Kr/m)

**Maskinkostnad:**

$$MK = (m_{sv} * MTK) / (I * B_f)$$

MTK = Maskintimkostnad (Kr/h). Följande kostnad inkluderar även kostnader för investeringar, avskrivningar, kalkylränta, gångtid och underhåll.

**Energikostnad:**

$$EK = PE * P_E = \text{Energiförbrukning (kWh)}$$

$P_E$  = Energipris (Kr/kWh)

Kostnaden för underhåll får man vanligtvis utifrån erfarenhetsvärlden som är specifika för företaget och svetsituationen. Både energikostnaden och underhållskostnaden kan inkluderas som ett schablonmässigt påslag med 4 % på summan av det övriga kostnaderna.

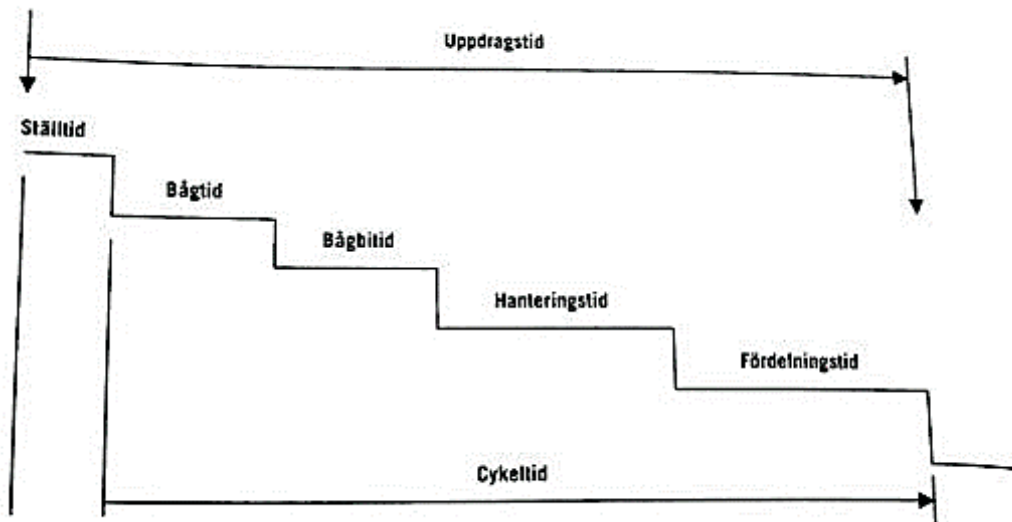
Exempel på en svetskostnadsberäkning visas på bilden nedan:

<b>Svetskostnadsberäkning</b>	
<b>Indata</b>	
Svetsgodsvikt	0,06 kg/m
Operatörskostnad	600 kr/m
Insvetstal	5,15 kg/h
Bågtidsfaktor	18%
Trådpris	25 kr/kg
Nytttotal	0,95
Gasflöde	20 l/min
Gaspris	9 kr/m <sup>3</sup>
Svetslängd	1,604 m
Rotstödspris	0
Maskintimkostnad	300 kr/h
<b>Resultat</b>	
Arbetskostnad	37,6 kr/m
Trådkostnad	1,6 kr/m
Gaskostnad	0,1 kr/m
Rotstödskostnad	0
Maskinkostnad	18,8 kr/m
Energikostnad <sup>1</sup>	2,3 kr/m
Underhållskostnad <sup>1</sup>	2,3 kr/m
Summa per m	62,6 kr/m
Summa totalt	100 kr

1.Energikostnad, Underhållskostnad Schablon 4%

Figur 2.5. Exempel på svetskostnads kalkyl

## 2.11 Produktionstider



Figur 2.6. Viktigaste stegen under svetsning (Nils Stenbacka, 2009).

I figur 2.6 kan vi se de allra viktigaste stegen under svetsning av en detalj för ett uppdrag. De allra viktigaste deltiderna är ställtid, bågtid, bågbitid, hanteringstid, fördelningstid och cykeltid.

**Ställtid** (St) är den tiden man lägger ner innan man sätter igång arbetet för ett nytt objekt. Det kan exempelvis vara programmering av en robot innan svetsning, tillverkning av olika fixturer, uppställning av lägesställare. När det kommer till serietillverkning utförs detta i normala fall endast en gång för ett specifikt objekt. Ju kortare ställtider desto större ekonomisk fördel.

**Bågtiden** (Bt) är tiden själva ljusbågen brinner och är även känd som svetstiden. Bågtiden beror på val av metod, svetsfog, svetsläge, olika svetsparametrar och objektet. Bågtiden kan enligt nedan beräknas för MIG/MAG, MMA och pulverbågs svetsning:

$$Bt = m_{sv}/I$$

$m_{sv}$  = Svetsgodsvikten (kg)

I = Insvetstalet

**Bågbitstid** (Bb) kallas ibland tilläggstid. Tilläggstid av olika byten av exempelvis kontaktmunstycke, trådspole, elektrod, regulator, gasflaska) eller rengöring av gasskåp. Kort bågbitstid är en ekonomisk fördel.

**Hanteringstid** (Ht) täcker hanteringen av objekten av exempelvis infästning/uppställning i en fixtur olika förberedelser som häftning och mätning. Kort hanteringstid är en ekonomisk fördel.

**Fördelningstid** (Ft) är tiden som ej tillhör själva svetsarbetet. Tas ofta som ett procentuellt tillägg. Fördelningstiden rekommenderas vara så låg det bara går med tanke på att den är ospecificerad.

**Cykeltiden** (CT) är summan av bågtiden, bågbitstid, hanteringstid och fördelningstid och kan anges som:

$$Ct = Bt + Bb + Ht + Ft$$

### **Nyckeltal**

Nyckeltal används för att ställa olika parametrar mot varandra och ta reda på viktig data ur en viktig aspekt. Nyckeltal kan också ge nyttig information kring en viss process ekonomisk nytta.

**Insvetstal** (I) är definierat som kg insvetsat svetsgods per tidsenhet och anges vanligtvis med dimensionen (kg/h). Insvetstalet beror på strömstyrkan och kan beräknas genom:

$$I = (I_{\max} * i_a) / (i_m)$$

$I_{\max}$  = maximalt insvetstal enligt elektrodhandböcker (kg/h)

$i_a$  = (använd strömstyrka (Amp))

$i_m$  = Strömstyrka vid maximalt insvetstal (Amp)

(Nils Stenbacka, 2009)

## 2.12 Nyttotalet (N)

Visar hur mycket av det använda tillsatsmaterialet som blivit nyttigt svetsgods. Nyttotalet (N) anges i (%).

**Bågtidsfaktor (Bf)** är förhållandet mellan tiden ljusbågen brinner och den totala arbetstiden för svetsarbetet (cykeltiden). Hög bågtidsfaktor innebär hög produktivitet. Bågtidsfaktorn anges i (%) och kan beräknas enligt:

$$Bf = Bt/Ct$$

Bt = Bågtid (svetstid)

Ct = Cykeltid

**Svetsgodsvikten (M<sub>sv</sub>)** anges ofta på tillverkningsritningen och kan beräknas teoretiskt från fogformen. Beräknas enligt:

$$m_{sv} = A_{sv} * L * d$$

A<sub>sv</sub> = Svetsens tvärsnittsarea (m<sup>2</sup>)

L = Svetslängd (m)

d = svetsgodsets täthet (ca 7800 kg/m<sup>3</sup> för stål)

Vad gäller en struken käl svets med a-måttet a blir tvärsnittsytan:

$$A_{sv} = a^2$$

Totala fogarean vad gäller ren V-fog med spaltöppningen s<sub>v</sub> (utan rät kant) och med totala öppningsvinkeln v blir:

$$A_{sv} = t^2 * \tan(v/2) + t * s_v$$

t = plåttjockleken

En I-fog har den teoretiska tvärsnittsarean:

$$A_{sv} = t * s_i$$

s<sub>i</sub> = spaltöppningen

### 2.13 Konsekvenser av verklig svetsgodsvolym

Den teoretiska tvärsnittsytan för en svetsfog och hur det egentligen ser ut i verkligheten när det svetsas kan ha stora avvikelser. Avvikelser som bland annat beror på övermått (för mycket tillsatsmaterial), spalter, krymplingar etc. I slutändan är det normalt att den teoretiska tvärsnittsytan för en svetsfog blir 10 till 30 % större i verkligheten eller i värsta fall ännu mer. Frågan är nu hur detta påverkar svetskostnaden. Variationen som kan uppstå i tvärsnittytan beror bl.a. på förändringarna i a-mått är större än vad man förväntar sig. Ett exempel visar följande. Anta att man har en struken käl svets (slät) med a-måttet a är tvärsnittytan:

$$A_{sv} = a^2$$

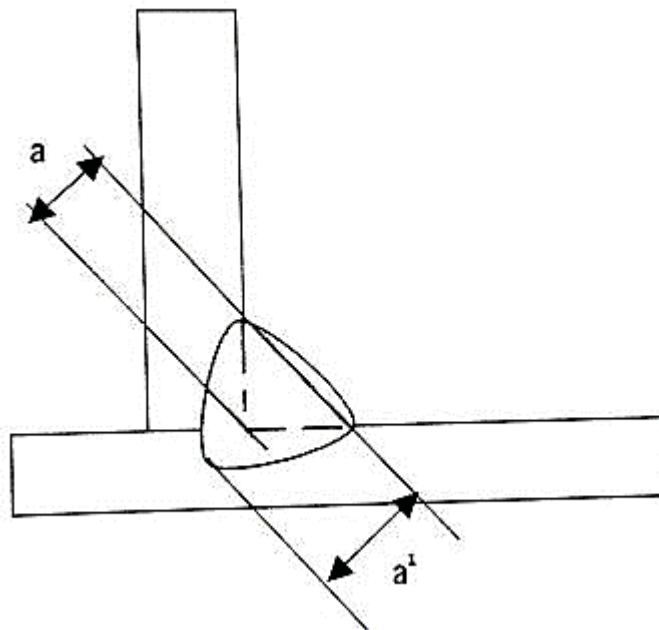
*"Om vi nu säger att a-måttet ökar med 10 % då blir tvärsnittytan  $A_{sv}$   $1,21 * a^2$  alltså en ökning med mer än 20 %. Svetsgodsvikten ökar lika mycket. Då svetskostnaden generellt är proportionell mot svetsgodsvikten kan man säga att svetskostnaden ökar med 20 %." - (Nils Stenbacka, 2009)*

Ett annat exempel. *"En käl fog med a-mått 4 och 1 meter i längd har en svetsgodsvikt på 16cm<sup>3</sup>. Svetsgodsvikten får vi genom att multiplicera med ståls densitet (7,8g/cm<sup>3</sup>) och en svetsgodsvikt på 125g erhålls. Men om a-måttet endast ökar med 1mm(+25%) så ökar svetsgodsvikten upp till 197g (+58%)."* - (Nils Stenbacka, 2009).

## 2.14 Svetsgodsvolym och svetsläge

Ett sätt att minska svetsgodsvolymen vid tal om tvärsnitt är att använda inträngningen i en kälsvets som lastupptagande area i hållfasthetsberäkningarna. I beräkningarna kan man utnyttja måttet  $a^I$  som dimensionerande  $a$ -mått i hållfasthetsberäkningarna. Följande minskar alltså svetsgodsvolymen (förbrukning av tillsatsmaterial) och samtidigt ökar svetshastigheten markant resultatet i slutändan blir en stor ökning av produktiviteten. Ett exempel är att vi skulle anta att det finns möjlighet att minska ett  $a$ -mått från 6mm till 4mm för att kunna tillgodoräkna 1mm inträngning. Det innebär att svetsgodsarean (svetsade delen) minskar från 25mm till 16mm. Med andra ord reduceras svetsgodsvikten med 34 % och lika mycket reduceras svetskostnaden. (Nils Stenbacka, 2009)

Man måste dock tänka på att djup inträngning inte alltid går att använda. När det gäller påsvetsning eller påläggsvetsning försöker man istället hålla inträngningen så liten som det går. Samma sak gäller för svetsning av s.k. blandskarvar alltså rostfritt mot olegerat stål.



Figur 2.7. Illustrerar definitionen av beräkningsmässigt  $a$ -mått  $a^I$  med hänsyn till inträngningen.

## 3 Metod

---

*Följande kapitel hanterar och beskriver de valda vetenskapliga metoderna som ligger till grund för denna studie med mål att succesivt och systematiskt finna svar till det tidigare angivna frågeställningarna.*

---

### 3.1 Valda forskningsmetoder

Tillvägagångsättet för att erhålla relevant information och få så bra resultat som möjligt i följande undersökning har sin utgångspunkt till empirin. Empiri kan förklaras som vetenskapliga undersökningar av verkligheten och måste grunda sig på erfarenheter från exempelvis experiment. (Johannessen A & Tufte P A, 2003).

I följande arbete kommer man använda sig av två empiriska forskningsmetoder vid namnet kvalitativ och kvantitativ forskningsmetod. Inom kvalitativ forskning för denna studie kommer man använda sig av observationer och intervjuer. Vad gäller kvantitativ forskning så ligger focus på mätningar och regression. Nedan kommer vi mer ingående beskriva de här metoderna.

Arbetet kommer att baseras på en induktiv ansats. Induktiv ansats innebär att valda forskningsmetoderna kommer utgå från undersökningar utifrån dagens produktionsprocess av Volvo Dumprar för att bilda erfarenhet i form av experiment (mätningar) av verkligheten för att senare använda de resultat man erhåller som grund för framtida teorier och på sikt ha möjligheten att finna goda svar till de angivna frågeställningarna i rapporten.

### **3.2 Kvalitativ forskningsmetod**

Anledningen till att kvalitativa studier används beror på att kvalitativ forskning är per definition undersökande och löser frågeställningar av typen ”vad”, ”hur” och ”varför” vilket används ofta när man är omedveten om vad som väntar och hur man ska utveckla en strategi för att lösa problemet. (Collins & Hussey, 2009).

Kvalitativa studier fokuserar enligt Ghanuri & Gronhaug, 2010 på:

- Betoning på förståelse
- Förståelse från respondenten/informatörens synvinkel
- Rationell förhållningsätt
- Observation och mätningar i naturlig miljö
- Explorativ orientering
- Processorienterad
- Helhetsperspektiv

#### **Observation**

Vid observationer använder man sig själv som ”mätinstrument” då man noga tittar, lyssnar, känner, följer det som händer och registrerar intryck. Vid observationer studerar man ett fenomen på ett systematiskt sätt för att i slutändan erhålla valida och reliabel data. (Edvard Befring, 1994).

Då forskaren själv använder sig som ”mätinstrument” är det viktigt att tänka på och vara medveten om felfaktorer. Några vanliga felfaktorer är eventuella förväntningar och förutfattade meningar som man har innan observationen påbörjas som kan ha negativ inverkan vid registreringarna man gör när man står och observerar då chansen ökar att man tar till sig/ registrerar och tolkar informationen på ett felaktigt sätt. För att undvika detta kan man ta till sig ett viktigt hjälpmedel. Man bör alltså använda ett strukturerat observationsschema som gör hela observationen systematisk både vad gäller frågan om de variabler som man ska bedöma, ordningsföljden samt tidsåtgången för varje enskilt beteendeområde. (Edvard Befring, 1994).

Observationer kan struktureras upp på olika sätt och kan även vara osystematiska och explorativa, även om det i många fall lämpar sig bäst med motsatsen som vi nämnt tidigare. Observationer kan utföras både på plats men även indirekt, dolt via exempelvis kameror. Här pratar vi om olika tillvägagångsätt men man måste alltid ta hänsyn till vad som är etiskt försvarbart och vetenskapligt fruktbart. (Edvard Befring, 1994).

Vid varje observation skall man bygga på premissen ”informerat samtycke” från de som kommer att delta i undersökningen. Det spelar ingen roll hur viktigt vårt syfte och problemställningar är så har man som forskare varken rätt eller plikt att överskrida de etiska grundreglerna som bland annat finns uttryckta i vårt lagverk. Några exempel är regeringsformen, tryckfrihetsordningen, datalagen och sekretesslagen. (Edvard Befring, 1994).

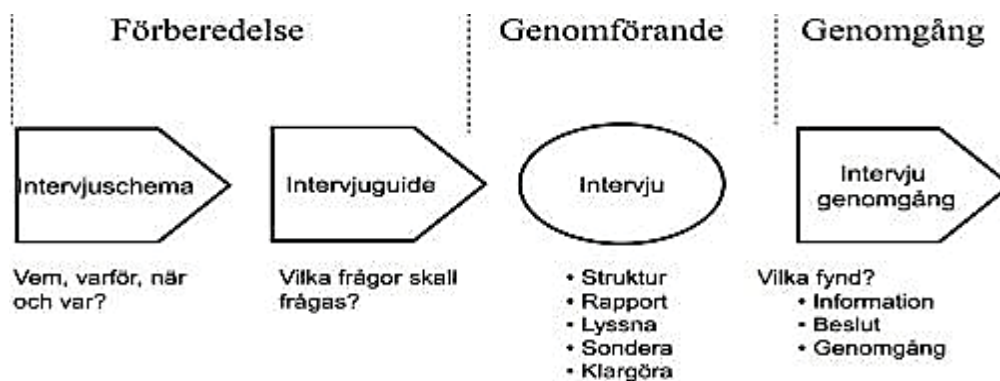
I följande studie har man använt sig av en systematisk observationsstudie där man varit på plats i produktionen hos Volvo CE och med arbetarnas samtycke noga och systematiskt följt varje steg vad gäller produktionen för följande delar till Volvo Dumper A40:

- A-stag
- Kort stag
- Långstag
- Vågbalk
- Bakram
- Framram

Syftet med observationen i följande fall var att förstå produktionsprocessen och få kunskap kring hur Volvo i dagsläget arbetar för att vi i nästa steg skall kunna bidra med förbättringar som exempelvis effektivisering av produktionen och att kunna förutsäga framtida kostnader.

## Intervju

Det finns många typer av intervjuer några exempel är, Kravinsamlings intervjuer, post implementeringsintervjuer, jobb/team urvalsintervjuer, resultat intervjuer och "exit" intervjuer. Vad alla intervjuer har gemensamt är tre viktiga steg. Förberedelse, genomförande och genomgång som vi kan se på bilden nedan:



Figur 3.1. Visar intervjuens olika steg

### Förberedelse

Inför varje lyckad intervju är det viktigt att identifiera och strukturera vad målen med intervjun är. Man måste även fundera kring vilken information man saknar och är i behov av att ta reda på och vilka delar av verksamheten som man behöver veta mer kring. Viktigt är att ha klart för sig och identifiera vem/vilka man behöver intervjua. Ett intervjuschema bör sedan skapas och noteras efter att intervjuerna blivit bokade. En viktig aspekt är att i förväg kontrollera intervjumiljön, helst vill man ej utföra intervjuer på platser med hög ljudnivå och platser med stor sannolikhet för att bli störda av miljön runt omkring. (Martin Svensson, 2013)

### Förbereda intervjuguide

När man är klar med intervjuschemat är det tid för den så kallade intervjuguiden där man planerar strukturen av hela intervjun. Man förbereder alltså frågorna som ska ställas beroende på den information man behöver. Vid behov förbereder man ytterligare material som exempelvis motsägelser i utbildningsmaterial eller ta med en organisationsbild för att tydliggöra roller. Viktigt med följande steg är att intervjuguiden erbjuder möjlighet till standardisering vilket i sin tur underlättar jämförelser och summering i slutet. (Martin Svensson, 2013).

### **Riktlinjer för intervjun**

I många fall har intervjupersoner en tendens att glida i intervjuerna därför bör och skall man redan innan intervjun börja tydligt ange gränserna för intervjun med mer specifika instruktioner för att kunna fokusera när det är lämpligt. Viktigt att tänka på är också att öppna frågor har en tendens att ge långa svar som är svåra att analysera och jämföra i slutändan. Behöver man uppmätta svaren bör man be intervjupersonen att tilldela ett värde på deras uppfattning på en möjligtvis redan befintlig skala. (Martin Svensson, 2013).

### **Genomförande**

Intervjuer är informationsrika källor men man måste tänka på att vissa tenderar att glida iväg, andra är misstänksamma och fåordiga, en del kommer behöva uppmuntran andra låta slutföra sin mening. En varning är att man ej bör styra informationen till de svar man vill ha. Frågorna bör möjliggöra effektiv jämförelse och sammanfattning av synpunkterna.

Vid genomförandet av intervjun är det viktigt att man introducerar sig och syftet med intervjun. Man bör alltid ange orsaken till varför intervjun genomförs och hur den kommer att genomföras. Man bör här vara aktiv och fånga upp eventuella förväntningar från motparten. Det är viktigt att den intervjuade personen känner sig tillfreds och man bör alltid fråga om det går bra att man antecknar/spelar in intervjun.

Kärnan i hela intervjun är att man noggrant lyssnar på svaren och vid behov begära förtydliganden. Man bör ej kritisera eller ta något parti utan man ska helst vara neutral. Att behålla kontrollen över intervjun är viktigt och man bör därför fokusera personen i rätt riktning om det börjar driva iväg. Vid eventuella missförstånd bör man tydligt klargöra frågan. Man måste hela tiden vara fokuserad och följa intervjuguiden. Man bör också låta den som intervjuas att ställa frågor.

Efter intervjun är det viktigt att tacka den som ställt upp på intervjun och eventuellt berätta vad som är planerat vid nästa steg. (Martin Svensson, 2013).

### **Sekvensering av frågor**

Ju känsligare frågor man kommer in på blir det desto viktigare att undvika förhörston i intervjun. Man bör speciellt tänka på att styra upp intervjufrågorna:

- Generellt innan specifikt
- Externt före internt
- Historiskt innan nutid

### **Genomgång av intervjun**

Då intervjun är klar är det tid för att transkribera materialet fullt ut, alltså omvandla talspråket till skriftlig form och analysera och sammanställa datan man samlat in under intervjuens gång. Här är det viktigt att tänka på att en tränad intervjuare kan upptäcka om informanten eller den som intervjuas försöker täcka upp sina egna brister, blir överväldigad av dig, skyddar andra, adresserar det omedelbara problemet, överdriver vikten av jobbet, förutsätter uppfattningen om en fullständig bild samt om informanten inte förutsätter förbättring. (Martin Svensson, 2013).

### **En dålig intervju**

Vanliga faktorer som kan leda till en mindre bra eller misslyckad intervju kan vara:

- Inte bokad tid
- Kom sent
- Var oförskäm
- Inte förklara syftet med intervjun
- Förklarade inte omfattningen av intervjun
- Jargong
- Blev konfrontativ
- Varöverlägsen
- Avslutade plötsligt intervjun
- Förklarade inte vad som händer härnäst
- Höll inte tiden
- Glömmer namnet på den som intervjuas

### **En bra intervju**

En väl planerad och genomförd intervju leder till:

- En väl genomförd rapport
- Består av ständiga anteckningar
- Ärlig, objektiv och artig
- Etablera resultaten
- Separera fakta från fikon
- Håll på ramar i intervjun
- Upprätta möjlighet att ställa följdfrågor
- Summera intervjun och tacka den intervjuade för sin tid

### **3.3 Kvantitativ forskningsmetod**

Kvantitativa forskningsmetoden används för att samla in kvantitativa eller ”hård” data, med andra ord data som mäts i former som lämpar sig för räkneoperationer. I kvalitativa forskningsmetoder arbetar man med ”mjuk” data som innebär data av kortare eller längre meningar som måste bearbetas och analyseras och lämpar sig inte för räkneoperationer. Kvalitativa forskningsmetoder besvarar frågeställningar av typen ”antal” och ”hur mycket”. (Johannessen A & Tufte P A, 2003).

Kvantitativa studier fokuserar enligt (Ghanuri & Gronhaug, 2010) på:

- Provning och verifiering
- Fakta och orsaker till sociala evenemang
- Logiskt och kritiskt förhållningssätt
- Kontrollerade mätningar
- Fokusera på hypotestestning
- Resultat orienterad
- Partikulära och analytisk

## **Mätningar**

Mätningar kan vetenskapligt beskrivas som en process där egenskaper erhåller siffervärden efter bestämda regler (Befring, 1994).

I följande studie kommer mätningar av bågtiden (Bt) och antal meter svetstråd som går åt för objekten A-stag, kort stag, lång stag, vågbalk, bakram och framram att mätas. Man tar även reda på Insvetstalet (I) och bågtidsfaktorn (Bf) för dessa objekt.

Mätningarna för antal meter svetstråd utförs med hjälp av två identiska svetstrådmätare som innan påbörjat svetsarbete kopplas över svetstrådbehållarna och vid svetsarbetet ständigt registrerar hur många meter svetstråd som går åt. På så sätt mäts under svetsningen av varje enskild detalj antalet meter svetstråd som går åt för de respektive detaljerna.

Svetstrådmätaren mäter antalet meter svetstråd under häftningsfasen, robotsvetsfasen och slutsvetsfasen. Följande tre faser repeteras för varje detalj innan den blir färdig svetsad och redo att gå vidare för målning, som är nästa steg i produktionsprocessen.

Efter respektive mätning i de tre olika svetsfaserna för respektive objekt får man fram totala antalet meter svetstråd som går åt för att svetsa varje specifikt objekt.

## **Regression**

Regression innebär att man predikterar en beroende variabel med utgångspunkt från kunskaper kring en eller flera oberoende variabler. Med andra ord försöker man genom regression förutspå ett framtida värde för en variabel. (Edvard Befring, 1994).

I vår undersökning kommer vi med utgångspunkt från de erhållna värdena prediktera det framtida priset för delarna A-stag, kort stag, lång stag, vågbalk, bakram och framram som ligger till grund för dumper modellen A-40.

### **3.4 Validitet & Reliabilitet**

Generellt sett kan reglarna som definierar en mätprocedur vara antingen användbara eller icke användbara. De kan antingen ge instabila samt ej trovärdiga mätresultat, eller så kan mätreglarna och hela uppläggningsen vara av stor tillit och ge goda resultat. Graden av tillit brukar uttryckas genom att tala om hög eller låg validitet samt hög eller låg reliabilitet. (Edvard Befring, 1994).

Validitet kan förklaras med orden giltighet och relevans. Utmaningen med validitet är att samla in relevant data för problemställningen vi arbetar med. Om det råder hög grad av överensstämmelse mellan resultaten vid användning av olika operationella definitioner av ett och samma teoretiska begrepp säger man att validiteten är hög. (Knut Halvorsen, 1992).

Data som kvalitativa metoder genererar har ett högt anseende vad gäller validitet. Hög validitet innebär att forskningsresultaten med goda resultat kommer att återspegla den nuvarande situationen och samma resultat då en annan forskare upprepar studien med samma metoder. (Collins & Hussey, 2009).

Reliabilitet innebär att man tar hänsyn till graden mätprecision eller mätfel. Grundläggande frågan man ställer sig är om man lyckats reducera mätfelen till ett minimum och i vilken grad som mätresultaten är stabila. (Edvard Befring, 1994).

Metoderna som använts i vår studie anses ha hög validitet och reliabilitet då man bl.a. utfört de kvalitativa metoderna (intervju och observation) med anställda som har minimum 10 års arbetslivserfarenhet inom området. Detta innebär att man erhåller hög reliabilitet för de kvalitativa metoderna då fel graden vid intervjuer och observationer av experter inom deras arbetsområde är minimal. Detsamma gäller reliabiliteten för de kvantitativa metoderna (mätning och regression) då man använt sig av kalibrerade mätinstrument för att öka mätprecisionen och minska felmarginalerna.

Validiteten för de kvalitativa och kvantitativa metoderna anses vara hög med tanke på att samma eller mycket liknande resultat förväntas erhållas då andra forskare använder sig av samma metoder under samma miljö.

## 4 Resultat

---

*I följande avsnitt kommer vi att redogöra för vilka värden dagens tillverkningsprocess med manuella och robotiserade stationer ser ut, alltså kommer vi i följande avsnitt redovisa erhållna resultat för svetslängd, svetsgodsvikt, svetstid, bågtidsfaktor, bågtid, insvetstal, typ av svets och slutligen kommer vi också visa kostnadskalkylen som visar alla kostnader dagens produktion kommer med*

---

### 4.1 Grundläggande produktionssteg

Dagens tillverkningsprocess med manuella och robotiserade stationer för tillverkning av Volvo CE dumpern med modellnamnet A40 är uppdelad i tre systematiska steg. Första steget kallas ”häftning” och här sätter man upp det specifika delarna som består av ett antal metalldelar skurna med laserskärning i Volvo CE egen fabrik till former som exakt är gjorda för de delarna vi arbetar med.

Vid häftnings fasen tar svetsaren sin svetsstation till hjälp där han på redan eksisterande former precis som klossar lägger det laserskurna bitarna på plats för att till slut bilda formen för den sökta delen som kommer användas i Volvo CE dumper A40. De laser skurna bitarna häftas sedan manuellt med några enstaka svetspunkter för att objektet skall hålla ihop och inte brytas ned. Häftningsfasen är i grund och botten en förberedande fas till nästa svets fas som kallas robot fasen.

I robotförflyttas den färdig häftade detaljen till nästa station som ligger precis bredvid och läggs in i en robot cell där hela objektet kommer att svetsas ihop. På Volvo CE försöker man använda så mycket robot svetsning som möjligt för att öka produktiviteten och sänka tillverkningskostnaderna.

Efter robot kommer den tredje och sista svetsningsfasen som man på Volvo CE kallar plundringsfas eller slutfas. I plundringsfasen granskar man svetsen från de två tidigare faserna och åtgärdar eventuella svetsfel som uppstått. Man svetsar även manuellt det områden där roboten i robotfasen inte kan komma åt.

## 4.9 Generella förslag till effektivisering

Med syfte att försöka förstå vilka faktorer som har ett samband med den totala kostnaden utfördes en korrelationsmatris (bilaga 1). Följande matris visar relationen varje faktor har till varandra och till kostnaden. För att kunna göra de effektivaste ändringarna i den totala kostnaden, kommer man att fokusera på de fem faktorerna som har den största relationen till kostnaden.

### 4.9.1 Korrelationer

Den starkaste korrelationen finns mellan den totala kostnaden och den verkliga svetsgodsvikten ( $r=0.996$ ;  $p<0.01$ ). Detta var något som vi förväntat. Följande är den korrelationen med den manuella stumsvetsen ( $r=0.993$ ;  $p<0.01$ ) Detta var ett intressant resultat eftersom det endast handlar om den manuella svetsen, jämfört med den automatiserade svetsen som också har en signifikant korrelation men med mycket mindre värde ( $r=0.899$ ;  $p<0.05$ ). Näst i tur är den teoretiska svetsgodsvikten ( $r=0.990$ ;  $p<0.01$ ), vilket tillsammans med den verkliga svetsgodsvikten var självklara faktorer, eftersom ju mer man svetsar desto högre blir kostnaden. Den positiva korrelation med svetslängden som svetsas i robot kommer sedan ( $r=0.985$ ;  $p<0.05$ ). Denna korrelation bör inte tolkas som att robotsvetsning är ett dyrare alternativ, utan ju mer svetsvikt det finns desto mer svetsvikt robotsvetsas. Man försöker då att robotsvetsen skall ligga ungefär på 80 % av den totala svetsen. Följande är antal svetsar ( $r=0.981$ ;  $p<0.01$ ) vilket skulle tyda på att ju fler antal svetsar det finns desto högre blir den totala slutsumman.

Kostnad	Max = 1	Significant
V. Svetsgodsvikt	,996	0.01
Stumsvets manuell	,993	0.01
T. Svetsgodsvikt	,990	0.01
Robotsvets längd	,985	0.01
Antal svetsar	,981	0.01
Svetslängd	,977	0.01
KälSvetsR	,975	0.01

Kostnad	Max = 1	Significant
Kälsvets	,996	0.01
StumSvets	,993	0.01
ObjektVitk	,990	0.01
StumSvetsR	,985	0.01
KälSvetsM	,981	0.01
MedelLängd	,977	0.01
ProcentRobotSvets	,975	0.01

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

*Tabell 4.25 Visar korrelationen av de olika faktorerna med den totala kostnaden*

Nedan visas de olika generella förbättringsförslag för varje faktor.

#### **Verklig Svetsgodsvikt:**

- Undvik all manuell svetsning, särskilt käl svetsning, eftersom det skapar överprocessning.
- Förbättring av svetsningsprogram för robot, detta för att undvika onödiga lagningar.
- Minska den teoretiska svetsgodsvikten, då det finns ett antal svetsar som inte bidrar till hållfastheten eller användbarhet.
- Standarinsering utav häftningsprocess, då vissa svetsare väljer att svetsa på olika ställe där det inte bör finnas någon svets enligt ritningen eller häftningsanvisningarna.

**Stumsvets manuell:**

- Skapa förutsättningar för att kunna förflytta den manuella stumsvetsningen till automatiserad svetsning.
- Överväg om arean av varje stumsvets är nödvändig för konstruktionen.

**Teoretisk Svetsgodsvikt:**

- Undvik större a-mått och i-mått på ritningarna.

**Robotsvetslängd:**

- Minska söktiden för robotprogram.
- Robotsvetsa så mycket som möjligt.
- Förbättring utav robotprogram.

**Antal svetsar:**

- Undvik små detaljer i konstruktionen, eftersom de skapar onödiga svetspunkter.

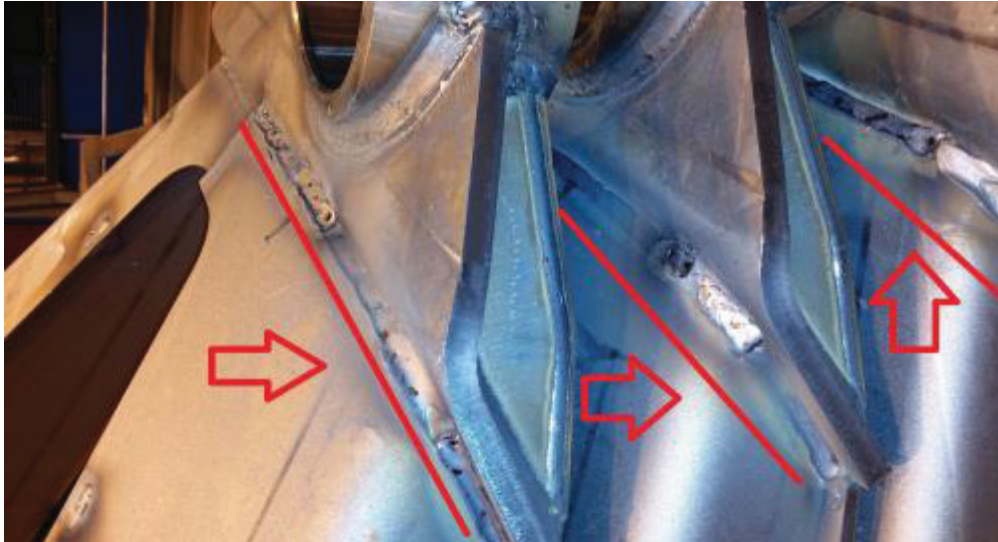
#### ***4.10 Konkrete Förbättringsförslag till effektivisering av tillverkningsprocessen***

Efter kartläggningen av tillverkningsprocessen och under arbetets gång har vi letat efter förbättringsförslag för att effektivisera tillverkningsprocessen. Med förbättringsförslag syftar vi på moment i tillverkningsprocessen som idag utförs på ett sätt som kan förbättras utan att påverka kvaliteten på dagens svetsstrukturer samtidigt som man sänker tillverkningskostnaden.

I följande avsnitt kommer vi visa bilder på svetsar i produktionen som idag inte är optimala och kan effektivisera produktionen.

I dagens tillverkningsprocess svetsas det enligt vår studie mer på vissa platser på objekten än vad det står på ritningen. Som en del av effektiviseringsarbetet för tillverkningsprocessen kommer vi nu att visa de identifierade översvetsningspunkterna som en del av effektiviseringsarbetet.

#### 4.10.1 Översvetsning av Långstag. Svetspunkt 5 på ritningen



*Figur 4.26 visar exempel på svets skillnader på långt stag.*

Under de markerade områdena i figuren över säger ritningarna att man endast ska bottna svetsen, bottna innebär att man endast fyller igen hålet mellan de två delarna som svetsas med syfte att roboten i nästa steg inte bränner igenom svetsen. Men som bilden ovan från produktionen visar är det i princip bara den första av de tre stagen som är rätt svetsad. Svetsningen för objektet i mitten och längst ner har blivit jämnade med kanten och vid nästa steg kommer roboten också lägga sin andel av svetsningen och det kommer resultera till mer svets och kostnader än vad som behövs.

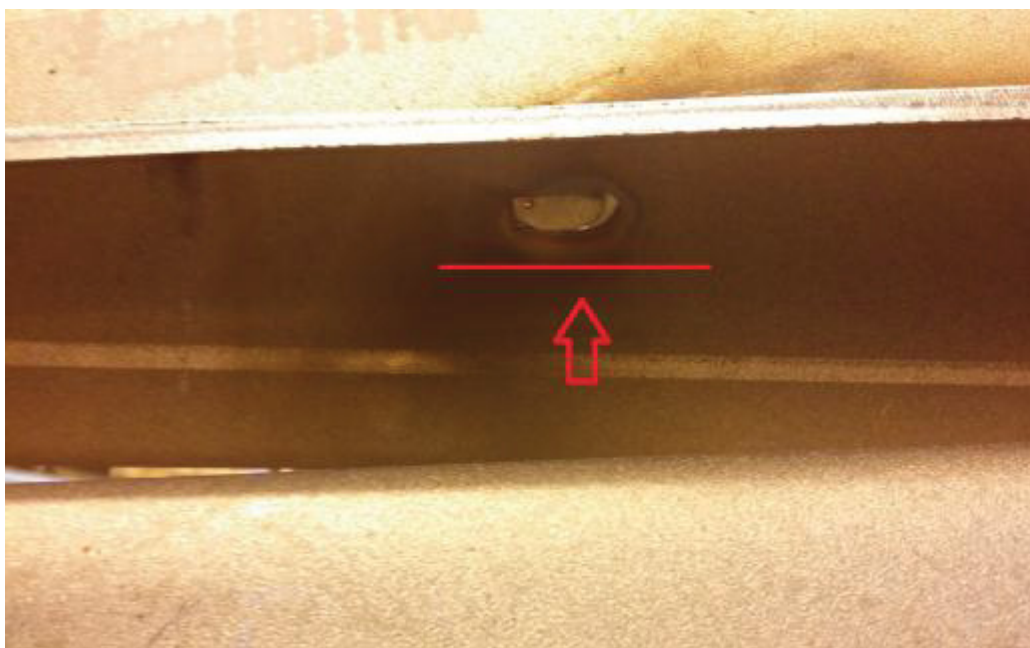
#### 4.10.2 Översvetsning av svetspunkter på långt stag



*Figur 4.27 Översvetsning av häftningspunkter.*

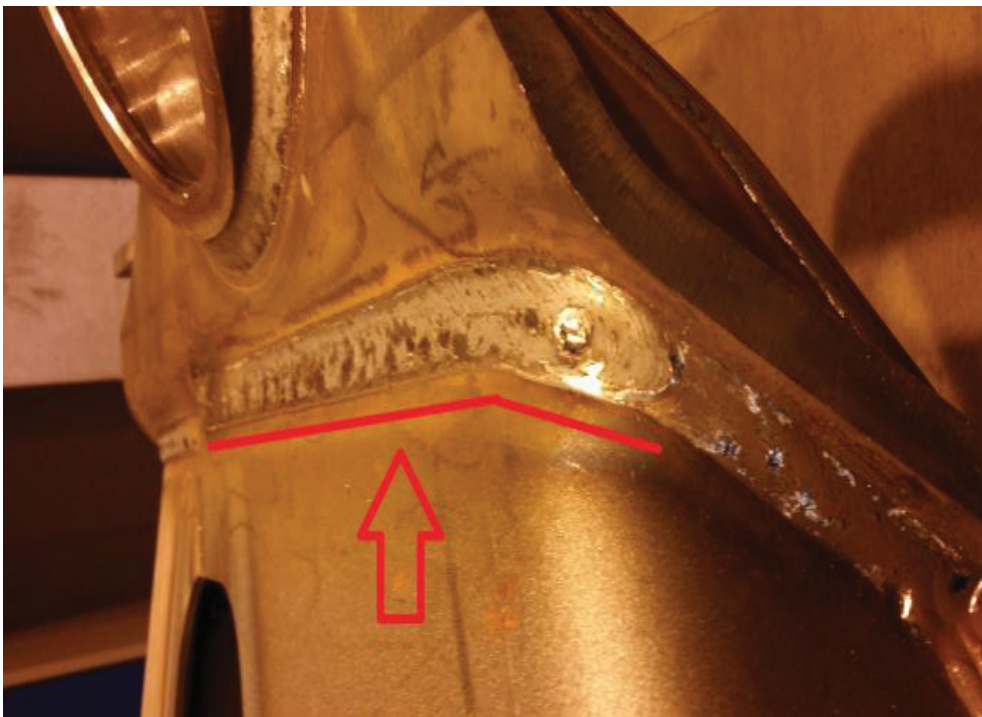
På bilden ovan ser vi hur man idag lägger några av svetspunkterna. Enligt anvisningarna skall man endast svetsa en liten punkt (se bilden på nästa sida) vid de tre markerade häftningspunkterna men tyvärr följs inte instruktionerna och det leder automatiskt till en högre kostnad i längden.

Häftningspunkterna bör egentligen se ut som på bilden nedan:



*Figur 4.28 visar hur stora häftningspunkterna egentligen behöver vara för långt stag.*

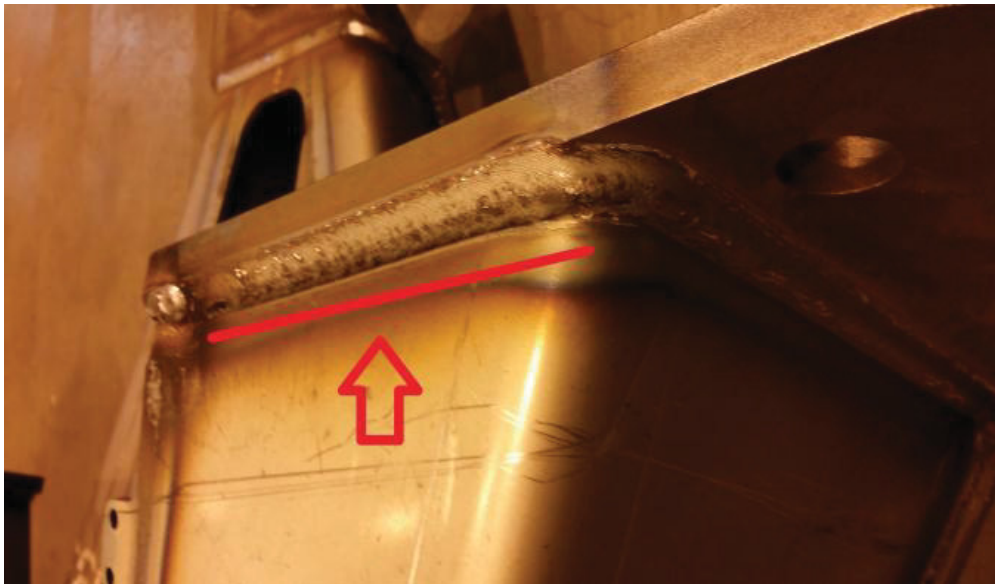
#### 4.10.3 Översvetsning av Kortstag, svetspunkt 6 på ritning



*Figur 4.29 visar förbättringsförslag för Kortstag.*

På bilden ovan ser vi precis samma översvetsning som vi hade för långt stag i svetspunkt 5 i figur 4.26 s.63. Här har man svetsat jämt med kanten istället för att endast bottna svetsen som anvisningarna anger. Det är viktigt i följande svetspunkt att man endast bottnar svetsen då roboten i nästa steg ej kan identifiera översvetsningen och svetsar alltid samma mängd som den är programmerad för.

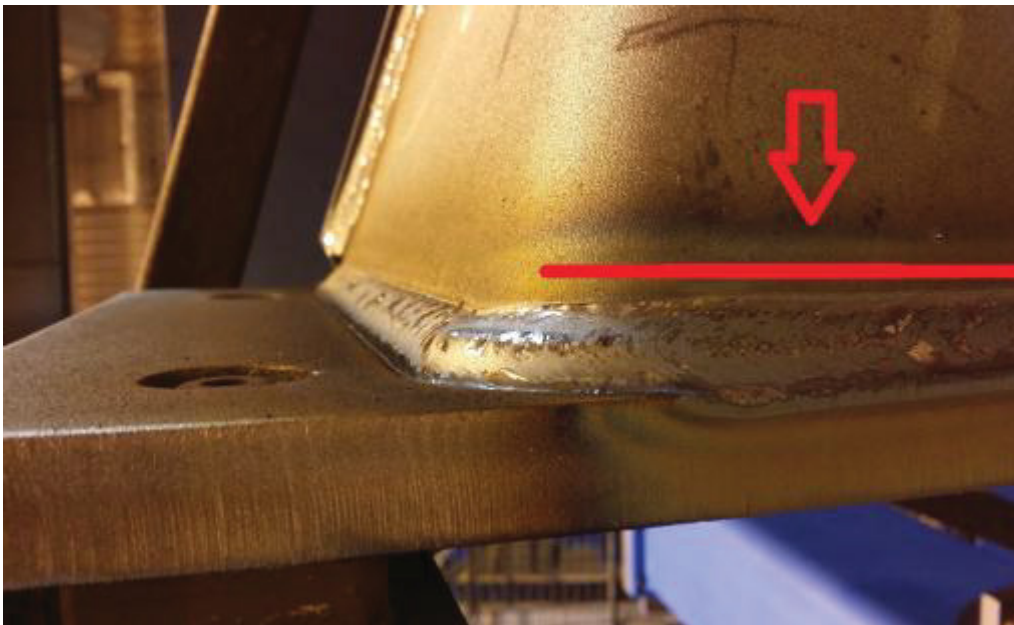
#### 4.10.4 Översvetsning kortstag, svetspunkt 6 på ritning



*Figur 4.30 visar översvetsning på objektet kortstag.*

Bilden ovan är på objektet Kortstag där markerad svets enligt ritning ska svetsas med A-mått 5 men efter slutsvetsen mäter vi denna svets och får A-mått 8. Högst sannolikt ligger felet på häftningsfasen där man häftat ett för tjockt lager. I effektiviseringsarbetet är det viktigt att rätt mängd svetsgods svetsas på häftningsfasen för att slippa översvetsning.

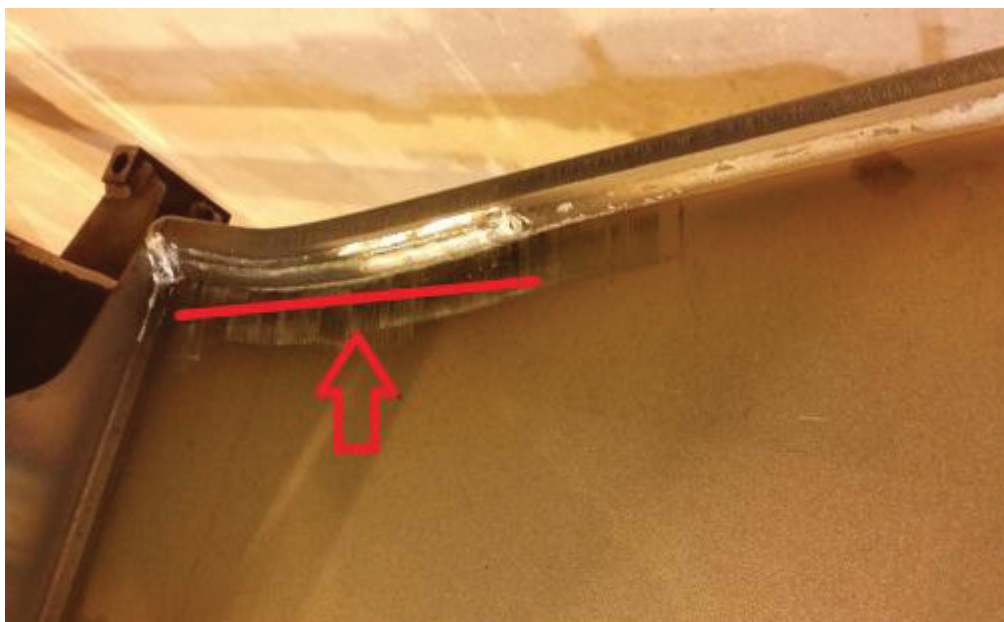
#### 4.10.5 Översvetsning kortstag svets 14 och 15 på ritningen



*Figur 4.31 visar översvets i kort stag*

Enligt svetsritning skall svetsen ha ett A-mått 5 men i verkligheten finner vi A-mått 8. Översvetsning leder endast till ökade kostnader då kravet för svetsen är mycket lägre vilket i längden inte lönar sig.

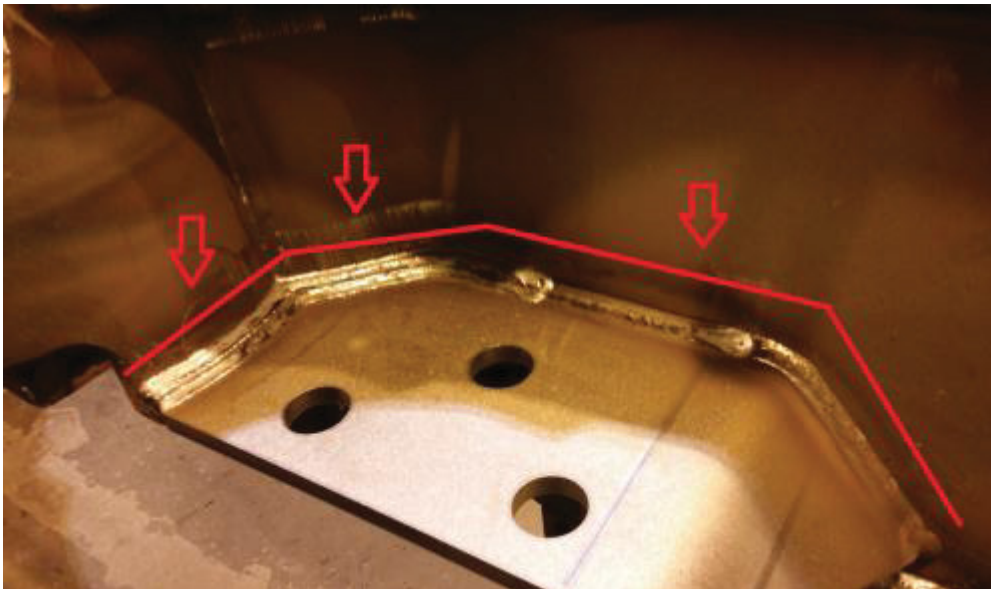
#### 4.10.6 Översvetsning framram, svetspunkt 105 på ritning.



*Figur 4.32 visar översvetsning på framramen.*

Svetsen ovan på framramen med svetspunkt 105 på ritningen skall enligt instruktionerna för framramen ha ett A-mått på 5 men våra mätningar visar här ett A-mått på 8 vilket måste korrigeras för att i framtiden inte drabbas av översvetsning.

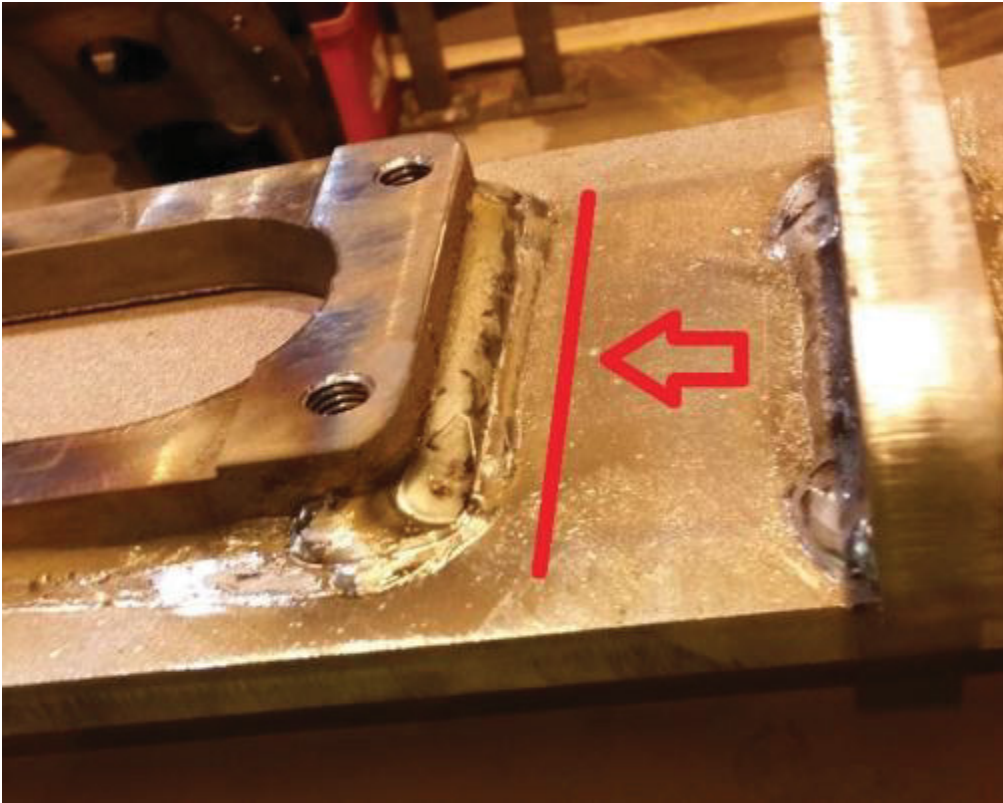
#### 4.10.7 Översvetsning framram, svetspunkt 161,162,163 på ritning.



Figur 4.33 visar översvetsning i framramen.

Vidare i framramen upptäckte vi en översvetsning till som vi kan se på bilden ovan som visar ännu ett tydligt exempel på svetsar med förbättringsförslag. Enligt ritning ska följande svets ha A-mått 5 men våra mätningar visar A-mått 8.

#### 4.10.8 Översvetsning framram svets 133 på ritningen



*Figur 4.34 Visar förbättringsförslag på översvetsning i framramen.*

Ett annat förbättringsförslag till Framramen hittar vi på svets nr 133 på ritningen. Bilden ovan visar ett A-mått 8 där det egentligen ska vara A-mått 5.

## 4.11 Multipel regressionsanalys

En multipel regressionsanalys genomfördes för att analysera datan. Den beroende variabeln som skulle förutsägas är den totala kostnaden medan de andra faktorer ansågs vara oberoende variabler. Modellen som användes var stepwise (bilaga 2), som skapar den tillämpligaste modellen. Efter vi utförs en multipel regressionsanalys på den slutliga modellen får vi att:

$$\text{Kostnad} = -1746,614 + 1307,272 * B1 - 6,161 * B2 - 1,385 * B3 - 7,702 * B4 + 241,322 * B5$$

Coefficients <sup>a</sup>					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-1746,614	,000		-190,222	0,006
Svetsgodsvikten	1307,272	,000	1,831	420,250	0,007
ObjektVikt	-6,161	,000	-,617	-160,904	0,009
StumSvetsR	-1,385	,000	-,232	-96,613	0,011
StumSvets	-7,702	,000	-,053	-23,804	0,042
StumProcentR	241,322	,000	,001	12,623-	0,048

a. Dependent Variable: Kostnad

Som vi tidigare såg på korrelationen är den verkliga svetsgodsvikten den faktorn som påverkar mest den totala svetskostnaden, men den verkliga svetsgodsvikten är en faktor som vi känner till, därmed utför vi en till multipel regressionsanalys, där är den verkliga svetsgodsvikten är den beroende variabeln som ska förutsägas och de andra faktorerna förutom kostnaden är de oberoende variablerna.

Vi får:

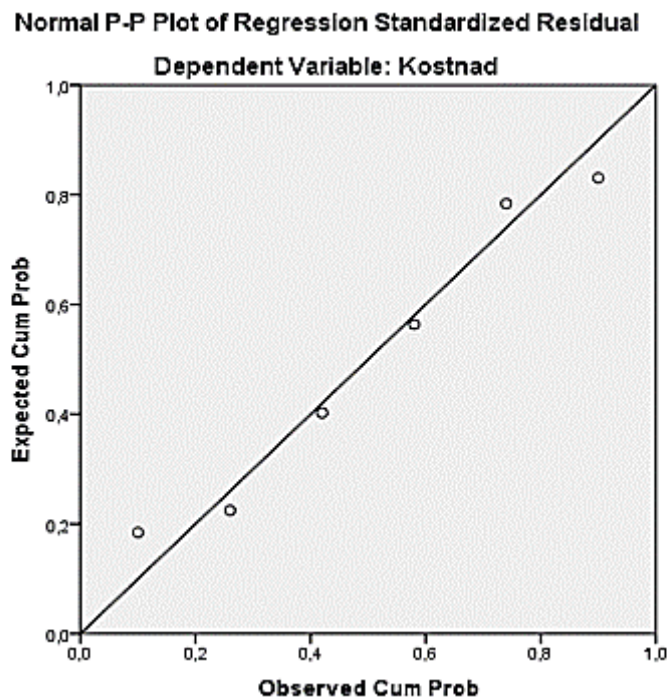
$$\text{Verklig Svetsgodsvikt} = 3,491 + 1,964 * B1 - 4,991 * B2$$

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,710	,793		-,894	,422
	Teoretisk	1,832	,072	,997	25,516	,000
2	(Constant)	3,491	,994		3,513	,039
	Teoretisk	1,964	,042	1,069	46,870	,000
	Medellängd	-4,991	1,114	-,102	-4,482	,021

a. Dependent Variable: Svetsgosvikten

För att få en tydligare bild utav svaret används en "normplot", se Figur 4.34.



Figur 4.35 Visar felmarginalen för förutsägande av totalkostnaden.

Det syns tydligt att komponenter inte följer linjen och har avvikande feltermar. Men överlag följer residuerna en normalfördelning tendens.

## **4.12 Resultat av intervjuerna**

Intervjun utfördes med 10 anställda svetsare och robotprogrammerare som har arbetat på olika stationer vid Volvo CE. Arbetserfarenheten mellan de som blivit intervjuade varierade mellan fem och femton år.

Avvikelsena mellan det riktiga arbetet och ritningen uppstår enligt de intervjuade pga. lagningar i slutsvetsen som inträffar efter robotsvetsen vilket inte är med i ritningarna alls. Detta kan alltså förbättras med hjälp av bättre robotprogram.

Det framkom även att en del av svetsarna inte alltid håller sig till ritningarna och kraven som ställs utan gör som dem själva tycker är bäst.

Vi hänvisades till svetspunkter i ritningen (se sida 64 - 65) som idag enligt dem över svetsas. Följande problem är av den typen som man på kort tid kan ordna under exempelvis ett möte. På andra sidan svetsar dem hellre lite mer än vad som krävs istället för att svetsa lite mindre ur kvalitet synpunkter.

## 5 Slutsats

---

*Följande kapitel kommer att redogöra för de slutsatser man kommit fram till efter att man genomfört studie och granskat resultaten. Vi kommer i följande avsnitt redovisa vad vi kommit fram till för alla frågeställningar och visa verktyget som uppfyller syftet med hela studien.*

---

Huvudsyftet med följande examensarbete var att skapa ett verktyg för att förutsäga produktionspriset för svetsade strukturer för dumpermodellen A-40. Med detta som syfte fick vi från företaget sida fria händer att arbeta med för att i slutändan nå målet.

Första steget för oss kom naturligt. Vi var på en ny arbetsplats med nya arbetsuppgifter. För att förstå företaget och hur de arbetar vad gäller produktionen av dumpermodellen A-40 bestämde vi oss i första hand att utföra observationer kring tillverkningsprocessen. Efter observationerna fick vi en mycket god översyn över hur arbetet fungerar från start till slutsvets. Vid denna utgångspunkt bestämde oss sedan till vår hjälp att bryta ner syftet i tre problemområden.

Första problemområdet var att kartlägga hela tillverkningsprocessen av dumpermodellen A-40 där vi gick igenom varje svets på ritningarna för objekten A-stag, vågbalk, kort och lång stag samt fram och bakram (var god se Excell bilagan för mer info). I följande steg gjorde man en kartläggning över bl.a. A-mått, djupet (i), s-dimensionen (s) och beräknade utifrån detta tvärsnittsarean för varje svets på alla objekten. Man kartlade även antal svetsar på varje objekt, total svetslängd för både manuell- och robotsvets, antal häftningspunkter och häftningslängd och man använde detta för att sedan beräkna svetsgodsvikten för alla objekten (se resultat för mer info). Under kartläggningsprocessen mättes även total svetstrådsförbrukning och man tog reda på bågtidsfaktorn, robotgradlängden och insvetstalet, var god se resultat för exakta siffror.

Efter kartläggningen hade vi mycket bra koll på hela tillverkningsprocessen och nästa problemområde var att identifiera de största kostnadsbovarna och genom detta försöka effektivisera tillverkningsprocessen. Under arbetets gång fann vi att svetsarna arbetade väldigt olika. Alla följde inte instruktionerna och enligt intervjuerna (se bilaga 3 för intervju frågorna) med svetsarna själva påstod dem

att man inte kunde följa ritningarna och anvisningarna rakt av. Detta medförde att den manuella svetsdelen av tillverkningsprocessen skilde sig en aning från svetsare till svetsare. Vid vår trådmatnings mätning upptäckte vi att det kan skilja sig så mycket som 50 m svetstråd för enbart häftningen av A-stag beroende på vem som svetsar. Vi kan därför konstatera att det finns god effektivitetspotential för denna punkt. En annan kostnadsbov man upptäckte är vad vi kallar för "konstruktionsfel" på ritningarna där man på vissa svetsar inte behöver lika mycket svets som ritningarna anger.

Det tredje och sista problemområdet bygger på resultaten från de två tidigare problemområdena. Här använde man regression för att kunna förutsäga produktionspriset av svetsade strukturer. Man använde alltså resultaten av kartläggningen och tog hänsyn till de effektiviseringar som kan utföras och med hjälp av regression skapade man sedan en matematisk formel som hjälper oss att förutsäga priset för svetsade strukturer.

Den matematiska formeln bakade man sedan in i programmet och genom att låta användaren mata in data som svetsvikten från ritningen, objektvikt, antal svetsar, medel svetslängd, andelen manuell käl fog och slutligen behöver man också ange längden robotstums svets för det svetsade objektet man vill förutspå priset av. Bilden nedan visar verktyget och resultatet av detta examensarbete vars syfte blivit uppnådd.

Input	Unit
Ritnings Svetsvikt	kg
Objekt Vikt	kg
Antal Svetsar	st
Medel Svetslängd	m
Kälfog Manuell	%
Stumsvete Robot	m

Buttons: Rensa, Räkna

Output fields: Verklig Svetsgodsvikt, Total Kostnad

Figur 5.1 Bild på det verktyget som förutsäger priset på svetsade strukturer.

## 6 Diskussion

Hela projektet började med en observation av tillverkningsprocessen men vi insåg snabbt att de anställda vid svetsstationerna för objekten vi arbetar med inte kände sig väldigt bekväma. En av de anställda kom fram till oss efter en liten stund och sa:

*”jag har inte gjort ett fel på 7 år men nu när ni står där med penna och papper och antecknar samtidigt som jag jobbar tappar jag focus och man gör fel”* – anonym svetsare

Även då vi introducerade oss väl och beskrev syftet med observationen är detta ett bra exempel som visar hur viktigt det är att man introducerar sig väl för de anställda som svetsar. Som svetsare vid sådana observationer får man uppfattningen att företaget vill sätta in nya robotar eller göra andra ändringar som gör att de anställda med tiden inte kommer behövas mer på företaget vilket leder till att dem känner sig väldigt obekväma. Vi som observatörer har en viktig roll att fullt ut informera de anställda om att vi utför observationer i utbildningssyfte och det är inget som kommer på något sätt påverka dem negativt. Andra observationsmetoder hade också kunnat användas. Exempelvis hade man kunnat spela in de anställda under en viss tid för att se hur allt går till utan att de har någon som står bredvid och antecknar när dem jobbar, men på andra sidan är det en metod som tar både längre tid och mer resurser, man har inte heller möjligheten att ställa frågor vilket är anledningen till att vi gjorde observationen på plats.

Vad gäller första problemområdet i följande examensarbete som lyder:

Utför en kartläggning och visa hur resultaten för nuläget i dagens tillverkningsprocess med manuella och robotiserade stationer ser ut vad gäller kostnader och materialåtgång.

Vi kan konstatera att hela grunden för syftet med arbetet att skapa ett verktyg för att förutsäga produktionskostnaden för svetsade strukturer bygger på resultaten från detta problemområde. Med hjälp av två svetstrådmätare, A-mått och Cad utförde vi kartläggningen genom att analysera varje svets på

ritningarna för objekten A-stag, vågbalk, kort och långt stag samt fram- och bakram. Under hela denna process var vi noga med att avläsa resultaten från svetstrådsrätarna. För att motarbeta felkällor och för att få så valida resultat som möjligt utförde vi tre mätningar för varje objekt och räknade sedan med medelvärdet för varje objekt för att få så bra resultat som möjligt. Totalt sett blev det 18 svetstrådsrätningar för alla objekten men redan efter ca 3 mätningar upptäckte vi att en av svetstrådsrätarna inte fungerade som den skulle då man seriekopplade båda svetstrådsrätarna och resultatet visade tydligt stora skillnader mellan båda. Svetstrådsrätaren det var fel på visade på tok för litet värde och vi beslöt för att göra om alla de svetstrådsrätningar som blivit mätta med den defekta svetstrådsrätaren.

Efter att alla resultat blivit erhållna kunde vi jämföra de olika objekten med avseende på vad det kostar att svetsa per kg och per meter.

Vi kan konstatera att det dyraste objektet vad gäller kostnad per meter svets och kostnad per kilo svetsgods var framramen. Detta beror dels på att både fram och bakramen innehåller en extra kostnad (ladda / lossa) till skillnad från övriga objekten. En annan faktor är att framramen innehåller flest detaljer som måste svetsas manuellt under slutsvetsen som leder till högre kostnader. Generellt kan man säga ju enklare konstruktion objektet har desto lägre blir kostnaden med tanke på att möjligheten för större andel robotsvets ökar.

Kostnaden per meter för varje objekt återspeglar sig i andelen robotsvets och manuell svetsning. Ju större andel robotsvets ett objekt har desto billigare blir det att tillverka med ett undantag för A-staget vilket har högst bågtidsfaktor för både manuell och robotsvetsning, vilket gör A-stagets konstruktion effektivast bland alla objekten i studien.

Manuell svetsning ökar däremot kostnaderna och det är något Volvo CE hela tiden får arbeta med att minska och istället övergå till robotsvetsning så mycket det är möjligt. Då Volvo CE försöker svetsa uppemot 80 % i robotsvetsning kan man fråga sig hur det kommer att det finns så stora skillnader mellan andelen robotsvets bland objektet (se figur 4.24 s.59) speciellt vad gäller framramen. Det beror dels på att framramen har en komplicerad konstruktion där man har många detaljer som måste svetsas manuellt till skillnad från övriga objekt, lagningar och svetsklasser påverkar både framramen och de olika objekten till en viss grad.

Enligt analysen på figur 4.22 s.58 kan vi se att ju mer kälsvets per meter ett objekt har desto mindre blir kostnaden och ju mer stumsvets ett objekt har desto högre kostnad medför det (undantag för A-stag). Även då konstruktionen inte kan förändras kan detta effektiviseras genom att robotsvetsa mer stumsvets även då det inte finns stor skillnad mellan robot och manuell stumsvets vad gäller överprocessning. Vilket utgör 3 % respektive 6 % ”överprocessning”. Tidsskillnaden är väldigt stor mellan dessa två. Man kan även undvika överprocessning för käl svets som utgör 5 % i robot jämfört med 42 % för manuell kälsvets. Detta genom att förflytta den manuella kälsvetsen till robotsvetsning.

Efter första problemområdet har vi en god grund att stå på för det andra problemområdet som lyder:

Vad som mest driver tillverkningskostnaden på dagens produkter och vad man kan göra för att minska dessa?

Efter kartläggningen av hela tillverkningsprocessen och intervjun med de anställda svetsarna kan vi konstatera att resultaten för att hitta kostnadsbovarna i tillverkningsystemet är säkra och valida. Vid intervjun som gjordes med 10 svetsare där 8 av alla de intervjuade ville vara anonyma var de flesta nöjda över sin arbetssituation. Intervjun syftade till att hitta förbättringsförslag och kostnadsbovar men som det ser ut i dagens verksamhet på VCE verkar cheferna och alla mellanled ha god kommunikation. Så fort någon svetsare i produktionen upptäcker något fel eller förbättringsförslag når ordet rätt man för jobbet snabbt och inom kort är det genomfört. (Se bilaga 3 för intervju frågorna).

Det tredje och sista problemområdet som uppfyller syftet med hela arbetet lyder:

Ta fram ett verktyg för att kunna förutsäga och sänka kostnaden på framtida produkter.

Under denna process lyckades vi skapa ett fullt fungerande verktyg för att förutsäga produktionskostnader av svetsade strukturer i Microsoft Excell med hjälp av regression som bygger på resultaten från de två tidigare problemområdena. Utifrån kartläggningen och mätningarna i detta projekt

förutspår verktyget rätt kostnad med en sannolikhet på 90 % enligt regressionen. Vilket är ett resultat vi är nöjda med.

## **6.1 Fortsatta studier**

Med hänsyn till tidsbegränsningarna för detta examensarbete hade vi inte möjligheten att analysera alla komponenter som dumpermodellen A-40 består av för att i slutändan kunna erhålla så bra värden som möjligt till verktyget vi har skapat för att förutse produktionskostnaderna för svetsade strukturer. Till framtida studier föreslår vi därför att man arbetar vidare på de återstående komponenterna, mot ett mål där man i slutändan får fram ett verktyg som bygger på alla komponenter A40-dumpen består av och på så sätt kan skapa ett komplett verktyg som baserar sig på hela dagens tillverkningsprocess.

## 7 Referenser

History of Volvo Construction Equipment. 2012.

<http://www.volvoce.com/constructionequipment/corporate/en-gb/AboutUs/history/history%20track/1832/Pages/featuresandbenefits.aspx>  
[2014-09-13]

[http://www.allabolag.se/5560219338/Volvo\\_Construction\\_Equipment\\_AB](http://www.allabolag.se/5560219338/Volvo_Construction_Equipment_AB)  
[2014-09-13]

History of Volvo Construction Equipment. 2012.

<http://www.volvoce.com/constructionequipment/corporate/en-gb/AboutUs/history/history%20track/1932/Pages/featuresandbenefits.aspx>  
[2014-09-13]

Knutson-Ek, Svetsning samt grundmaterialets beredning, Stockholm : LT, 1976

K. Weman, Svetshandbok, Stockholm: Liber AB, 2010.

Thomas Hällman, Grundläggande svetsning, Stockholm : Liber AB 2013.

Volvo welding standard STD 181 - 0001.

Nils Stenbacka, Svetsekonomi och produktivitet, Stockholm:  
Svetskommissionen 2009

Collins, J., & Hussey, R. (2009). Business Research – a practical guide for undergraduate & postgraduate students (3ed.). Hampshire: Palgrave Macmillan.

Pervez Ghauri, Kjell Gronhaug. 2010. Research Methods in Business Studies (4th ed). Prentice Hall.

Edvard Befring. 1994. Forskningsmetodik och statistik. Studentlitteratur AB.

Knut Halvorsen. 1992. Samhällsvetenskaplig metod. Studentlitteratur AB.

Asbjörn Johannessen & Per Arne Tufte. 2003. Samhällsvetenskaplig metod. Liber AB.

VolvoConstruction Equipment 175 years (2007).

<http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/History/Company/175%20years%2021A1003961-0711.pdf> [2015-01-15]

Martin Svensson (2013). Föreläsning i kursen forskningsmetod och design vid Blekinge Tekniska Högskola.

## Bilaga 1 Korrelation Matris

Correlations															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Kostnad (1)</b>	1	,996*	,977*	-0,155	,955*	0,642	,990*	,985*	,981*	,945*	,914*	,975*	,872*	,993*	,899*
<b>Svetsgosvikten(2)</b>	,996*	1	,992*	-0,179	,977*	0,647	,997*	,996*	,993*	,916*	,947*	,989*	,913*	,980*	,863*
<b>SvetsLängd(3)</b>	,977*	,992*	1	-0,225	,994*	0,675	,995*	,998*	,996*	,870*	,973*	,995*	,956*	,950*	0,811
<b>ProcentRobot Svets(4)</b>	-0,155	-0,179	-0,225	1	-0,18	-0,395	-0,218	-0,17	-0,252	-0,249	-0,159	-0,147	-0,285	-0,173	-0,268
<b>KälSvets(5)</b>	,955*	,977*	,994*	-0,18	1	0,665	,982*	,992*	,984*	,816*	,989*	,994*	,975*	,916*	0,749
<b>Medellängd(6)</b>	0,642	0,647	0,675	-0,395	0,665	1	0,701	0,656	0,634	0,65	0,577	0,645	0,657	0,629	0,664
<b>Teoretisk(7)</b>	,990*	,997*	,995*	-0,218	,982*	0,701	1	,996*	,992*	,911*	,947*	,989*	,926*	,972*	,861*
<b>RobotSvetsLängd(8)</b>	,985*	,996*	,998*	-0,17	,992*	0,656	,996*	1	,994*	,881*	,969*	,997*	,941*	,960*	,821*
<b>svetsningar(9)</b>	,981*	,993*	,996*	-0,252	,984*	0,634	,992*	,994*	1	,887*	,964*	,990*	,941*	,958*	,827*
<b>StumSvets(10)</b>	,945*	,916*	,870*	-0,249	,816*	0,65	,911*	,881*	,887*	1	0,74	,854*	0,698	,973*	,992*

Correlations																
ObjektVikt(11)	,914*	,947*	,973*	-0,159	,989*	0,577	,947*	,969*	,964*	0,74	1	,977*	,984*	,865*	0,658	
KälSvetsR(12)	,975*	,989*	,995*	-0,147	,994*	0,645	,989*	,997*	,990*	,854*	,977*	1	,949*	,941*	0,788	
KälSvetsM(13)	,872*	,913*	,956*	-0,285	,975*	0,657	,926*	,941*	,941*	0,698	,984*	,949*	1	,819*	0,622	
StumSvetsM(14)	,993*	,980*	,950*	-0,173	,916*	0,629	,972*	,960*	,958*	,973*	,865*	,941*	,819*	1	,940*	
StumSvetsR(15)	,899*	,863*	0,811	-0,268	0,749	0,664	,861*	,821*	,827*	,992*	0,658	0,788	0,622	,940*	1	

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

- Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).'

## Bilaga 2 Multiple Regression Analysis (Stepwise)

		Coefficients <sup>a</sup>				
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-964,865	650,420		-1,483	,212
	Svetsgosvikten	710,815	32,932	,996	21,584	,000
2	(Constant)	-1328,760	240,134		-5,533	,012
	Svetsgosvikten	895,078	36,218	1,254	24,714	,000
	ObjektVikt	-2,722	,507	-,273	-5,374	,013
3	(Constant)	-1869,429	76,610		-24,402	,002
	Svetsgosvikten	1298,787	46,084	1,819	28,183	,001
	ObjektVikt	-6,458	,433	-,647	-14,924	,004
	StumSvetsR	-1,463	,165	-,245	-8,863	,012
4	(Constant)	-1695,802	11,423		-148,452	,004
	Svetsgosvikten	1294,122	3,643	1,813	355,241	,002
	ObjektVikt	-6,001	,043	-,601	-140,805	,005
	StumSvetsR	-1,333	,015	-,223	-89,436	,007
	svetsningar	-8,203	,458	-,056	-17,908	,036
5	(Constant)	-1746,614	,000		190,222	,006
	Svetsgosvikten	1307,272	,000	1,831	420,250	,007
	ObjektVikt	-6,161	,000	-,617	160,904	,009
	StumSvetsR	-1,385	,000	-,232	96,613	,011
	svetsningar	-7,702	,000	-,053	23,804	,042
	KälfogProcenM	241,322	,000	,001	12,623	,048

a. Dependent Variable: Kostnad

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,996 <sup>a</sup>	,991	,989	1095,33473850
2	1,000 <sup>b</sup>	,999	,999	387,98591387
3	1,000 <sup>c</sup>	1,000	1,000	74,87619728
4	1,000 <sup>d</sup>	1,000	1,000	5,90383378
5	1,000 <sup>e</sup>	1,000	1,000	2,81113

a. Predictors: (Constant), Svetsgosvikten

b. Predictors: (Constant), Svetsgosvikten, ObjektVikt

c. Predictors: (Constant), Svetsgosvikten, ObjektVikt, StumSvetsR

d. Predictors: (Constant), Svetsgosvikten, ObjektVikt, StumSvetsR, svetsningar

e. Predictors: (Constant), Svetsgosvikten, ObjektVikt, StumSvetsR, svetsningar, KälfogProcenM

### **Bilaga 3 Intervju frågor**

- Vad heter du och hur länge har du arbetat här?
- Kan du berätta om dina arbetsuppgifter?
- Finns det något i ditt arbete som du tycker borde förbättras?
- Kan du berätta hur avvikelserna mellan ritningarna och det verkliga arbetet uppstår?
- Vad tycker du borde förändras för att avvikelserna ska minskas?



---

Institutionen för Maskinteknik  
Blekinge Tekniska Högskola, Campus Gräsvik  
371 79 Karlskrona