



**EKONOMI  
HÖGSKOLAN**  
Lunds universitet

2007

Löpnr.  
Våren

## Produktionsanalys och layoututformning åt EWP Windtower Production

-

*En paradigmbrytande komparativ studie ur ett holistiskt  
perspektiv för att tänja på gränserna vid nybyggnation av  
vindkrafttornsfabriker*

**Författare:**  
Konrad Ekenberg

## Sammanfattning

**Titel:** Produktionsanalys och layoututformning åt EWP Windtower Production-  
*En paradigmbrytande komparativ studie ur ett holistiskt perspektiv för att tänja på gränserna vid nybyggnation av vindkrafttornsfabriker*

**Författare:** Konrad Ekenberg

**Handledare (EWP):** Produktionskoordinator Mahyar Mansoori

**Handledare (EC):** Lektor Christer Kedström

**Nyckelord:** EWP, Lean production, Paradigmskifte, Processanalys, Vindkraft

**Syfte:** Rapportens syfte är att ta fram ett förslag till en ny fabrik för tornstillverkning som tar hänsyn till dagens krav på resurssnålhet. Samtidigt som anläggningen har möjlighet till snabb förändring vid skiftande vindkraftstornsutbud. Bisyftet är att ge förslag på förändringar som redan i dagsläget går att implementera hos EWP samt hur dessa bör genomföras både nu och i den nya fabriken.

**Metod:** Rapporten bygger på flertalet kvalitativa komparativa fallstudier. Primärdata har framförallt samlats in genom observationer i EWP:s produktion samt vid de besökta fabrikerna i Danmark och Tyskland. Ansatsen för uppsatsen har varit abduktiv där empiri har varvats med teori för att hålla ett öppet sinne under hela studien men framförallt i dess begynnelse skede. Rapporten börjar väldigt deskriptivt men avslutas starkt normativt.

**Teoretiska perspektiv:** Huvudfilosofin för rapporten är Lean produktion (resurssnålproduktion) inom Lean filosofin görs djupdykningar i Poka Yoke och SMED som är två metoder för att felsäkra och för att göra sälltidsreduktioner systematiskt. Även beskrivs teori angående processanalys, ett systematiskt verktyg för att analysera processer. Vidare beskrivs kortfattat tillverkningslayouter, flödesgrupper, inlärningskurvan, incitamentsteori samt paradigmskifte. Slutligen beskrivs tillverkningsmetoder som nyttjas samt kan tänkas nyttjas.

**Empiri:** Empiri består utav en noggrann flödesanalys av EWP:s produktion. Vidare består empirin av fyra studiebesök som gjort på en dansk vindkraftfabrik DS-SM på södra Jylland, tre tyska fabriker, SAM Magdeburg, SIAG Finsterwalde samt SIAG Leipzig. Detta för att få ytterligare inblick i alternativa lösningar.

**Resultat:** Rapportens resultat utmynnar så som utlovats i syftet, i en fabrikslayout. Vid en genomgående processanalys framkommer att ledtiden för en sektion i den föreslagna fabriken endast är fem dagar jämfört med dagens fyra veckor. Likaså framkommer det att det endast krävs 550m<sup>2</sup>hallyta/sektion och vecka, exklusive förråd och färdigvarulager om produktionskapacitet ligger på 39 sektioner/vecka

om fabriken maximeras till 88 sektioner/vecka blir resultatet 250 550m<sup>2</sup>hallyta/sektion. Vidare har fabriken stor förbättringspotential då det skönjs stora möjligheter att ytterligare bryta ner cykeltiderna så att det skall gå att rulla ut en sektion varannan timme. Slutligen visar rapporten på att det endast krävs 7,3 personer/sektion och vecka jämfört 9,4 personer/sektion och vecka idag.

Produktionslayouten är flödesorienterad och kommer att kräva stora förändringar, för att anpassa nuvarande produktion. EWP kommer att ställas inför ett smärre paradigmskifte, skiftet kan skönjas redan nu men kommer att ställas på sin spets vid implementeringen av föreslagna idéer.

## Abstract

**Title:** Production analysis of capacity and design of production layout for EWP Windtower production – *A paradigm changing comparative study from a holistic perspective to stretch the limitations whit in building new windtower factories.*

**Authors:** Konrad Ekenberg

**Advisors: (EWP):** Coordinator of production Mahyar Mansoori

**Advisors: (EC):** Lektor Christer Kedström

**Key words:** EWP, Lean production, Paradigm change, Process analyses, Wind power

**Purpose:** The purpose of the report is to present a suggestion of a new type of factory for windtower production, which takes in consideration the needs of lean production and at the same time open up for opportunities for fast changes in manufacturing. The sub purpose with the study is to present alternatives for changes that already can be implemented at EWP and how these should be done, both now and later in the new factory.

**Methodology:** The report is built on many qualitative and comparative cases. The primary data has been collected from observations in EWP:s production and from factories in both Denmark and Germany. The approach for the report has been adductive, where empiric and theory have been mixed together during the study, mostly in the beginning. The report starts very descriptive but finish very normative.

**Theoretical perspectives:** The main philosophy of the report is lean production. In the scope of lean production Poka Yoke and SMED are being used. Also theories concerning process analyze a tool for systematic analyses of processes. Further short layouts of production, learning curve, incitement theory and shifting paradigm are presented. At the end are presented some production methods that are used and can be used for windtower production.

**Empirical foundation:** The empiric consist of an accurate analyses of flows of EWP:s production. Further the empiric consists of four visits in windtower factories DS-SM on the south of Jylland, three factories in Germany, SAM Magdeburg, SIAG Finsterwalde and SIAG Leipzig. The purpose with the studies where to get a deeper insight in different solutions.

**Conclusions:** The result of the report gives what it has promised, a layout of a factory. Through a solid process analyze it reveals that the led time for one section are only at most five days, comparing with today's four weeks. Likewise

the report reveals that it only takes 550 m<sup>2</sup> of hall area/section and week, excluding the storage and warehouse if the production capacity has been maximized (39sektions/week). And with full capacity of 88sektions/week the hall area/section and week would be 250 m<sup>2</sup>. Further more the factory have great expansion potentials, it seem to be good opportunities for further down seizing of the led times so it will be possible to pull out a new section every second hour. Finally the analyses show that its only needs 7,3 person/section and week instead of today's 9,4 person/section and week.

The layout of the production is flow oriented and will demand great changes of EWP to be adopted. EWP will confront a smaller shift of paradigm, it can be discern already now but it will be put on the edge when implementing the thoughts from this report.

## **Förord**

Denna rapport har tillkommit i kursen kandidatuppsats, FEK 582, vid institutionen för Företagsekonomi vid Lunds Universitet. Rapporten har även legat för till grund för ett examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola som skrivits av mig Konrad Ekenberg och Anders Olsson. Fallföretaget som rapporten grundar sig på är EWP Windtower Production i Malmö, ett dotterbolag till vindkrafttillverkaren ENERCON.

Genomförandet av rapporten har gett stora erfarenheter som vi kan ta med oss i vårt vidare yrkesliv. Den starka symbios av praktiska och teoretiska inslag som examensarbetet har bjudit på har varit mycket lärorikt. Möjligheten att ha fått se problematiken från olika perspektiv, tror vi har vidgat vår syn för ett mer holistiskt angreppssätt för framtida utmaningar.

Momenten som legat till grund för framtagandet av arbetet, det vill säga: flertal studiebesök och intervjuer, teoribehandlingen, simuleringsuppbyggnad och i huvudsak analysarbetet, har samtliga upplevts som mycket givande och i flera av fallen mycket intellektuellt utmanande.

Under arbetets gång har vi konsulterat och intervjuat många personer både inom EWP och utanför. Vi vill härmed tacka alla er som ställt upp med värdefull information och synpunkter under arbetets gång. Några personer har varit mer framträdande än andra och därför vill vi framföra ett extra stort tack till vår handledare på EWP Mahyar Mansoori samt vår handledare vid Företagsekonomiska Institutionen vid Lunds Universitet, lektor Christer Kedström

---

*Konrad Ekenberg*

*Lund 2007-05-31*

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>12</b>
1.1	Positionering och aktualisering	12
1.2	Problemdiskussion	13
1.3	Problemformulering	15
1.4	Produktionsvision år 2013	16
1.5	Fokus	17
1.6	Syfte och målsättning	17
1.7	Målgrupp	18
1.8	Disposition	18
<b>2</b>	<b>Metod</b>	<b>20</b>
2.1	Utredningsansats	20
2.2	Kvalitativ studie	20
2.3	Datainsamling - Typ & tillvägagångssätt	21
2.4	Teoridiskussion	22
2.5	Simulering – Vad, hur & varför?	23
2.6	Källkritik	24
2.7	Studiens trovärdighet	26
<b>3</b>	<b>Teoretisk referensram</b>	<b>29</b>
3.1	Lean production	29
3.2	Processanalys - Slöserireduktion i flöden	34
3.3	Poka Yoke - Felsäkring	36
3.4	S.M.E.D. - Stålltidsreducering	37
3.5	Kortfattad teori för arbete mot nya mål	40
3.6	Den teoretiska referensramen i ett större perspektiv	45
<b>4</b>	<b>Empiri</b>	<b>47</b>
4.1	Presentation av uppdragsgivaren EWP	47
4.2	Nuvarande produkter	47
4.3	EWP:s nuvarande produktionsflöden	49
4.4	Produktionsjämförelser	66
4.5	Summering av alternativa tillverkningsmetoder	89
<b>5</b>	<b>Analys</b>	<b>91</b>
5.1	Analysmodell	91
5.2	Analys av tillverkningsprocesser ur ett resurssnålt perspektiv	94
5.3	Processanalys	123
5.4	Analys av tillverkningslayout	127
5.5	Skiss på förslag till ny fabrik	128
5.6	Möjligheter för utökning av produktionen	132
5.7	Investeringar i den nya fabriken	132
5.8	Styrkor, Svagheter, Möjligheter och Hot för den nya fabriken	133
5.9	Tidig implementering	134
5.10	Paradigmskifte	135
5.11	Holism för ökad kvalitet och ökad arbetsglädje	136
<b>6</b>	<b>Slutsatser och avslutande diskussion</b>	<b>139</b>
6.1	Slutsatser	139

6.2	Förslag till vidare studier	143
<b>7</b>	<b>Källförteckning</b>	<b>145</b>
7.1	Publicerade Källor	145
7.2	Elektroniska källor	146
7.3	Muntliga källor	148
7.4	Studerade Fallföretag	148
<b>Bilaga A – Tillverkningsmetoder</b>		<b>I</b>
<b>1</b>	<b>Tillverkningsmetoder</b>	<b>I</b>
1.1	Automatiserad Blästring	I
1.2	Skärandebearbetning	I
1.3	Gasskärning	I
1.4	Plasmaskärning	II
1.5	Metal Active Gas	II
1.6	Manuell Metal Arc	III
1.7	Pulverbågssvetsning	III
1.8	Svetstraktor	III
1.9	Svetskran	IV
1.10	Kolbågning	IV
1.11	Lyftanordningar – Traverskran & Bockkran	V
1.12	Traverskran	V
1.13	Portalkran	VI
1.14	Övrig relevant tekniks utrustning för vindkraftornstillverkning	VIII
1.15	Rullbock	VIII
1.16	Fit up bock	IX
1.17	Flänsfräs	IX
1.18	Järnvägsräls	IX
1.19	Plattjärn	X
1.20	Plåtar	X
<b>Bilaga B - Logistikbegrepp</b>		<b>XI</b>
<b>Bilaga C– Stationernas bredd, längd &amp; höjd</b>		<b>XII</b>
<b>Bilaga D– Generella prisuppgifter</b>		<b>XIV</b>
<b>Bilaga E – 3D-bilder på fabrikslayouten</b>		<b>XV</b>
<b>Bilaga F – Intervju &amp; Observationsguide</b>		<b>XXII</b>



## Figurförteckning

Figur 1 Medelkostnad för en kWh vindkraftgenererad el 1982-2002 .....	13
Figur 2 Genererad el av vindkraft i världen 1980-205 .....	14
Figur 3 Japanska sjön.....	32
Figur 4 ABC-analys .....	33
Figur 5 Exempel på processanalys.....	36
Figur 6 Exempel på en felsäkrad design .....	37
Figur 7 Schematisk figur över de åtta stegen för en lycka ställtidsreducering .....	40
Figur 8 Flödesorienterad layout .....	42
Figur 9 Inlärningskurva .....	44
Figur 10 Schematisk figur över de genomgående teoriernas sammanhang till uppsatsen i helhet. ....	46
Figur 11 Svep → Sektion → Torn.....	48
Figur 12 EWP:s nuvarande produktionsflöde.....	50
Figur 13 EWP:s nuvarande produktionslayout.....	51
Figur 14 EWP:s stående bläster. Blästern syns längst bak, medan ena rullbordet syns uppfällt till höger.....	53
Figur 15 "Bananformad" plåt.....	54
Figur 16 EWP:s plasmaskärare.....	55
Figur 17 Fogberedningsmaskin vid EWP.....	56
Figur 18 Valsning av plåt till svep.....	58
Figur 19 Långskarvsvetsning utvändigt och invändigt .....	59
Figur 20 I bildens mitt står EWP:S bocksläp. Till höger står sektioner på bokar redo att bli transporterade till slutmonteringen.....	62
Figur 21 "Giraff" monterad på en sektion.....	65
Figur 22 Karusell vid långskarvsvetsning.....	70
Figur 23 Sektionssammansättningsapparat vid DS-SM.....	71
Figur 24 I hophäftning av sektioner vid SAM Magdeburg.....	72
Figur 25 SAM Magdeburgs egenhändigt konstruerad svetskran med en 30 meter lång fast arm med tre pulverbågssvetsaggregat. ....	74
Figur 26 SAM Magdeburgs egenhändigt konstruerad svetskran med en 30 meter lång fast arm med tre pulverbågssvetsaggregat. ....	74
Figur 27 Kameraövervakad pulverbågssvetsning vid DS-SM.....	76

Figur 28 Bandslip för invändig slipning av E-82.....	77
Figur 29 Bandslip för utvändig slipning av E-82.....	78
Figur 30 Frästrustning för planing av fläns .....	79
Figur 31 Rörfixtur.....	81
Figur 32”Giraff” och värmeavskärmningssystem.....	82
Figur 33 Deformation av flänsens insida .....	82
Figur 34 En sektion fastspänd i en fixtur som där på är monterad på en giraffliknande hållare för att kunna rotera sektionen vid målning.....	83
Figur 35 Fixtur på vid utomhuslagring vid fabriken SIAG Leipzig .....	84
Figur 36 Väggeställning för färdigmonterade stegar och kabelstegar .....	85
Figur 37 Stege och kabelstege införd i sektion på E-82 .....	85
Figur 38 Bockkranar vid fabriken i Leipzig .....	86
Figur 39 Bandvagn för utomhustransport av tornsektioner.....	87
Figur 40 Bandvagn lastad med sektion till E-82.....	87
Figur 41 Truckar för hantering av tornsektioner vid DS-SM .....	88
Figur 42 Vid förvaring av tornen använde SIAG Finsterwalde sig av trekantiga fötter som stöd.....	89
Figur 43 Övergripande processanalysmodell.....	92
Figur 44 Förslag till fabrikslayout (90 gradig kaj) till EWP:s ny fabrik.....	93
Figur 45 Föreslagen skiss över Hall 1 .....	94
Figur 46 Föreslagen skiss över Hall 2 & Hall 3(blästring målning).....	104
Figur 47 Skiss över hur svetskranen roterar mellan två linor.....	107
Figur 48 Föreslagen skiss över Hall 3 .....	114
Figur 49 Förskjutning av svetslinorna för att möjliggöra sveppåsättning samtidigt som en annan sektion förflyttas .....	118
Figur 50 Schematisk skiss på en dubbelboggiupphängning .....	121
Figur 51 Schematisk skiss på tornet hänger i en blästrings eller målningshall.....	121
Figur 52 Schematisk skiss på en enkel boggiupphängning.....	122
Figur 53 Förslag till flödesschema för EWP:s ny fabrik (röd pil symboliserar omvalsning).....	129
Figur 54 Förslag till fabrikslayout (90 gradig kaj) till EWP:s ny fabrik.....	130
Figur 55 Förslag till fabrikslayout (180 gradig kaj) till EWP:s ny fabrik.....	131
Figur 56 Svetstraktor .....	IV
Figur 57 Dörrkarmsvets .....	IV
Figur 58 Traverskran .....	VI

Figur 59 Bockkran .....	VII
Figur 60 Kombinerad travers och portalkran .....	VIII
Figur 61 Rullbockar av självjusterande typ .....	IX
<i>Figur 62 Översiktlig fabrikslayout</i> .....	XV
<i>Figur 63 Intransport till plåtförrådet</i> .....	XVI
<i>Figur 64 Närbild plåtförrådet</i> .....	XVI
<i>Figur 65 Bild inuti Hall 1 (Skärning valsning långskarvssvetsning)</i> .....	XVII
<i>Figur 66 Närbild långskarvssvetsning, fundamentstillverkning och dörrkarminsättning</i> .....	XVII
<i>Figur 67 Hall 1</i> .....	XVIII
<i>Figur 68 Hall 2 och Hall 3</i> .....	XVIII
<i>Figur 69 Hall 2 &amp; Hall 3</i> .....	XIX
<i>Figur 70 Hall 1-3</i> .....	XIX
<i>Figur 71 Hall 8</i> .....	XX
<i>Figur 72 Hall 8 samt Utomhuslagring</i> .....	XX
<i>Figur 73 Fabriksbyggnaden sett bakifrån</i> .....	XXI
<i>Figur 74 Fabriksbyggnaden sett framifrån</i> .....	XXI

## **Tabellförteckning**

Tabell 1 Olika sorters incitament .....	44
Tabell 2 Tabell över några av ENERCONS ton typer samt tyngsta plåt och fundament .....	48
Tabell 3 Målningstider för de olika sektionerna för E-70 torn .....	63
Tabell 4 Torkningstider i förhållande till temperatur.....	63
Tabell 5 Sammanställning av de framkomna tillverkningsmetoderna .....	89
Tabell 6 Fördelar och nackdelar med olika häftmetoder .....	105
Tabell 7 Processanalys.....	123
Tabell 8 Sammandrag av de slutsatser som dragits vid varje studerad station .....	139
Tabell 9 Stationsspecifika förslag till vidare studier. ....	144
Tabell 10 Stationernas bredd, längd & höjd .....	XII
Tabell 11 Generella prisuppgifter .....	XIV

## Läsråd

Rapporten kan synas vara tämligen lång och väldigt formellt skriven. Detta är i och för sig vår mening dock ämnar vi ge läsråd för er som inte har den tid som krävs för att tillgodogöra sig hela rapportens gedigna innehåll.

För de läsare som är väl insatta i EWP:s produktion finner vi framförallt den jämförande studien i kapitel 4.4 samt analys och slutsatser i kapitel 5 och 6 vara av störst intresse. Uppstår frågetecken bör de specifika områdena läsas om i empirikapitlets början. Det kan även vara klokt i mån av tid läsa empirin om EWP:s tillverkning för att få en utomstående blick på produktionen.

För utomstående intressenter med mindre kunskap om just EWP:s produktion rekommenderar vi att samtliga empiri, analys och slutsatser läses (Kapitel 4-6).

För läsare med mindre kunskaper både inom tillverkningsmetoder och teorierna som går igenom i kapitel 3 rekommenderas att läsa hela rapporten dock bör de avstå de först kapitlen 1 och 2 vid tidsbrist.

För den riktigt begeistrade läsaren är det givetvis hela rapporten som bör läsas. För att se hur den har byggts upp och varför finns i kapitel 1 och 2.

Det rekommenderas även att samtliga som inte har kunskap om teorin i kapitel 3 läser igenom de delar de inte är familjära med. Anledningen är att analysen tar sin grund både i empirin och i teorin. En kort introduktion till vanliga tillverkningsmetoder och logistiska begrepp finns att läsa i *Bilaga A & C*

# 1 Inledning

---

*I detta kapitel beskrivs bakgrunden till rapporten. Kapitlet börjar med att förklara vikten av rapporten och varför den bör läsas. Därefter presenteras arbetets huvudsakliga problemformulering samt dess subproblem som kommer att ligga som en röd tråd genom rapporten. Vidare presenteras rapportens syfte och målsättning, vilka avgränsningar som gjorts, den tänkta målgruppen samt rapportens disposition.*

---

## 1.1 Positionering och aktualisering

Fenomenet vindkraft har kommit skarpt de senaste fem åren. Nationer och unioner har satt upp klara mål för minskandet av växthusgaser. Där har vindkraften stått som ett givet alternativ att nyttja som en miljövänlig energikälla. Vi har gjort försök att hitta studier och forskning på själva tillverkningen av vindkrafttorn. Sökandet har tyvärr inte gett något resultat. Det verkar inte gå att finna studier inom området, varken via Internet eller via Lunds Universitetsbiblioteks databaser Lovisa och Elin.

Anledningen till att inga studier hittades kan ha flera förklaringar. Tillverkningsfilosofier bör utformas från ”best practise” och då vindkraft i dagsläget bara är i startgroparna har de inte hunnit nå en tillverkningsprocess som går att mäta sig med andra branscher. Vidare är inte tillverkningen av torn något hightech förfarande (än så länge). Däremot kan det frågas varför inga ordentliga studier har gjort då det efter rapportens färdigskrivande visat sig finnas oerhörd förbättringspotential i samtliga studerade fabriker. Ingen av fabrikererna har ett liknande förfarings sätt mer än tillverkningsstegen och även här skiljer det sig i viss mån.

Behovet av en studie och framtagning av ett koncept för framtida vindkraftstornfabriker är stort. Marknaden expanderar kraftigt samtidigt finns inget koncept för hur fabriker bör se ut.

Vissa farhågor ligger dock och oroar för studiens existensberättigande. Vid de initiala efterforskningarna på rådande utbud av vindkrafttorn fann vi att betongtorn användes. Vid diskussion med Peter Overup (produktionskoordinator vid EWP) framkom att betongtorn och ståltorn har i dagsläget en byggkostnad som är ungefär likartad. Motiven till val av betongtorn är framförallt på grund av att frakten av torndelarna underlättas då dess går att dela upp i mindre sektioner än ståltornen.<sup>1</sup> Betongtorn används i dagsläget framförallt till de större torn typerna hos bland annat ENERCON<sup>2</sup> och VESTAS<sup>3</sup>. Det som talar för ståltornen är en snabbare och

---

<sup>1</sup> Peter Overup. Produktionskoordinator. EWP

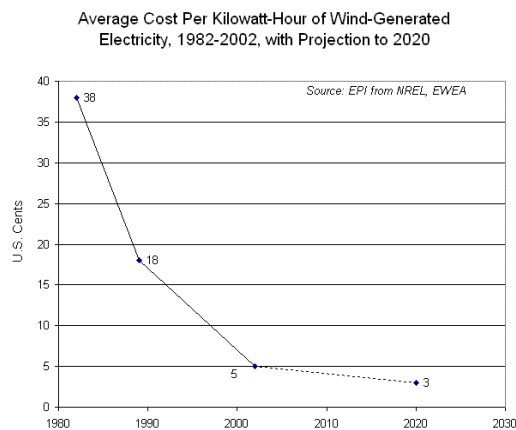
<sup>2</sup> [www.enercon.com](http://www.enercon.com) 2007-02-30

enklare montering vid resningsplatsen, nedmonteringen är betydlig lättare samt kvarstår ett visst restvärde i form av skrot. Även ses ståltornen av en del som mer attraktiva i designen då de inte blir lika grova som betongtornen.<sup>4</sup>

Trots att betongtornen har en potential att konkurrera med ståltornen i framtiden ser vi inte det som ett direkt hot de närmaste åren. Särskilt inte för de mindre torntyper som tillverkas i dagsläget. Vilka troligtvis kommer att kvarhålla viss marknadsandel även i framtiden oberoende av hur de politiska incitamenten ter sig.

## 1.2 Problemdiskussion

Oron för att växthuseffekten breder ut sig blir allt större. Farhågorna för att konsekvenserna blir katastrofala på grund av klimatpåverkningarna som efterföljer är vida utbredd. Samtidigt har oljepriserna skjutit i höjden och priserna för vindkraft har i motsats minskat drastiskt de senaste åren (*se Figur 1*).



Figur 1 Medelkostnad för en kWh vindkraftgenererad el 1982-2002<sup>5</sup>

I denna tid går det mycket bra för företag som kan tillhandahålla miljövänliga energialternativ så som vindkraft (*se Figur 2*).<sup>6</sup>

---

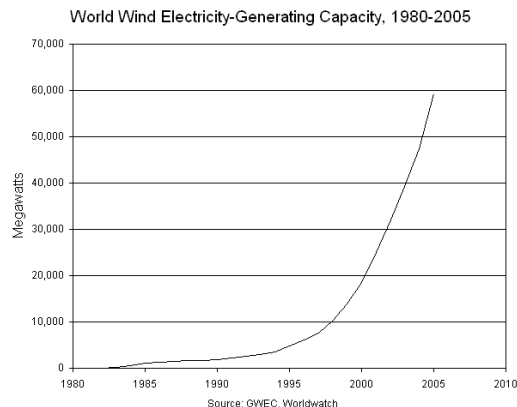
<sup>3</sup> [www.vestas.com](http://www.vestas.com) 2007-02-30

<sup>4</sup> Peter Overup. Produktionskoordinator. EWP

<sup>5</sup> [http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update52\\_data.htm#graph1](http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update52_data.htm#graph1) 2007-05-20

<sup>6</sup> <http://www.aftonbladet.se/vss/klimathotet/story/0,2789,1018586,00.html> 2007-04-17

---



Figur 2 Genererad el av vindkraft i världen 1980-2005<sup>7</sup>

Sverige har sedan 2006 haft uttalade mål om att 2016 ha 17 TWh förnyelsebar energi varav 10 TWh skall vara vindkraft.<sup>8</sup> Den 14:e mars 2007 röstade EU igenom ett miljömål som säger att 20 procent av energitillförseln inom EU ska vara förnyelsebar år 2020.<sup>9</sup>

Dessa politiska incitament har lett till ökat intresse och satsningar inom vindkraftbranschen där utvecklingen gått snabbt de senaste åren (*se Figur 2*). Ständigt konstrueras nya vindkraftverk som har både högre effekt och är effektivare än tidigare. Vindkraftverkens utvecklingspotential är stor och vart det kommer att leda till om 10 till 20 år, är svårt att säga.

Den ökade efterfrågan har kommit ganska fort de senaste åren för företagen i vindkraftsbranschen. Det har fått till följd att vindkraftstillverkarna inte har den efterfrågade kapaciteten för att tillgodose marknadens behov. Deras orderböcker är fullbokade flera år framåt. ENERCON är inget undantag i beskrivningen ovan.

I och med den snabba efterfrågeökningen de senaste åren har konsekvenserna blivit att tillverkningssätten av torn har ändrats. Från att tidigare varit enstyckstillverkning/prototypstillverkning, har nu de rådande omständigheterna lett till att det inte är lämpligt längre. Utan ett behov av masstillverkning har växt fram.<sup>10</sup>

Generellt är branschen i början av att seriöst gå över till masstillverkning. Det har till följd att det inte finns att tillgå några studier eller praxis om hur en masstillverkande anläggning för vindkrafttorn kan och bör se ut, så som till

<sup>7</sup> [http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update52\\_data.htm#graph1](http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update52_data.htm#graph1) 2007-05-20

<sup>8</sup> Energiläget 2006 ET 2006:43

<sup>9</sup> [http://ec.europa.eu/sverige/news/topics/environment/news\\_date\\_713\\_sv.htm](http://ec.europa.eu/sverige/news/topics/environment/news_date_713_sv.htm) 2007-04-17

<sup>10</sup> Mahyar Mansoori, Produktionskoordinator. EWP

exempel inom bilindustrin. Vidare finns ingen sammanställning för hur olika vindkrafttornsfabrikanter tillverkar sina torn.

Med anledning av ovannämnda problematik samt att EWP har ett utgående hyreskontrakt 2013 som med största sannolikhet inte kommer att gå att förlänga ser ENERCON och EWP en ypperlig möjlighet att etablera en fabrik som är helt dedikerad och utformad för vindkrafttornstillverkning, vilket EWP:s produktion inte är i dagsläget. Då de som övriga i branschen spår en lysande framtid har de bett oss utveckla en översiktlig skiss och simulering av en fiktiv anläggning av EWP:s produktion i nya lokaler samt med en kapacitetsökning från 18 till 30 sektioner i veckan på tre skift (ett torn består av 3-4 sektioner).

### 1.3 Problemformulering

Efter djupare diskussioner med företaget och våra handledare har vi i samtycke utformat följande huvudproblem:

- Utveckla en översiktlig skiss och simulering av en fiktiv anläggning av EWP:s produktion i nybyggda lokaler samt med en kapacitetsökning från 18 sektioner/veckan till 30 sektioner/vecka på treskift.

För att kunna systematiskt angripa huvudproblem ser vi nedanstående delproblem som en logisk följd. Dessa delproblem skall förutom i arbetsprocessen ge en fast referenspunkt även ge den röda tråden i rapporten.

1. Vad är prognosen för produktfloran 2013-2030?
2. Hur ser deras nuvarande produktion ut?
3. Hur ser konkurrenternas produktion ut?
4. Går det att förbättra och vidareutveckla redan befintliga produktionsalternativ och i så fall hur?
5. Hur bör EWPs nya fabrikslayout se ut?
6. Hur skall EWP implementera rapportens råd?

Delproblem 1 syftar till att klargöra produktfloran under den tid fabriken beräknas vara i drift. Det för att i största mån undvika att låsa den nya fabriken vid dagens produkter, utan handla proaktivt och där med planera för framtida produkter.

Delproblem 2 syftar till att kartlägga hur EWP arbetar idag för att ha en fast referenspunkt att anknyta till.

Delproblem 3 syftar till att öppna upp ögonen för andra aktörers tillverkningsprocedurer.

Delproblem 4 syftar till att kritiskt och rationellt analysera de redan vedertagna metoder för att se om de är perfekta, går att vidareutveckla eller om de rent av måste omarbetas från grunden.



Delproblem 5 syftar till att ge svar på huvudproblemet dvs. Hur skall fabrikslayouten se ut? Innan förslag kan ges måste en processanalys och simulering göras.

Delproblem 6 syftar till att inte bara ge råd på hur tillverkningen bör vara i den nya fabriken utan även ge råd hur dessa förslag skall implementeras i verkligheten.

## 1.4 Produktionsvision år 2013

Efter samtal med vår handledare tillika produktionskoordinator Mansoori på EWP framkom att företaget inte har några prognoser för hur den långsiktiga utvecklingen kommer att se ut. Det konstateras dock att troligtvis kommer större torn att ta mer marknadsandelar samt har ENERCON i nuläget enbart för avsikt att tillverka torn för inlandsdrift. Det får till följd att sektionernas längd inte kommer att överstiga 30 meter i längd då det blir allt för komplicerat att transportera dessa på Europas vägnät.<sup>11</sup>

Enercon tillverkar flertalet olika vindkraftverk. Verken skiljer sig avseende effekt och höjd. Höjden beror på vindförhållande medan effekten kan spela stor roll beroende på bygglov. I dagsläget är det enklare att få bygglov i Sverige för vindkraftverk med en effekt understigande en megawatt. Således spelar politiska faktorer stor roll på vilken typ av verk som kommer att produceras i framtiden.<sup>12</sup>

Generellt kan ses en klar ökning av effekten på vindkraftverken. Följande kan läsas på vindkompaniets hemsida:<sup>13</sup>

*"På tio år har effekten på vindkraftverken tiodubblats från ca 100-150 kW till 1 000-1 500 kW per aggregat. Ett typiskt vindkraftverk som byggs idag har en effekt på mellan 1 000 och 3 000 kW. Det finns prototyper i drift på kommersiella vindkraftverk med effekten 6 000 kW (6 MW) och på ritborden är storlekarna upp mot 10 MW."<sup>14</sup>*

Vid diskussionen med Mansoori framkom även att betongtorn börjar göra viss framfart där endast den översta toppen är av stål.<sup>15</sup>

Hur produktionsfloran i framtiden kommer att se ut är svårt att spå. Anledningarna är många, dels politiska faktorer samt planeringsmässiga faktorer från huvudkontoret på ENERCON. Produktfloran varierar tämligen ofta och många olika torn typer tillverkas samtidigt hos EWP.<sup>16</sup>

---

<sup>11</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>12</sup> Ibid

<sup>13</sup> Ibid

<sup>14</sup> [www.vindkompaniet.se/format/fakta\\_vindkraft.pdf](http://www.vindkompaniet.se/format/fakta_vindkraft.pdf) 2007-05-10

<sup>15</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>16</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

Mycket talar för att ENERCON kommer bli tvungna att ge sig in i de havsbaserade vindkraftverken så småningom. När detta sker är svårt att säga men inom en 20 års period tordes det vara rimligt. Det vill säga att fabriken som byggs 2013 kommer med största sannolikhet kunna ta order på denna typ av torn om resurserna finns. De havsbaserade tornen är avsevärt mycket större än de landsbaserade. Detta medför krav på direkt närhet till hamn, då det inte går att transportera dessa kolossala torn på vägnätet. Dimensionerna på denna typ av torn kommer att skilja sig både i längd och bredd. Sektioner som är åtta meter breda och femtio meter långa är fullt realistiskt.<sup>17</sup>

## 1.5 Fokus

Rapporten kommer enbart att fokusera på torn E-70 (*Vindklass 2, 64 meter*). Detta torn anses vara ett medeltorn enligt företaget.<sup>18</sup> Anledningen är att empiriinsamlingsarbetet hade tagit allt för lång tid samt hade införandet av denna ytterligare datamängd i simuleringsmodellen och processanalysen överskridit tillgänglig tid. Simuleringsmodellen och processanalysen kommer dock att vara fullt möjlig att expandera för att härbärgera ytterligare torn typer. Hänsyn kommer att tas till resterande produktflora samt den spekulativa framtida produktfloran vid dimensionering av lokalerna.

Många faktorer är väldigt öppna där vi varit tvungna att göra kvalificerade gissningar på inrådan av handledare. Dessa är:

- Utvändig V-fog på samtliga svetsar. Fyllningen av svetsmedia sker huvudsakligen från utsidan medan inbränningen sker på insidan. Detta antagande leder till att ordningen på momenten vid tillverkningen går att förutspå.

- EWP:s ”Hall 8” går att flytta till den nya anläggningen. ”Hall 8” har två traverser med en spännvidd på 69 meter och en sammanlagd lyftkapacitet på 500 ton. Att bygga en ny sådan traversbana med tillhörande traverser synes olönsamt jämfört med att flytta den existerande hallen.

- Kajplatsen vid den nya fabrik är antingen 90 grader eller 180 grader samt är den oändligt lång åt samtliga håll. Det får till följd att rapporten enbart lägger fram två skisser på fabrikslayouter. Givetvis går det tämligen enkelt att anpassa lokalerna till andra förhållanden.

## 1.6 Syfte och målsättning

Rapportens syfte är att ta fram ett förslag till en ny fabrik för torn tillverkning som tar hänsyn till dagens krav på resurssnålhet samtidigt som anläggningen har möjlighet till snabb förändring vid skiftande vindkraftstornsutbud.

---

<sup>17</sup> Ibid

<sup>18</sup> Sven Sandberg. Inköp och beredningsansvarig. EWP

Det ovannämnda är det primära syftet. Ett bisyfte med rapporten kommer att bli förslag på förändringar som redan i dagsläget går att implementera i EWP:s produktion. Rapporten kommer även att ge övergripande förslag på hur implementeringen av förändringarna bör realiseras.

## **1.7 Målgrupp**

Rapportens primära målgrupp är ledningsgruppen på EWP. Rapporten är även tänkt att ligga till grund för fortsatt arbete inom berörda område och således är den sekundära målgruppen kommande konsulter. Vidare är det möjligt för konkurrenter att få viss inspiration, dock är där inga företagshemligheter i rapporten.

## **1.8 Disposition**

Rapporten har en normativ, abduktiv ansats, men vi har valt att lägga teoriavsnittet före empiriavsnittet. Då det kommer leda till ökad förståelse av empirin.

Uppsatsen är uppbyggd enligt rådande praxis, med den generella strukturen som översiktligt beskrivs nedan.

### **Kapitel 1 – Inledning**

I det inledande kapitel beskrivs bakgrunden till rapporten, efterföljt av en kort positionering. Därefter presenteras arbetets huvudsakliga problemformulering samt dess subproblem som kommer att ligga som en röd tråd genom rapporten. Vidare presenteras projektarbetets syfte, fokus samt den tänkta målgruppen som rapporten vänder sig till.

### **Kapitel 2 – Metod**

Metodkapitlet har för avsikt att presentera motiveringar till valda ansatser och metoder. Lika så presenteras tillvägagångssätt vid inhämtning och val av primär och sekundärdata. Där efter följer kritik av de källor som använts samt en diskussion om rapportens trovärdighet. Kapitlet avslutas med en diskussion av valet av de för rapporten bärande teorier och filosofier.

### **Kapitel 3 – Teori**

I detta kapitel presenteras den teoretiska referensramen som senare i arbetet kommer att ligga till grund för analys och slutsatser. Teorierna kretsar kring ett tämligen brett spektra. Kapitlet tar upp Lean production, processanalys, kortfattat teori om belöningssystem och inlärningskurvan.

### **Kapitel 4 – Empiri**

Detta kapitel har för avsikt att ge den empiriska information som är avgörande för en bred analys. Först ges en kort presentation av fallföretaget EWP där efter görs en relativt detaljerad beskrivning av deras nuvarande produktion. Efter genomgången fortsätter kapitlet med en komparativ studie av fyra andra vindkrafttornstillverkare som syftar till att ge en bredare bild av alternativa tillverknings sätt av tornstillverkning.

### **Kapitel 5 – Analys**

I detta kapitel sker en omfattande analys som ligger till underlag för de slutsatser som framkommer i kapitel 6. Kapitlet börjar med att analysera varje enskild process, för att därefter göra en fullständig processanalys av de stora processerna. Det leder därefter fram till ett layoutförslag. Layoutförslaget analyseras sedan vidare ur perspektiv som: hur fabriken kan utöka sin produktion tätt följt av en SWOT-analys av fabriken med bland annat de hot och möjligheter som fabriken och i viss mån EWP står inför.

Efter layoutförslaget och SWOT-analysen diskuteras kortfattat hur förslagen kan tänkas implementeras. Bland annat diskuteras paradigmskifte och införande av ett holistiskt tänkande.

### **Kapitel 6 – Slutsatser**

I slutsatserna presenteras först kort resultaten som framkom ur den detaljerade processgenomgången. Därefter följer resultatet från processanalysen och utvidgningsmöjligheter samt vissa organisatoriska aspekter som bör beaktas. Slutligen följer en avslutande diskussion om vad som bör undersökas och utredas vidare.

### **Bilagor**

I bilagorna hittas information om vanliga tillverkningsmetoder och utrustning vid vindkraftverkstillverkning, frekvent förekommande logistikbegrepp samt 3d-bilder över föreslagen fabrik. Även finns en bilaga med ungefärliga utrymmeskrav för maskinerna och tillhörande utrustning samt slutligen en ungefärlig prislista för de vanligaste maskinerna.

## 2 Metod

---

*Nedan presenteras motivering till vald ansats och metoder. Likaså presenteras tillvägagångssätt för insamling och val av primär och sekundärdata. Kapitlet forstskrider med en diskussion av valet av de för rapporten bärande teorier och filosofier. Slutligen förs en diskussion angående källornas trovärdighet samt rapportens pålitlighet baserat på vedertagna kriterier.*

---

### 2.1 Utredningsansats

Det finns två extremtyper av ansatser nämligen den induktiv och deduktiva ansatsen. Den induktiva ansatsen tar sitt ursprung från empirin och därefter försöker skapa mönster och modeller. Den deduktiva ansatsen å andra sidan utgår från teorier och försöker därefter att prejudicera empirin.<sup>19</sup> Ingen av dessa två ansatser anser vi vara lämpliga att använda då de hade låst ramarna för uppsatsen vid ett allt för tidigt stadium. Om den induktiva ansatsen hade valts anser vi oss ha svårt att ställa de korrekta frågorna då inga avgränsningar finns. Samtidigt hade en rent deduktiv ansats nyttjats hade vi inte haft möjlighet att välja lämpliga teorier för att uppnå syftet.

För att kunna ha en öppen syn och möjlighet att påverkas under arbetets gång har en abduktiv ansats använts. Denna ansats innebär att nivåändringar mellan empiri och teori är möjligt.<sup>20</sup> Således har vi först läst in oss översiktligt på vilka teorier och filosofier som är tänkbara tillika har vi studerat företagets tillverkningsprocess för att därefter börja det konkreta arbetet. Efter rapportskrivningens start har denna process skett löpande.

### 2.2 Kvalitativ studie

Studierna som ligger till grund för arbetet är i huvudsakligen kvalitativa. Detta ser vi som nödvändigt då vi från början inte visste exakt vad vi letade efter. Studiens syfte är att ta fram en skiss på en ny fabrik och de subproblem som ligger till grund för att angripa huvudproblemet är mestadels av kvalitativ karaktär då de inte är möjligt att på ett effektivt och resurssnålt sätt komma fram till relevanta svar. Nackdelen med den kvalitativa metoden är tiden som åtgår för intervjuer samt är det svårt att generalisera och dra långtgående slutsatser. Detta anser vi dock inte är något stort problem då studien huvudsakligen skall vara övergripande. Vidare när mer noggrann information behövs, så som vid vissa tidmätningar används triangulering<sup>21</sup> för att säkerställa kvalitén på det inhämtade materialet.

---

<sup>19</sup> Björklund, Paulsson (2003) Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera.

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> Ibid.

Triangulering innebär att flera metoder används för att undersöka samma företeelse.

## 2.3 Datainsamling - Typ & tillvägagångssätt

Data/informationen som insamlats för skapandet av rapporten kan delas in i primärdata och sekundärdata. Primärdata är data som är direkt framtagen för studiens syfte till exempel intervjuer, enkäter och observationer. Sekundärdata å andra sidan är data som har framställts för ett annat syfte, så som årsredovisningar och konferenser.<sup>22</sup>

### 2.3.1 Primärdata

Rapportens primärdata har framförallt insamlats i form av intervjuer och observationer. Intervjuer har förts med flertalet personer både inom EWP och utanför. Intervjuerna har haft olika karaktär från direkt strukturerade intervjuer till ostrukturerade. Dock har framförallt semistrukturerade intervjuer använts.<sup>23</sup> Strukturerade intervjuerna har ofta använts när direkt fakta har krävts och då har intervjun varit informell. Lika så har mesta delen av de semistrukturerade och ostrukturerade intervjuerna varit informella. Dessa har främst avsett att ”sondera terrängen”, för att få en uppfattning hur arbetet går till i produktionen. Denna metod för datainhämtning har känts som mest naturlig för att få en god inblick i processerna utan att vara låst i förväg. Metoden har gett oss initialt ett stort spelrum. Den semistrukturerade intervjun har förts med en i förväg skapad intervjuguide. Guiden har syftat till att vara vägledande men inte ment att följa slaviskt, när intressant information har framkommit har följdfrågor skett.

Alla intervjumallar kommer inte att bifogas rapporten detta av två anledningar, när referenser används framkommer frågan antingen direkt i själva svart eller i texten innan. Vidare har över 50 intervjuer gjorts av skiftande kvalité och djup. Att bifoga utskrifter av samtliga intervjumallar vore tämligen överflödigt speciellt då endast mindre del av stoffet från intervjuerna har använts konkret i rapporten. I *Bilaga F* ges dock exempel från tre typer av intervju och observationsguider. Exemplet täcker intervju med en tjänsteman, en operatör samt ett studiebesök.

Vid referenser i texten till personal i produktionen har vi valt att behålla dem anonyma och kallar dem för Ohlsson rakt igenom. Anledningen till detta val är att vi vill vara säkra på att ingen skall få problem eller känna sig uthängd efter att rapporten offentliggjorts.

Observationer har varit den dominerande insamlingsmetoden för primärdata (oftast i samband med informella intervjuer har uppkommen data triangulerats).

---

<sup>22</sup> Björklund, Paulsson (2003) Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera.

<sup>23</sup> Kahlke och Schmidt (2000) Arbetsanalys och personbedömning – att öka träffsäkerheten vid urval och rekrytering.

Observationer har förts vid samtliga förädlingsställen i produktionen. Observationerna har varit ett måste dels för att få en djupare förståelse men också för att kunna ställa de rätta frågorna vid senare gjorda intervjuer. Vidare har observationerna lett till viss förståelse så att större missförstånd undvikits.

För att underlätta arbetet kapacitetsplanering och balansering av produktionen har simuleringsprogrammet Extend nyttjas. Mer information om Simuleringen finner ni i avsnitt 2.5 nedan.

Datainsamlingen har skett i stor utsträckning genom benchmarking/komperativa studier. Studierna har dels genomförts som intern benchmarking i form av studiebesök på koncernbolagen SAM Magdeburg och SIAG Leipzig. Denna typ av jämförelse har gett oss tämligen stor tillgång till information, särskilt på SAM. Även har så kallad konkurrensinriktad benchmarking ägt rum hos konkurrenterna DS-SM Maskinepark samt SIAG-Finsterwalde. Denna typ av jämförelse brukar ge begränsad insyn men i gengäld fås prestationsskillnader identifierade som ej går att finna inom koncernen. Teorin i detta fall stämmer överens med verkligheten information var lättare att tillgodogöra sig genom de interna jämförelserna men de externa gav värdefull information de med.<sup>24</sup>

### 2.3.2 Sekundärdata

Med sekundärdata avses information som författarna använder som har insamlats av andra, oftast i ett annat syfte än rapportens, såsom årsrapporter och broschyrer.<sup>25</sup>

Sekundärdata har insamlats via Internet, broschyrer, interntspecifikt material samt från laborationsresultat i form av WPS:er (Welding process specification) Data har även inhämtats från en pulverbågssvetsutbildning som vi genomgått. Internet har nyttjats framförallt för att vidga inblicken i alternativa lösningar. Här har flertalet underleverantörers hemsidor besökts för att se om andra system finns tillgängliga än de som används i dagsläget.

En del material har varit av intern specifik karaktär med det syftar vi på material som har används för internt beslutsunderlag och därför kommer vi inte att göra en korrekt referering i rapporten utan benämna de källorna som Internt material.

## 2.4 Teoridiskussion

Teorier angående tillverkningsystem är mer eller mindre omöjligt att finna. Däremot finns det en uppsjö av filosofier och tankar om hur tillverkningsystem bör se ut. Filosofierna har sin utgångspunkt från fler olika håll och att med en

---

<sup>24</sup> Ax et al. (2002) Den nya ekonomistyrningen

<sup>25</sup> Jacobsen (2000) Vad, hur och varför? – Om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen

filosofi täcka in tillverkningsystem är svårt då det finns oändligt många perspektiv som måste belysas.

Rapportens huvudreferensramen byggs upp av Lean production filosofin, fritt översatt resurssnål produktion. Lean filosofin är en välmeriterad filosofi som fick stort genomslag runt 1988-1991 i Sverige genom flera svenska projekt så som ABB:S T-50 och Skanskas 3-T.<sup>26</sup>

Enkelt beskrivet består Lean-filosofin av att minimera resursanvändandet i fabriken. Ur filosofin har flertalet mindre analysverktyg framkommit. Vi har valt att använda oss av SMED (Singel Minute Exchange of Die) samt Poka Yoke som fokuserar på att minska fel på ett tämligen elementärt sätt.

Under den teoretiska referensramen har vi även kortfattat belyst de olika tillverkningsmetoderna som är aktuella för tillverkning av torn. Likaså har en kortfattad presentation av incitamentsprogram, inlärningskurva och lagarbete för ett holistiskt perspektiv introducerat. Det för att kunna ge en kortfattad beskrivning av hur vi anser att EWP skall implementera våra framtagna slutsatser.

I *Figur 10* i slutet av teorikapitlet kan ses en schematisk bild över hur teorin är tänkt att sammanbindas med övriga delar av rapporten.

## 2.5 Simulering – Vad, hur & varför?

Simuleringen av EWP:s nya fabrik är tänkt att huvudsakligen ligga som underlag för att dimensionera fabriken så att önskad kapacitet samt identifikation av flaskhalsar sker. Vidare skall simuleringmodellen vara så pass välgjord att företaget kan vidareutveckla och förfina modellen.

Vid valet av simuleringsprogramvara diskuterades i samrådan med vår handledare<sup>27</sup> på EWP fram följande krav:

- Programmet ska vara visuellt och lättöverskådligt.
- Klara av att beräkna kapacitet och flaskhalsar
- Programmet ska vara användarvänligt då modellen ska kunna användas av andra personer på företaget utan tidigare kunskaper i simulering efter en kortare introduktion.
- Programmet ska vara prismässigt överkomligt då det är oklart i vilken omfattning simuleringen kommer att användas i framtida produktionsplanering.

---

<sup>26</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningsystem

<sup>27</sup> Mahyar Mansoori, Produktionskoordinator, EWP



Det första programmet vi utvärderade efter inrådan från personal på avdelningen Industriell Produktion (*vid Maskintekniska sektionen vid LTH*) var Tecnomatix Plant Simulation<sup>28</sup>. Detta program är ett nytt simuleringsverktyg med simulering i både 2-D och 3-D. Programmet bygger upp modellen genom en väldig detaljrikedom och varje detalj beskrivs väldigt detaljerat såsom avstånd mellan maskiner och annan interiör.<sup>29</sup> Tyvärr gick det inte att få en riktig prisuppgift från företaget som säljer programmet, men efter diskussioner med säljare verkade priset hamna mellan en halv till en miljon kronor. Texnomatix verkade mycket lovande till en början men föll på punkterna användarvänlighet samt framförallt priset. Även simuleringen upplevdes som allt för detaljrik och därmed inte lämplig för att enbart uppdaga flaskhalsar och analysera kapacitet med.

Efter fortsatta diskussioner föll valet av program på Extend. Detta program är ett enklare 2-D simuleringsprogram som inte går in på lika djup detaljnivå som Texnomatix, utan fokus ligger på att simulera hela fabriken med alla maskiner och transportbanor, visualiserade som färdiga ikoner med olika egenskaper. Priset på Extend var även mycket resonligare, endast 3995 \$<sup>30</sup>.

## 2.6 Källkritik

### 2.6.1 Litteratur

Litteraturen som använts anses som giltiga, speciellt gällande de teorier som använts då dessa är väl vedertagna både nationellt och internationellt. Givetvis ger författarna sin egen bild av teorierna vilket man måste ha i åtanke. Vidare är det omöjligt att läsa igenom all befintlig litteratur inom området således kan vi inte garantera att valda teorier är de mest lämpade men de är enligt oss fullgoda för att genomföra en ordentlig analys av problemet.

### 2.6.2 Intervjuer

De klasiska problemen med intervjuer och observationer är viss grad av subjektivitet. Det ligger inte i intervjuobjektet/observationsobjektets intresse att säga exakta tider utan rent logisk borde dem lägga på extra tider för att inte pressa sig själva.<sup>31</sup> Beroende på vem som har intervjuats ser man nyanser i svar och nyanser av problem. Detta har varit ett problem då viss osäkerhet har uppstått. Detta har lett till att flera mindre intervjuer med olika personer har varit tvungna att göras för att få en egen bild av problematiken. Vidare har vi haft restriktioner från företaget att inte prata öppet med personalen i produktionen om flytten och

---

<sup>28</sup> <http://www.ugs.com/products/tecnomatix/interactive/main.html> 2007-02-15

<sup>29</sup> Mathias Jönsson Doktorand. Institutionen Industriell produktion vid Maskintekniska sektionen vid LTH.

<sup>30</sup> [http://www.imaginethatinc.com/prods\\_pricing.html](http://www.imaginethatinc.com/prods_pricing.html) 2007-02-15

<sup>31</sup> Gareth (1999) Organisationsmetaforer.

nybyggnationen av fabriken. Således har vi inte kunnat på ett konkret och rationellt sätt bolla idéer med dem som verkligen kommer att arbeta i den nya anläggningen. *(Detta synes för oss besynnerligt då rapporten kommer att offentliggöras.)*

### **2.6.3 Observationer**

Vid observationer har vi innan observationens början, berättat för personalen varför vi tittar på det specifika momentet. Detta kan leda till två oönskade effekter dels att personen i fråga ”maskar” och lägger in extra moment för att visa på att just hans/hennes operation är mycket komplicerad och tidskrävande. Även motsatsen kan ske där personen ifråga arbetar extra hårt när han/hon blir iakttagen för att visa på att här ”maskas” inte och jag är flitigast. Vi tror oss ha träffat på båda dessa typer av personer men överlag är vårt intryck att vid de observationer som skett har arbetet sköts som vanligt. Desamma gäller vid de studiebesök som gjorts, öppenheten har dock varierat.

### **2.6.4 Simulering**

Simuleringen har framförallt legat till grund för dimensioneringen av fabriken. Den modell som är gjord är enbart en grov modell av verkligheten. Precis som brukligt för simulering av större objekt läggs inte alla parametrar in. Anledningen är många, så som att det inte går att förutsäga alla tänkbara händelser (om Nisse är sjuk är det inte desamma som om den rutinerade Åsa är sjuk) likaså går det inte att få exakt data och därmed minskas relevansen att föra in alla tänkbara scenarier.

Simuleringen tar upp de viktigaste aspekterna för normal drift. Flödena är de tänkta dock utan dörrkarmstillverkning och isättning av densamma. Anledningen är att dessa moment inte stör huvudflödet, dessa är dock medtagna i processanalysen.

Viktigt att tänka på vid simulering är att den utgående data som genereras av modellen aldrig blir bättre än den ingående data. I och med att det är en fiktiv fabrik är tiderna uppskattade men med god empirisk uppbackning. Tidsuppskattningarna är triangulerade, dock hade det varit önskvärt om EWP haft loggar för samtliga moment, tyvärr var så ej fallet. Således skall viss förståelse finnas för att resultaten är något vacklande men fungerar väldigt bra som riktvärde. De ger en ypperlig generaliserad bild av flödet. Vidare är det fullt möjligt och rekommenderat från oss att EWP arbetar vidare med simuleringen och förfinar och uppdaterar de ingående parametrarna. (Uppdateringen av modellen sker lätt genom att endast ändra de ingående variablerna i ett medföljande Excelark)

## 2.7 Studiens trovärdighet

### 2.7.1 Validitet

Med validitet menas i vilken utsträckning man mäter det man avser att mäta.<sup>32</sup> Vidare kan validiteten delas upp i inre och yttre validitet. Med inre validitet avses hur väl rapporten har beskrivit ett fenomen på ett korrekt sätt. Den externa validiteten anger i vilken grad som slutsatserna från undersökningen kan generaliseras i en större kontext.<sup>33</sup>

Huruvida vår studie är valid eller ej kan vi bara göra en subjektiv bedömning av. Men för att öka validiteten har vi bland annat vid intervjuerna haft tydliga och tämligen öppna frågor för att inte börja med en vinklad fråga som sedan leder till ett ännu mer vinklat svar. Vidare har vi under observationerna diskuterat med personalen vid observerad station vilka moment som är avgörande så att inte fel objekt studeras, dock kan vi förvisso få fel information av personalen för att leda oss på villovägar. Men det ser vi som långsökt då inga sådana tendenser har märkts av.

Samtliga studiebesök har börjat med en kort introduktion där företagsrepresentanten har berättat om företaget vilka deras starka och svaga sidor är. Genom detta har vi varit förberedda innan vi gått ut i produktionen och vetat vilka detaljer vi skulle vara extra observanta på.

Rörande validiteten på simuleringsmodellen kan vi gå i godo för att den mäter de övergripligt relevanta aspekterna. Anledningen är enkel, varje avgörande station är inkluderad i simuleringen och modellen är noggrant genomsökt efter felkällor.

Huruvida rapporten mäter något som är generaliserbart i en större kontext är vi tämligen säkra på. Kontexten kan i ett första led dras till hela vindkrafttornstillverkningen vidare kan den dras om än något långt till liknande branscher som går från enstycksproduktion till massproduktion.

### 2.7.2 Reliabilitet

Med reliabilitet menas ett mått på tillförlitligheten av undersökningen, med hög reliabilitet innebär det att om studien görs om fås likartade svar.<sup>34</sup>

För att öka tillförlitligheten har vi vid flertalet gånger frågat flera personer för att triangulera svaren. Likaså har vi ställt kontrollfrågor för att förvissa oss om att vi har tolkat svaren korrekt. Där är dock en aspekt som måste vägas in, valet av en

---

<sup>32</sup> Björklund, Paulsson (2003) Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera.

<sup>33</sup> Jacobsen (2000) Vad, hur och varför? – Om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen

<sup>34</sup> Björklund, Paulsson (2003) Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera.

kvalitativ ansats. Ansatsen involverar människor och människan är av naturen i viss mån subjektiv och har lätt för att glömma saker och ting. Vi har inte bett om att få se bevis på korrektheten i de svar vi fått. Således kan där ha uppstått fel.

De studiebesök vi gjort kan vi inte heller garantera att om de görs om kommer resultaten bli exakt dem samma. Vi hade endast en begränsad tid på oss i produktionen hos de olika företagen och det kan handla om tur eller otur när vi gått igenom fabriken om en specifik process fungerat felfritt eller ej.

### *2.7.2.1 Undersökareffekt*

Med intervjuareffekt syftas på de effekter som intervjuaren har på intervjupersonen. Intervjun formas efter hur intervjuaren talar, är klädd, kroppsspråk etc.<sup>35</sup> Med observationseffekt avses den effekt som observatören utgör. Rent logiskt säger det sig själv att en diskret observatör bör få mer korrekt information än en som inte smälter in i miljön.<sup>36</sup> Vi har medvetet försökt anpassa oss till rådande klädeskontext och seder. Det är givetvis svårt då varje arbetsplats har sin egen kultur. Vid observationer i produktionen har rådande klädeskutym använts samt har vokabulären varit något justerat. Lika så har gällt för de intervjuer och observationer som gjorts på kontor och studiebesök.

### *2.7.2.2 Kontexteffekt*

Med kontexteffekt avses den effekt som sammanhanget skapar, exempelvis var intervjun/observationen sker.<sup>37</sup> I vårt fall har vi utfört samtliga intervjuer och observationer i en naturlig miljö. Observationerna har skett ute i fabriken, den personal som har intervjuats har intervjuats vid sina arbetsplatser, vid svetskranen eller på sitt kontor. Den naturliga miljön tror vi påverkar att intervjupersonen är något mer avslappnad och därmed blir svaren mer reliabla. Intervjuerna och observationerna har skett både planerat och överraskande. De planerade observationerna skedde vid våra inledande veckor då produktionspersonalen i förväg fick reda på att vi skulle vara där specifika dagar på specifika platser. Ett fåtal planerade intervjuer har skett. Detta då vi har haft stor tillgång till personalen och kunnat fråga om saker och ting direkt när frågetecknen har uppstått och således har majoriteten av intervjuerna skett ”överraskande”. Vi tror oss få ett ärligare svar på flertalet frågor om en fråga framstår som spontan istället för en planerad och förvarnad fråga. Däremot visar det sig att personen i fråga inte kan svara eller är tveksam har vi bett att få återkomma när han/hon tänkt efter och har ett korrekt svar. Samtliga studiebesök har varit i deras naturliga miljö samt planerade i förväg.

---

<sup>35</sup> Jacobsen (2000) Vad, hur och varför? – Om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen

<sup>36</sup> Ibid

<sup>37</sup> Ibid

### 2.7.3 Objektivitet

Med objektivitet menas i vilken omfattning egna värderingar påverkar studiens resultat.<sup>38</sup>

Detta problem har vi löst genom att tillfråga många och därefter dra våra egna slutsatser. Det är fullt mänskligt att vid personkontakter kan man inte hålla sig helt objektiv. Men vi har haft det i åtanke genom hela processen och hoppas därmed ha minimerat de oönskade effekterna. Vidare har vi båda författare deltagit i intervjuerna och tolkningarna av dessa. Således har inte någon individs personliga åsikt fått dominera. Lika så har rapporten övervakats av handledare, både från LTH och från företaget, vilket ytterligare ökat objektiviteten.

---

<sup>38</sup> Björklund, Paulsson (2003) Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera.

## 3 Teoretisk referensram

---

*I detta kapitel kommer den teoretiska referensramen presenteras som senare i rapporten kommer att ligga till grund för analys och slutsatser. Teorierna kretsar kring ett tämligen brett spektra, från tillverkningssystem till paradigmskifte. Huvudfilosofin är Lean production (resurssnålproduktion). Inom Lean filosofin görs djupdykningar i Poka Yoke och SMED som är två metoder för att felsäkra och för att göra ställtidsreduktioner systematiskt. Teori angående processanalys, ett systematiskt verktyg för att analysera processer beskrivs. Vidare beskrivs kortfattat tillverkningslayouter, flödesgrupper, inlärningskurvan, incitamentsteori samt paradigmskifte.*

*Syftet är att få förståelse för hur tillverkningssystem kan se ut och hur analysarbetet teoretiskt bör utföras. Vidare ge förståelse på hur implementering och organisation bör utformas för att stödja föreslagna förändringar. Lean production*

---

### 3.1 Lean production

Lean production eller översatt till svenska resurssnål produktion<sup>39</sup> kommer ursprungligen från den Japanska biltillverkaren Toyota. Tankesättet uppstod runt 1930 och har sedan dess utvecklats till att bli en världsledande filosofi inom bland annat produktion.<sup>40</sup>

De grundläggande iden med resurssnål produktion är att eliminera/minimera icke värdeadderande aktiviteter. Tidigare studier har visat att så mycket som 95% av en operatörs tid läggs på annat än direkt värdeadderande aktiviteter för kunden. Vidare visar det sig att mer än 95% av produktens totala ledtid tillbringas i lager/buffert för väntan på transport, kontroll och operationer. Det faktumet har lett fram till att mycket energi har lagts på att öka andelen tid som är värdeadderande i förhållande till icke värdeadderande tid. Det leder oss in på ”The Seven Wastes” eller fritt översatt på svenska ”De Sju Slöserierna”, överproduktion, väntan, transporter, överarbete, lager/buffertar, rörelser och kvalitetsbrister.<sup>41</sup>

#### 3.1.1 Överproduktion (Waste from overproduction)

Överproduktion är enligt Toyota en av de värsta typerna av slöserier. Detta leder till extra hantering av material, extra utrymme för lagring, extra ränta till banken, extra pappersarbete, extra truckar etcetera, etcetera. Vidare leder överproduktion till förvirring om vad som skall göras först och hur det skall prioriteras.

---

<sup>39</sup> Bergman och Klefsjö (2001). Kvalitet från behov till användning

<sup>40</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningssystem

<sup>41</sup> Suzaki (1987) New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement

---

Överproduktionen skymmer oftast större problem som inte synliggörs på grund av de extra säkerhetsbuffertar som skapas. Med anledning av ovanstående är det därför av största vikt att överproduktion elimineras enligt Lean-filosofin. Det kan vara svårt att förstå, men fabriken maskiner behöver inte ha en 100 procent utnyttjandegrad. Det är bättre att avvakta marknadens efterfrågan.<sup>42</sup>

Bra att ha i åtanke är att beroende på företag och bransch är det mer eller mindre lämpligt med överproduktion. Till exempel glasstilverkare som har sin högsäsong på sommaren. De behöver ha ett säsongslager för att kunna sköta sin firma, det är olönsamt att ha en fabrik som kan tillgodose behovet direkt under sommaren utan istället färdigställs behovet under året som går.<sup>43</sup> Vidare ses andra lösningar på det problem så som posponment (senareläggning) detta för att möta variationer senare<sup>44</sup>

Teorin förespråkar ett pull-system istället för ett push-system det vill säga att orden skall vara lagd innan maskineriet sätter igång.<sup>45</sup> Detta tänk skall inte bara ses ur det stora perspektivet där slutkunden är beställaren utan även mellan de individuella operationerna längst tillverkningsvägen, där varje operatör skall se nästa station som sin kund. Således skall man se till att endast behövlig mängd för nästkommande station skall produceras och tiden läggs på hög kvalitet, låga kostnader och kort ledtid.<sup>46</sup>

### 3.1.2 Väntan (Waste of waiting time)

Slöseri med tid kan i viss mån vara svår att uppdaga såvida överproduktion sker. Därför skall man börja med att ta bort överproduktionen och därefter acceptera och uppmuntra personalen som inte har något att göra att vila. Det leder till att dem ansvarig lättare kan se och uppskatta situationen bättre och därmed agera på ett korrekt sätt.<sup>47</sup>

Vidare ses i många fabriker personal som övervakar maskiner under drift. Vissa menar på att maskinerna måste vara konstant under uppsikt för att personalen snabbt skall kunna åtgärda problemet. Men är det då inte för sent för operatören att agera? Istället borde där finnas säkerhetsrutiner i maskinen som avbryter körningen och signalerar problem tex. genom blinkande lampor. Det medför att en person kan övervaka/sköta flera maskiner samtidigt.<sup>48</sup>

---

<sup>42</sup> Suzaki (1987) New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement

<sup>43</sup> Greve (2003) Modeller för finansiell planering och analys

<sup>44</sup> Philip et al.(2002) Managing the global supply chain

<sup>45</sup> Ibid.

<sup>46</sup> Suzaki (1987) New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement

<sup>47</sup> Ibid.

<sup>48</sup> Ibid.

### 3.1.3 Transporter (Transportation waste)

Slöseri med transporter är också en väldigt vanlig företeelse. Det syns tydligt när man använder buffertar. Minskas dessa minskas onödiga transporter då artiklarna direkt kan gå till maskinen utan att mellanlanda i en buffert.<sup>49</sup>

Anledningen till transportslöseriet kan bero på dålig planerad layout av flödet. För att eliminera slöseriet krävs bland annat förbättringar av layout och koordinering av processer.<sup>50</sup>

### 3.1.4 Överarbete (Processing waste)

Konstruktionsavdelningen som gör ritningar och specifikationer har ett stort syfte, vilket är att ta fram de specifikationerna som krävs för att få produkten hållbar. Det vill säga är ytjämnheten satt till 2  $\mu$  så behöver den inte vara 1  $\mu$ , dock skall den inte vara 3  $\mu$ . Överarbete ger inget mervärde för kunden och således skall det elimineras.<sup>51</sup>

Vidare kan maskinen i sig vara mindre klokt konstruerad.<sup>52</sup> Exempel ges när en borroperation går från att ske med en handborr till att gå till en vanlig pelarborr där ifrån läggs automatisk tömning av produkten och slutligen läggs en automatisk inmatning av produkten till maskinen. Genom utvecklingen har den manuella arbetsinsatsen minimerats.<sup>53</sup>

### 3.1.5 Lager/Bufferar (Inventory waste)

Precis så som diskuterades ovan om överproduktion gäller för lager. Onödiga lagernivåer medför extra hantering, extra utrymme, extra personal, extra pappersarbete, fler truckar etc.<sup>54</sup> Många menar på att inköp av stora volymer reducerar på en gång (inte stora inköp som sedan periodiseras i mindre partier) kostnaden för produkterna. Det är tyvärr en fälla så som ses ovan medför det extra kostnader. För att räkna in några av parametrarna kan till exempel Wilsons formel nämnas som beräknar ekonomisk orderkvantitet. Formeln tar hänsyn till efterfrågan, ordersärostander/ordertillfälle, lagerhållningssärkostnaden och artikelvärde/styck.<sup>55</sup>

---

<sup>49</sup> Suzaki (1987) New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement

<sup>50</sup> Ibid.

<sup>51</sup> Ibid.

<sup>52</sup> Hines et al. (2000) Value Stream management – Strategy and Excellence in the Supply chain

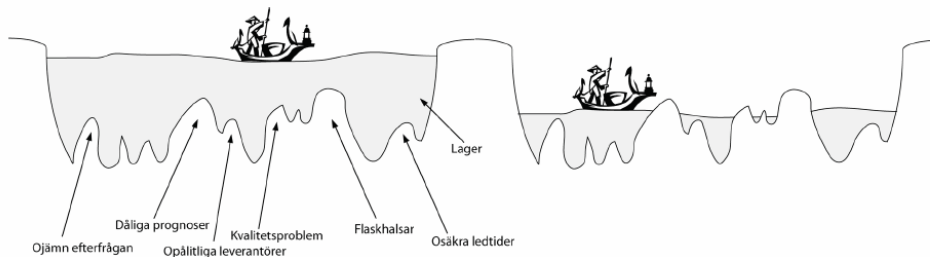
<sup>53</sup> Suzaki (1987) New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement

<sup>54</sup> Ibid.

<sup>55</sup> Mattsson och Jonsson (2003) Produktionslogistik



När lagernivåerna minskas kommer troligtvis fler problem upp till ytan som tidigare varit kvävda av de stora lagernivåerna.<sup>56</sup> Denna problematik brukar åskådliggöras med den så kallade Japanska sjön i *Figur 3*. Problemen dyker upp när lagernivån minskas därför skall lagernivåerna minskas successivt så att de uppstådda problemen har lösts.<sup>57</sup>



*Figur 3 Japanska sjön*<sup>58</sup>

Lager och buffertar kan vara motiverat ibland men det bör tänkas på att i dessa lager och buffertar ligger enorma summor pengar som kan frigöras och användas till annat.

### 3.1.6 Rörelser (Waste of motion)

*”Whatever time is not spent in adding value to the product should be eliminated as much as possible”*<sup>59</sup>

Med ovanstående citat färskt i minnet bör man även ha i åtanke att inte all rörelse nödvändigtvis är arbete. En operatör kan hållas sysselsatt i två timmar för att leta efter ett specifikt verktyg, utan att tillföra ett öre till produktionen. Istället orsakar han/hon ökade kostnader för produkten. I det nämnda fallet ökar kostnaden med två arbetstimmar samtidigt som leddiden har ökat med två timmar.<sup>60</sup>

Flera andra liknande situationer kan hittas i produktionen så som vid montering. Därför skall alltid verktyg och insatsmaterial hållas nära till hands för att minimera rörelsetiden. Vidare när personalen går mellan olika arbetsuppgifter försvinner tid. Försök därför att ha arbetsuppgifterna så nära varandra som möjligt.<sup>61</sup>

För att minska avstånden för de relevanta produkterna kan man göra en ABC-analys för att se vilken frekvens verktygen används och på så sätt avgöra i vilken

<sup>56</sup> Suzaki (1987) *New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement*

<sup>57</sup> Olhager, J. (2000) *Produktionsekonomi*

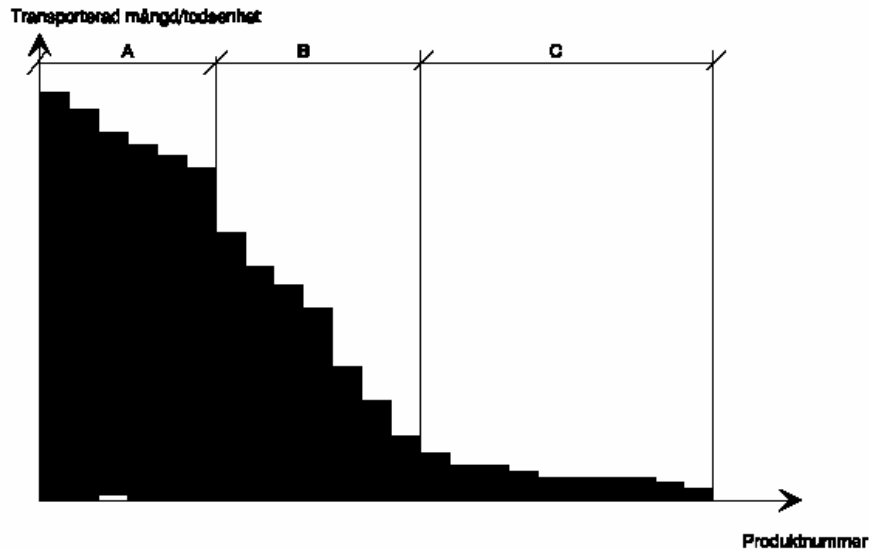
<sup>58</sup> Ibid.

<sup>59</sup> Suzaki (1987) *New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement* s. 17

<sup>60</sup> Ibid.

<sup>61</sup> Ibid.

närhetsgrad de skall ligga. I *Figur 4* visas en typisk ABC-analys. Det syns tydligt att A-artiklar skall ligga närmare än B-artiklar och så vidare.<sup>62</sup>



*Figur 4 ABC-analys*<sup>63</sup>

### 3.1.7 Kvalitetsbrister (Waste from product defects)

När kvalitetsbrister uppstår vid en station resulterar det i att även operationer längre fram i flödet genererar outnyttjad tid och kostnad som läggs på produkten. Vidare måste produkten repareras eller helt kasseras vilket orsaker ytterligare kostnader. Om felfrekvensen är hög, ökar kraven på att kvalitetskontrollera samtliga produkter, vilket återigen ökar kostnaderna.<sup>64</sup>

Den värsta sorten av kvalitetsbrister är dem som inte märks förrän produkten nått kunden. Det medför garantikostnader, men även är risken stor att företaget går miste om en kund.<sup>65</sup>

Det finns flertalet kvalitetsäkringsverktyg så som Sex Sigma TQM (Total Quality Management, ständiga förbättringar/Kaizen) som kan nyttjas för att på ett strukturerat sätt angripa kvalitetsproblem.<sup>66</sup>

<sup>62</sup> Kurskompendium i Materialhantering VT-2007 av Institutionen för teknisk ekonomi och logistik

<sup>63</sup> Ibid.

<sup>64</sup> Suzaki (1987) *New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement*

<sup>65</sup> Ibid.

<sup>66</sup> Bergman och Klefsjö (2001). *Kvalitet från behov till användning*

## 3.2 Processanalys - Slöserireduktion i flöden

Nedan beskrivs sju sätt att angripa effektiviseringsarbete av flöden. Steg 1-5 bör ske i angiven ordning, då de bygger på varandra. Medan 6 och 7 kan genomföras oberoende av de andra och varandra. Förslagen nedan är tagna ur Modern logistik av Oskarsson et al. Det bör dock nämnas att delar av stegen går även att återfinna i annan Lean relaterad litteratur och artiklar.<sup>67</sup>

1. Eliminera – Ta bort icke värdeadderande aktiviteter sett från både ett kundperspektiv och det egna företagets perspektiv.
2. Förenkla – Förenkla de uppgifter som måste utföras. Tex. snabbkopplingar, bättre användargränssnitt, omdesign.
3. Integrera – Knyt samman aktiviteter som utförs var för sig utan att de skapar mervärde. Exempelvis låt operatören ta delar av eller hela kvalitetskontrollen.
4. Parallellisera – Utför oberoende processer parallellt och inte sekventiellt. Tex. SAAB Aircraft inreder sina civila plan samtidigt som de målas på utsidan.
5. Synkronisera – Styr flödet så att en aktivitet kan påbörjas direkt efter en annan utan väntetid. Detta ger bland annat till följd minskade buffertar.
6. Förbereda – Förbered så mycket som möjligt för att huvudarbetet endast skall vara det tidskrävande momentet för cykeltiden. Tex. nödvändiga verktyg plockas fram innan produkten når arbetsstationen.
7. Kommunicera – Effektivisera kommunikationen genom snabbare, säkrare och korrekt eller mer ändamålsenlig information. Exempelvis meddela nästa steg i flödet när leverans kommer att ske, så att de kan förbereda sig.

### 3.2.1 Processanalys

Processanalys är ett verktyg som har för syfte att eliminera slöserier, inkonsekvenser och irrationalitet i den analyserade processen.

Metoden bygger på fem steg:<sup>68</sup>

1. Studie av flödet
2. Identifiering av slöserier

---

<sup>67</sup> Oskarsson et al. (2003) Modern logistik – för ökad lönsamhet

<sup>68</sup> Hines et al. (2000) Value Stream management – Strategy and Excellence in the Supply chain

3. Övervägande huruvida processen kan förbättras och bli effektivare
4. Övervägande av ett bättre flödesmönster
5. Övervägande huruvida alla aktiviteter är nödvändiga eller vissa rent av överflödiga.

*(Steg 1-7 som beskrivs i början av kapitel 3,2 bör enligt oss tillämpas under steg 3 och 5 ovan.)*

Analysen börjar med en preliminär studie av flödet. Denna följs sedan upp av en detaljerad insamling av all nödvändig information om varje process. Resultatet skall sedan läggas in i en tabell som exempelvis kan se ut som i *Figur 5*. Bilden visar resultaten överskådligt så att det blir enklare att analysera.<sup>69</sup>

En metod som ofta används för att analysera tabellen är modellen 5W1H som står för Why does an activity occur? Who does it? What machine? Where, When and How?<sup>70</sup>

---

<sup>69</sup> Hines et al. (2000) Value Stream management – Strategy and Excellence in the Supply chain

<sup>70</sup> Ibid

FIGURE 3.2 Process Activity Map

#	Step	FLOW	Area	Dist (m)	Time (min)	People	Operation	Transport	Inventory	Storage	Delay	Comments
1	Driver takes paperwork to office	T	Outside/office	50	0.5	1	O	W	I	S	D	(Driver)
2	Check booked in/issue ticket	I	Office	10	1	1(+1)	O	T	I	S	D	
3	Driver to vehicle	T	Office/outside	50	0.5	1	O	W	I	S	D	
4	Open back of truck	O	Outside	1	1	1	O	T	I	S	D	
5	Back on to bay	T	Outside/bay	30	1	1	O	W	I	S	D	
6	Wait for pump truck	D	Bay	15	1	1	O	T	I	S	D	
7	Unload lorry	T	Splitting	25	1	1(+1)	O	T	I	S	D	10 pallets Driver (total 30)
8	Wait for total unloading	D	Splitting	20	2(+1)	1	O	T	I	S	D	
9	Wait for paperwork	D	Splitting	10	(1)	1	O	T	I	S	D	
10	Driver to office for paperwork	T	Outside/office	20	0.5	1	O	W	I	S	D	
11	Get paperwork	I	Office	3	1(+1)	1	O	T	I	S	D	
12	Delay to start splitting	D	Splitting	120	1	1	O	T	I	S	D	
13	Splitting	O	Splitting	50	2	2	O	T	I	S	D	Pump truck
14	Move pallet to quantification	T	Quantification	20	1	1	O	W	I	S	D	
15	Delay to quantify	D	Quantification	240	10	1	O	T	I	S	D	
16	Quantify	I	Quantification	10	1	1	O	T	I	S	D	
17	Move to lift and load	T	Inspection/lift	3	2	1	O	W	I	S	D	
18	Move to WIP	T	Lift to WIP	5	0.3	1	O	W	I	S	D	
19	Delay	D	Lift top	5	1	1	O	T	I	S	D	
20	Remove from lift	T	Lift top	2	2	1	O	W	I	S	D	
21	Place in storage area	T	Floor	10	1	1	O	W	I	S	D	
22	Storage	D	Floor	2880	1	1	O	T	I	S	D	Hand pump Setup
23	Collect production order	T	To office	25	15	1	O	W	I	S	D	
24	Pull stock to production area	T	To packing	10	2	1	O	W	I	S	D	
25	Delay	D	Packing	15	15	1	O	T	I	S	D	
26	Load machine and cycle	O	Packing	2	0.1	1	O	T	I	S	D	
27	Place in tote	T	Packing	0.5	0.1	(1)	O	T	I	S	D	
28	Wait for batch	D	Packing	30	0	1	O	T	I	S	D	
29	Load conveyor	T	Packing to conveyor	12	0.5	1	O	W	I	S	D	
30	Travel to crane	T	To crane	150	5	1	O	W	I	S	D	
31	Wait for crane	D	Crane	5	1	1	O	T	I	S	D	
32	Put into main store	T	Crane/store	75	1	1	O	W	I	S	D	
33	Store	D	Store	155.4	33.6	1	O	T	I	S	D	
Total				489.5	158.8	29						
Operations					84.1	4						
Percentage operations					51.1	13.8%						
					322	mpm						

Figur 5 Exempel på processanalys<sup>71</sup>

### 3.3 Poka Yoke - Felsäkring

Ett av verktygen för att implementera delar av Lean filosofin är Poka Yoke. Poka Yoke betyder fritt översatt felsäkring och skapades av ingenjören Shigeo Shingo vid Toyota. Verktöget är egentligen en metodik i form av automatiska kontroller och varningssignaler som gör att misstag inte ska resultera i defekta produkter. Shingo ansåg att det fanns en klar skillnad på defekter och misstag. Misstag kommer alltid att inträffa men defekter kan undvikas helt. Det hela handlar om att med så enkla medel som möjligt göra så att misstagen blir helt uppenbara och därmed inte leda till en defekt produkt.<sup>72</sup>

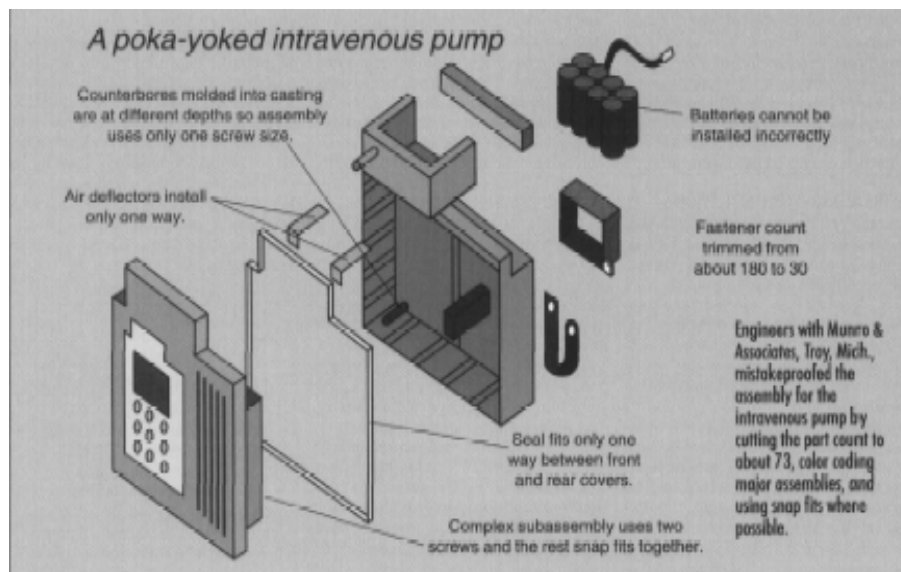
Metodiken kan delas in i två delar. Den första är att hitta anledningen till varför något kan bli fel t.ex. vid monteringsarbete och därefter eliminera dessa. Detta kan handla om att göra vissa designförändringar på de ingående komponenterna så att de inte går att montera mer än på ett sätt, färgkodning på detaljer som ska sitta ihop och färdiga satser som innehåller korrekt antal detaljer till monteringen. Ett exempel kan ses i Figur 6. Den andra delen är att det ska vara lätt att göra en visuell inspektion om detaljen är korrekt monterad. Finns det delar över efter

<sup>71</sup> Hines et al. (2000) Value Stream management – Strategy and Excellence in the Supply chain s. 38

<sup>72</sup> Process improvement by poka-yoke - Work Study Volume 48 Number 7 1999 ISSN 0043-8022

monteringen fattas något i produkten, sitter grön kabel ihop med blå är det fel osv.<sup>73</sup>

Fördelarna med att inte släppa ut defekta produkter är uppenbara då kostnaden för att åtgärda en defekt produkt senare i produktionen kan växa oerhört snabbt i takt med att förädlingsstegen avverkas samt störa annan produktion. Defekta produkter som kommer ut till kund kan leda till minskat förtroende för producenten samt kostnader för reparation och reklamering. En annan fördel med Poka Yoke är att kvalitetskontrollen efter montering ofta kan minskas eller tas bort helt.<sup>74</sup>



Figur 6 Exempel på en felsäkrad design<sup>75</sup>

### 3.4 S.M.E.D. - Ställtidsreducering

SMED (Single Minute Exchange of Die), fritt översatt till svenska ställtidsreducering är också det ett av verktygen för att implementera delar av Lean filosofin. SMED används framförallt för att få en flexiblare produktion. Produkt B ska kunna produceras direkt efter produkt A utan att värdefull produktionstid går förlorad i omställningstid. Strävan är att klara en omställning av maskinen under 10 minuter, alltså ett ensiffrigt antal minuter.<sup>76</sup>

<sup>73</sup> Process improvement by poka-yoke - Work Study Volume 48 Number 7 1999 ISSN 0043-8022

<sup>74</sup> Ibid.

<sup>75</sup> Poka-yoke designs make assemblies mistakeproof – Paul Dvorak Machine Design; Mar 10, 1998; 70,4; ABI/INFORM Global pg.183

<sup>76</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningsystem

För att reducera omställningstiden måste man först enligt SMED skilja på inre och yttre ställtid. Den inre ställtiden är den del av omställningstiden där maskinen inte kan vara igång och därmed inte kan producera. Den yttre ställtiden å andra sidan är resterande delen av omställningstiden d.v.s. positionering av nästa arbetsstycke och transporter som egentligen kan göras medan maskinen är igång. SMED syftar framförallt till att reducera den inre ställtiden till ett minimum men även den totala ställtiden. Detta genom att arbetsmoment och förfarande vid ställ gås igenom för att se vilka moment som kan förenklas eller göras om till yttre ställtid.<sup>77</sup>

För att systematiskt och effektivt genomföra ställtidsreduktion på en maskin rekommenderas ett åtta stegs program gås igenom.<sup>78</sup>

#### Steg 1 Separera inre och yttre ställtid:

Skilj på inre och yttre ställtid så att endast den inre ställtiden utförs när maskinen ej är producerande medan den yttre sker under produktion. När väl den inre ställtiden inträder skall allt vara förberett i förväg för att minska tidsåtgången till ett minimum. Det vill säga att verktyg och annat som behövs under tiden skall vara framtagna innan, så att operatören har dessa nära till hands.

#### Steg 2 Omvandla inre ställtid till yttre ställtid:

Att utföra så mycket som möjligt av arbetet medan maskinen är igång är det effektivaste sättet att reducera ställtiden. Därför skall så mycket som möjligt av den inre ställtiden omvandlas till yttre ställtid. Exempelvis kan gjutformar förvärmas för att slippa provgjutning.

#### Steg 3 Standardisera verktyg:

Att standardisera t.ex. verktygens fästansordningar etc. för att minska den inre ställtiden kan vara ett lyckat exempel. Det är dock svårt att ge några generella exempel då det är starkt beroende på maskintyp.

#### Steg 4 Funktionella fästansordningar:

Fästansordningar är ofta synonymt med skruvar och muttrar som skall fästa arbetsstycket. Skruvar och muttrar är dock oftast ett väldigt tidsödande moment då skruvarna oftast skall skruvas helt av. Alternativ till skruvar kan vara sprintar alternativt tas gängorna bort på tre ställen runt muttern och runt skruvens omkrets. Detta ger då möjlighet att trä på muttern för att sedan spänna med en mindre vridning.

#### Steg 5 Förhandsjusterade fixturer:

---

<sup>77</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningssystem

<sup>78</sup> Ibid.

Om fixturer och matningen till maskinen är justerad och klar innan maskinen ska byta produkt reduceras den inre ställtiden. Exempel är palettsystem till CNC-maskiner, där fixturen har minst två likartade fästordningar. Således kan ett arbetsstycke fästas under tiden maskinen körs och enda tiden maskinen behöver stå stilla är när paletten roterar in i maskinen. Här görs även största delen av plundringen om till yttre ställtid.

#### Steg 6 Parallella operationer:

Det finns två typer av parallella operationer. Först gäller det om ett moment i omställningen är omständligt kan det tänkas gå mer än dubbelt så fort om två operatörer hjälps åt. Den andra varianten är då två moment kan utföras samtidigt. Detta medför bland annat elimination av stilleståndet mellan operationerna.

#### Steg 7 Eliminera justering:

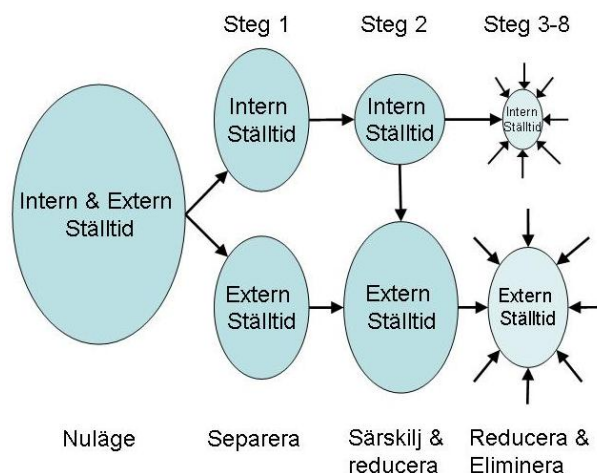
Justeringsarbetet utgör ofta hälften av den inre ställtiden. Här gäller det att skilja på positionering och justering. Positionering är när något flyttas från ett distinkt läge till ett annat. Justering innebär att något flyttas tills vissa kriterier är uppfyllda. Justeringsmomenten går oftast att underlätta med automatiserade system med t.ex. hjälp av en dator som känner av vissa lägen och justerar läget automatiskt.

#### Steg 8 Mekanisera:

Att mekanisera arbetsmomentet är det sista steget för att reducera ställtiden. Anledningen till att detta är sista steget är att mekaniseringen kan bli ekonomiskt omotiverat om samtliga ovanstående steg genomgåts.

Schematiskt kan de ovanstående åtta stegen generaliseras till *Figur 7*.





Figur 7 Schematisk figur över de åtta stegen för en lyckad ställtidsreducering

## 3.5 Kortfattad teori för arbete mot nya mål

### 3.5.1 Paradigmskifte

Paradigm är ett begrepp för nästintill omedvetna och därmed knappt ifrågasatta tankemodeller och värderingar. Dessa utgör grunden för hur vi uppfattar verkligheten runt om oss. Med paradigmskifte avses radikala skiften i tankemodeller och värderingar, några exempel är när jorden gick från att vara platt till rund eller i EWP:s fall där man håller på att gå från enstyckstillverkning till massproduktion. Ett nytt paradigm utmärks av att det är oförenligt med det gamla.<sup>79</sup>

Vid ett paradigmskifte i en organisation är det viktigt att få med sig de anställda. För att lyckas någorlunda med uppgiften krävs det ett långsiktigt, övertygat och konsistent arbete, framförallt från ledningen. Som ledare är det av oerhörd vikt att leva som man lär. För vidare studier inom ämnet finns det en uppsjö av litteratur inom förändringsledarskap.<sup>80</sup>

### 3.5.2 Tillverkningslayouter

*Nedan beskrivs några för rapportens vidare analysarbete aktuella flödeslayouter. Vi har aktivt valt att inte beskriva närmare layouter som inte kommer att komma på tal i analysen så som bland annat funktionell layout och byggarbetsplatslayout.*

Tillverkningslayouter brukar delas in i tre kategorier

<sup>79</sup> Ljungberg och Larsson (2001) Processbaserad verksamhetsutveckling.

<sup>80</sup> Ibid.

Produktorienterad layout – produkten står i centrum och arbetsinsatserna och insatsmaterialet flyttas till produkten. Layouten är vanlig vid enstycksproduktion som ofta kännetecknas av korta serier och långa produktionstider. Exempelvis fartyg, flygplan och hus.<sup>81</sup>

Funktionellt orienterad layout – maskinerna ordnas efter typ av bearbetningsoperation. Layouten är vanlig vid batchproduktion (produktion i partier/satser) och kännetecknas av komplicerad materialhantering, långa interna transporter och köer framför maskinerna. I gengäld bjuder dock den funktionella layouten på stor flexibilitet.<sup>82</sup>

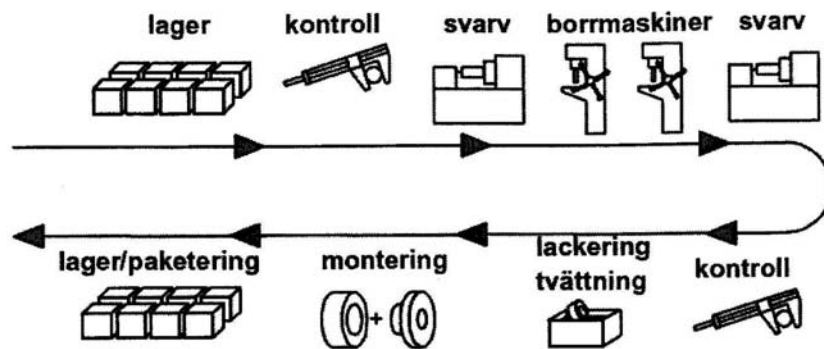
Flödesorienterad layout – maskinerna är placerade efter bearbetnings och operationsordning för en specifik produkt eller produktfamilj (se Figur 8). Layouten lämpar sig främst för långa serier och karaktäriseras av:<sup>83</sup>

Fördelar:<sup>84</sup>

- Förenklad planering och administration då det finns få planeringspunkter.
- Kortare ledtid och säkrare bestämning av ledtiden.
- Minskat behov av mellanlagring.
- Minskat transportarbete mellan maskiner samt till och från mellanlagring.

Nackdelar:<sup>85</sup>

- Ökat maskinbehov
- Minskad flexibilitet
- Svårt att genomföra vid stor andel kundorderstyrning av komplexa produkter
- Störningskänsligt



<sup>81</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningssystem

<sup>82</sup> Ibid.

<sup>83</sup> Ibid

<sup>84</sup> Bergenståhl och Perborg (2001) Industriell anläggningsteknik

<sup>85</sup> Ibid.

*Figur 8 Flödesorienterad layout*<sup>86</sup>

Det bör nämnas att med hjälp av buffertlager i en flödesorienterad layout kan beläggningen i en extra kostsam eller flaskhalsmaskin ökas. Det måste dock övervägas huruvida det är lönsamt med tanke på ökade PIA (produkter i arbete).<sup>87</sup>

Beroende på hur flödesprincipen i flödeslinjen av transportern av arbetsstycken mellan maskinerna kan flödeslinjer delas in i synkrona linjer och asynkrona linjer. I den synkrona linjen flyttas alla detaljer samtidigt genom linjen. Medan i den asynkrona linjen sker förflyttningen av detaljer vid olika tillfällen. Därför kan hanteringsutrustningen ses som en buffert med plats för en detalj i en asynkron linje.<sup>88</sup>

### *3.5.2.1 Produktverkstad*

Ett sätt att organisera är via så kallade produktverkstäder. Produktverkstaden har fullt ansvar för all förädling och administration tillhörande produkten/produktfamiljen. Inom produktverkstaden skall det finnas samtliga nödvändiga maskiner för att klara av uppgiften. Således behöver inte produkten lämna verkstaden förrän den är färdig.

Inom en produktverkstad brukar det finnas specialiserade tillverkningsavsnitt oftast organiserade i så kallade flödesgrupper. Antalet flödesgrupper inom produktverkstaden varierar beroende på produktens komplexitet. Även skall flödesgrupperna ha alla tillbörlig utrustning för att färdigställa deras uppgift.

Karakteristiskt för produktverkstäder är deras platta organisation, där så väl befogenheter och ansvar decentraliseras. Personalen inom flödesgruppen utbildas för att klara av olika arbetsuppgifter och därmed ökar flexibilitet och minskas störningskänsligheten. Flödesgruppen bör ha maximalt ansvar. Mer om flödesgrupper följer i nästkommande avsnitt.

Produktverkstäder innebär oftast en stor organisationsförändring då organisationen går från en mer funktionell organisation till en platt. Dessa förändringar uppskattas inte lika mycket av alla. Revirstänkandet träder in hos vissa som berörs negativt av förändringarna. Oftast berörs främst förmän vars tjänster många gånger reduceras bort. För cheferna brukar ombytet kräva en stor grad av nytänkande då denna typ av organisation bygger på delegering, vilket leder till en annan typ av ledarstil än brukligt i den funktionella organisationen.

Nedan följer en kort sammanfattning av för och nackdelarna med produktverkstäder:

---

<sup>86</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningsystem s.24

<sup>87</sup> Ståhl (2006), Industriella Tillverkningsystem

<sup>88</sup> Ibid.

#### Fördelar:

- Ökad möjlighet till flödesorientering av tillverkningen i respektive verkstad.
- Lättstyrda. Beträffande ansvar och befogenheter mer väldefinierade verkstäder
- Förenklad planering och uppföljning av tillverkningen
- Bättre arbetsmiljö, arbetsmotivation
- Minskad genomloppstid och därigenom minskad kapitalbindning i varor
- Ökad möjlighet till kundorderstyrning

#### Nackdelar:

- En viss dubblering av utrustning kan bli nödvändig
- Maskinbeläggningen kan för vissa maskiner bli låg
- Risk för att det inte finns utrymme till specialister inom olika områden.

### **3.5.3 Flexibla arbetslag/flödesgrupper**

Professor James P. Womack et al. skriver i boken "*The machine that changed the world – the story of lean production*" att det finns två riktigt viktiga organisatoriska aspekter för att tillämpa Lean filosofin. Det första är att maximalt med uppgifter och ansvar ges till den personal som verkligen tillför produkten värde. Det visade sig i deras studie av lean fabriker att de har ett system för att upptäcka defekter som snabbt letar rätt på problemets ursprungskälla. Detta system bygger på att en stor grad av ansvarsdecentralisering<sup>89</sup>

Det i sin tur leder till lagarbete mellan operatörerna längst flödet. För att sprida information till samtliga i fabriken används en enkel men innehållsrik display som möjliggör för samtliga i fabriken att agera snabbt vid problem och förstå fabriken helhetssituation. Detta skiljer sig skarpt från äldre synsätt då information sågs som något heligt och den som hade information hade makt. Men så är inte fallet enligt Lean filosofin. Utan istället, all information, dagliga produktionsmål, produkter som producerats, haverier och stillestånd, övertidsarbete och så vidare visas kontinuerligt upp för de anställda. Det har lett till att varje gång något går fel hjälper närmaste kunniga person till för att lösa problemet. Således är det dynamiska arbetslag som utgör hjärtat i en resurssnål fabrik.<sup>90</sup>

Det är inte enkelt att bygga upp dessa flexibla lag. Först måste personalen lära sig en stor mängd olika färdigheter, samtliga i sin flödesgrupp, så att uppgifterna kan rotera och så att personalen kan fylla upp för varandra. Personalen behöver kunskap i bland annat enkla maskinreparationer, kvalitetskontrollering. Sedan måste personalen uppmuntras tänka aktivt för att vara proaktiva och handla innan problemen blir allvarliga.<sup>91</sup>

---

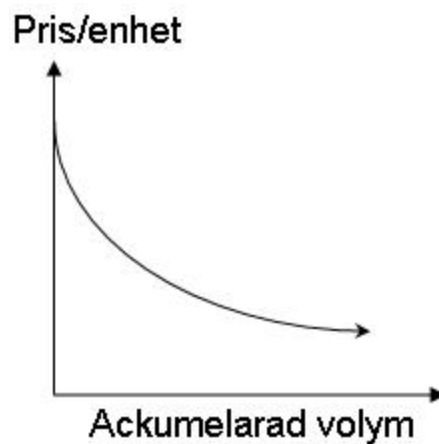
<sup>89</sup> Womack et al. (1991) *The machine that changed the world – the story of lean production*.

<sup>90</sup> Womack et al. (1991) *The machine that changed the world – the story of lean production*.

<sup>91</sup> Ibid.

### 3.5.4 Inlärningskurva

Inlärningskurvan (se Figur 9) är ett resultat av många års studie av hur priset på en produkt varierar av den ackumulerade produktionen. Det har visat sig att priset sjunker med en relativt konstant mängd varje gång den ackumulerade produktionen dubblas. Minskningen beror på flertalet faktorer så som nya tillverkningsmetoder, resurssnålare tillverkning, i form av minskad materialåtgång men framförallt i tid.<sup>92</sup>



Figur 9 Inlärningskurva<sup>93</sup>

### 3.5.5 Incitamentsprogram

Incitament är ett sett att motivera personal att göra det lilla extra, lika så kan det få personal att acceptera vissa förändringar då det kan löna sig att efterleva dem. Incitament kan ges i olika former se *Tabell 1* nedan.<sup>94</sup>

*Tabell 1 Olika sorters incitament.*

	<b>Monetär</b>	<b>Ickemonetär</b>
<b>Belöning</b>	Löneökning	Befordran
	Bonus	Bekräftelse
	Förmåner	Delaktighet vid beslut

<sup>92</sup> Hill (2000) Manufacturing strategy – Text and cases 2:e.

<sup>93</sup> Hill (2000) Manufacturing strategy – Text and cases 2:e.s. 60

<sup>94</sup> Merchant et al. (2003) Management control systems- Performance measurement, evaluation and incentives.

<b>Bestraffning</b>	Ingen löneökning	Avsked
	Ingen bonus	Ingen befordran
	Inga förmåner	Förnedring

För samtliga positiva incitament gäller att:<sup>95</sup>

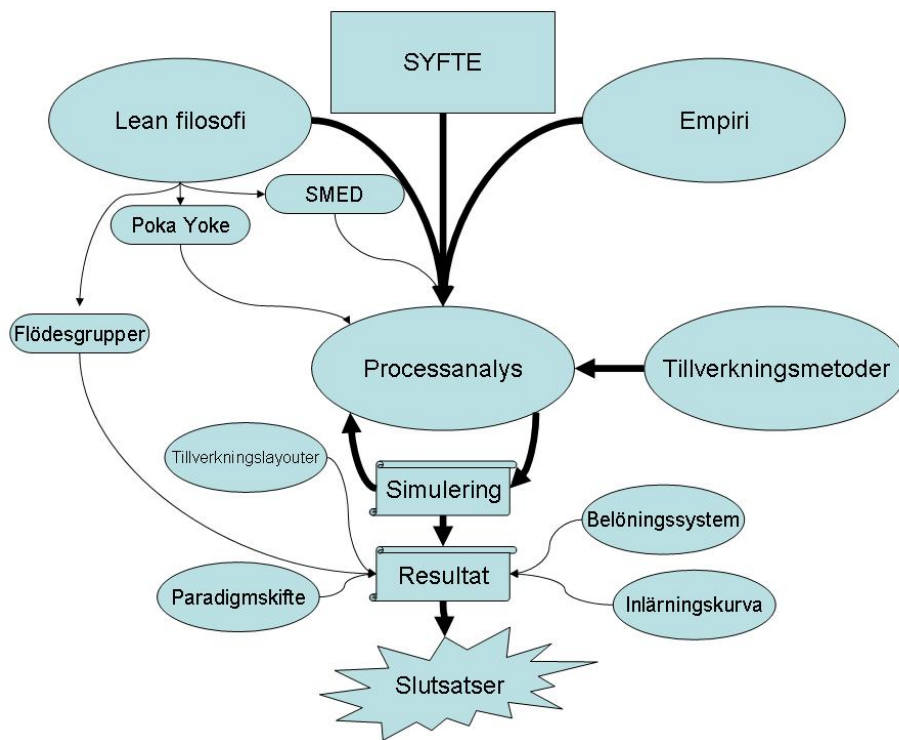
- Att belöningen är värdesatt av mottagaren
- Att belöningen är tillräckligt stor för att få slagkraft
- Belöning skall ske i direkt återkoppling till prestationen. D.v.s. gör Ohlsson en belöningsvärd insats idag skall han inte behöva vänta fyra månader innan han får belöningen, utan den skall komma i samband med prestationen. Detta för att ge direkt återkoppling.
- Målen skall vara så pass högt satta att endast i 25-40 % av fallen utfaller belöning. Anledningen är om inte chefer har höga förväntningar kommer personerna i organisation inte att prestera otroliga resultat. Förväntningarna får dock inte vara orimliga då det leder till motsatt effekt.

### 3.6 Den teoretiska referensramen i ett större perspektiv

Nedan i *Figur 10* presenteras de ovannämnda teoriernas sammanhang i rapporten.

---

<sup>95</sup> Merchant et al. (2003) Management control systems- Performance measurement, evaluation and incentives.



Figur 10 Schematisk figur över de genomgående teoriernas sammanhang till uppsatsen i helhet.

## 4 Empiri

---

*Detta kapitel har för avsikt att ge den empiriska information som är avgörande för en bred analys. Först ges en kort presentation av fallföretaget EWP där efter görs en relativt detaljerad beskrivning av deras nuvarande produktion. Efter genomgången fortsätter kapitlet med en komparativ studie av fyra andra vindkrafttornstillverkare. Denna del börjar med att kort beskriva företagen där efter redogörs för skillnaderna mellan tillvägagångssätten för tillverkning hos EWP kontra övriga studerade företag.*

---

### 4.1 Presentation av uppdragsgivaren EWP

1998 startade Kockums industri bygg vindkrafttorn, denna del avyttrades 2001 då det blev uppköpt av ENERCON och blev då dess dotterbolag EWP Windtower Production.. De är lokaliserade i Kockums gamla varvslokaler i Malmö, där de har utmärkta förbindelser via väg och vatten. Från Malmö kan EWP förse större delen av Nordeuropa med vindkrafttorn.<sup>96</sup> Företaget är en av Sveriges största konsumenter av grovplåt, 2007 förädlades 35 000 ton stål.<sup>97</sup> Företagets totala hallyta överskrider 27 000 m<sup>2</sup>.(inklusive Hall 8 på ca 9000 m<sup>2</sup> men exklusive plåtförråd)<sup>98</sup>

Företaget är ett helägt dotterbolag till den tyska vindkrafttillverkaren ENERCON. EWP har cirka 150 anställda i produktionen, 20 anställda på kontoret samt är 18 anställda vid blästring/målning (ett utomstående företag). EWP omsatte 2006 420 miljoner kronor. Bolagets främsta syfte är att tillverka och leverera vindkrafttorn enligt ENERCON:s krav. Detta har medfört att fokusering på effektivitet har blivit allt viktigare för att hålla nere kostnaderna. Särskilt med tanke på den ökande internationella konkurrensen.<sup>99</sup>

Vid början 1998 tillverkades cirka tre sektioner i veckan och en beställning bestod i att tillverka exempelvis 20 torn till vecka 49. Idag har detta ändrats drastiskt då de producerar sex gånger så mycket, cirka 18 sektioner i veckan med ständiga avrop.

### 4.2 Nuvarande produkter

Standardmodellen i EWP:s produktsortiment är torn av modell E-70. Denna modell på torn finns i två olika höjder på tornen, standardlängd 64 meter samt en längre modell på 84 meter för vindkraftverk på platser med sämre vindförhållanden. För den vanligaste längden 64 meter finns två klasser på tornen. Vindklass 1 har något

---

<sup>96</sup> <http://www.enercon.nu/>

<sup>97</sup> Sven Sandberg. Inköp och beredningsansvarig EWP

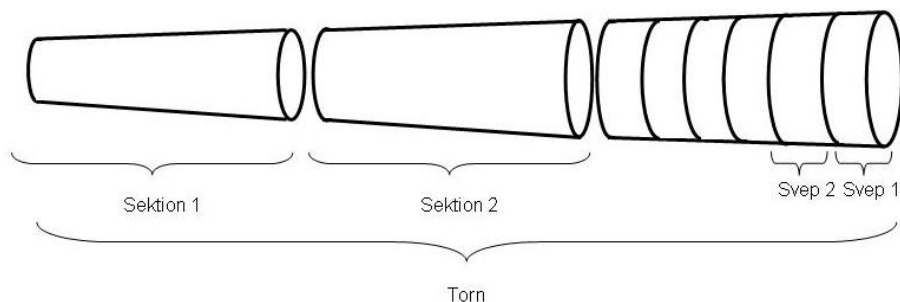
<sup>98</sup> Internt material

<sup>99</sup> <http://www.enercon.nu/>



grövre materialdimensioner för att tåla ett hårdare vindklimat vid t.ex. kuster och vindklass 2 som är standardmodellen.<sup>100</sup> (Simuleringen och processanalysen som är gjord har endast tittat på E-70 64 m vindklass ,2 då denna enligt företaget är ett medeltorn.)

Samtliga torn består av tre sektioner samt ett fundament förutom torn E-82 och E-112 som består av 4-sektioner. Vid sektionsräkning börjar man överst, d.v.s. sektion 1 är den sektion som är närmast rotorbladens nav. Svepen å andra sidan räknas motsatt och börjar nerifrån så som visas i *Figur 11*.



*Figur 11 Svep → Sektion → Torn*

Tornen levereras fullständigt utrustade med kablar, stegar och eventuellt hissar, allt enligt beställares önskemål för att vid resningen bara bultas ihop för snabb driftsättning. Fundamentet levereras några veckor tidigare än själva tornet till resningsplatsen för att kunna armeras och gjutas fast.<sup>101</sup>

Mestadels av ingående komponenter i tornet tillverkas på plats i Malmö. Flänsar till sektionerna levereras som råämnen till maskinverkstan som är ett systerföretag till EWP där de bearbetas och sedan skickas till EWPs fabrikslokaler. Det som köps färdigt är utvändiga trappor, kabelstegar, dörr och eventuella hissordningar.

Ledtiden i produktionen för att producera ett komplett torn av modell E-70 ligger i dagsläget på ca 13-20 dagar.<sup>102</sup>

*Tabell 2 Tabell över några av ENERCONS torn typer samt tyngsta plåt och fundament.<sup>103</sup>*

Torn typ	Effekt (kW)	Sektion	Antal svep	Längd (m)	Vikt (ton)
E-48	800			64-75	(75m)
		3	9	-	48,2
		2	9	-	29,9

<sup>100</sup> Internt material

<sup>101</sup> Ibid

<sup>102</sup> Sven Sandberg beredning och inköpsansvarig

<sup>103</sup> Internt material

		1	9	-	16,1
		Fundamen t	1	-	-
<b>E-53</b>	800			75	
		3	8	22	13,5
		2	9	26	21,8
		1	9	24,5	13,9
		Fundamen t	1	-	-
<b>E-70</b>	2300			64 (-84)	
		3	7	17	50,6
		2	6	17	34,9
		1	10	28	38,1
		Fundamen t	1	2	10,7
<b>E-112</b>	6000				
		4	9	23,5	261,7
		3	9	24,5	198,4
		2	8	23	133,6
		1	10	26	127,0
		Fundamen t	-	-	-
<b>Tyngsta plåt<sup>104</sup></b>	<b>Vikt (ton)</b>				
I dag	12				
I framtiden	20				
<b>Tyngsta fundament<sup>105</sup></b>					
Idag	15				
I framtiden	Kan öka kraftigt				

### 4.3 EWP:s nuvarande produktionsflöden

Produktionsflödet består generaliserat av fem delflöden. De två första utgår från plåtförrådet och konvergerar vid valsningen. Flödena kommer sedan återigen att divergera efter långskarvsvetsningen för att slutligen konvergera vid blästring. Det vill säga det finns i princip fem flöden i fabriken som är beroende av varandra.

Nedan i *Figur 12* ges en schematisk bild av flödena. Vidare visas EWP:s produktionslayout. Nedan beskrivs flödenas innehåll kortfattat:

<sup>104</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>105</sup> Ibid.

**Flöde 1:** innehållande blästring, plasmaskärning och fogberedning.

**Flöde 2:** innehållande gasskärning, fogberedning, bockning av dörrkarmar samt svetsning av dörrkarmar.

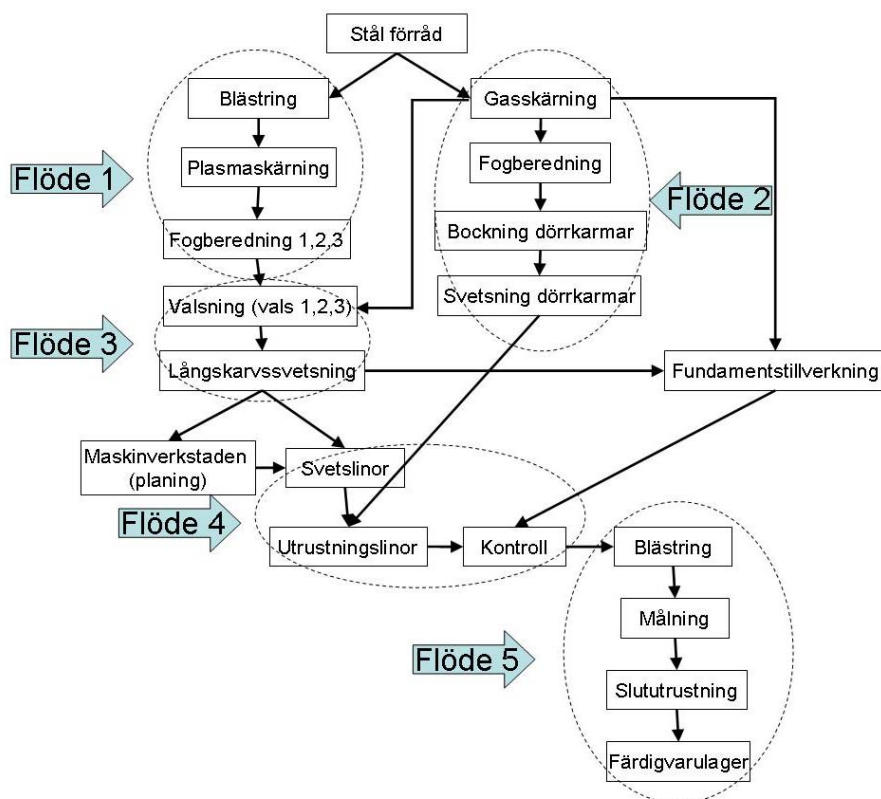
**Flöde 3:** innehållande valsning, långskarvsvetsning,

**Flöde 4:** innehållande svetslinor, utrustningslinor och kontroll.

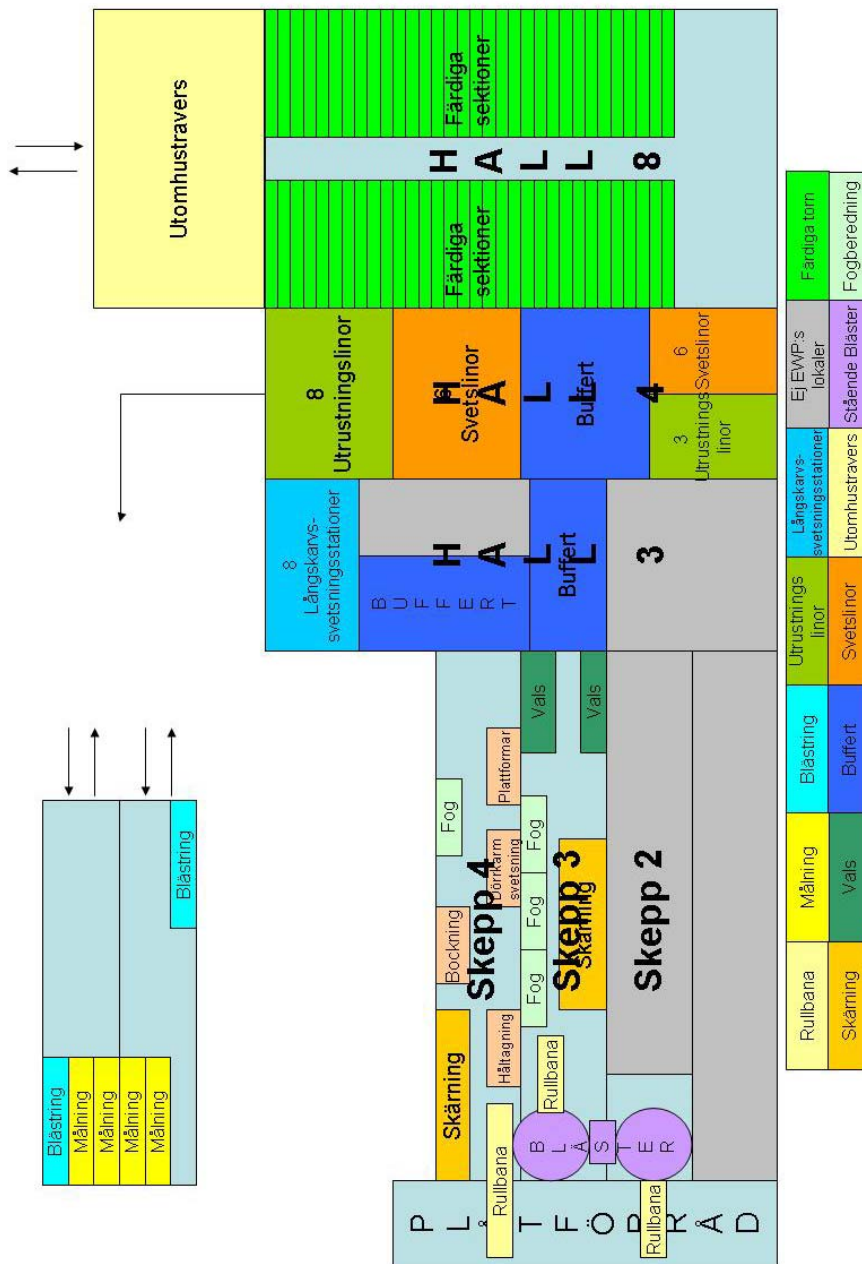
**Flöde 5:** innehållande blästring, målning, slututrustning och färdivarulager.

Slutligen kommer fundamentstillverkning och maskinverkstaden beskrivas separat.

Flöde 1 hanterar i första hand tunnare plåt (<30 mm) som förser valsarna med plåtar. ”Flöde 2” kan bearbeta tjockare plåt (<100 mm). Här görs samtliga fundament som skickas till valsarna samt andra tillbehör som används senare i produktionen så som dörrkarmar och ”bananer” (bottenbitar till fundamenten.)



Figur 12 EWP:s nuvarande produktionsflöde



Figur 13 EWP:s nuvarande produktionslayout

Rapporten kommer nedan endast att på några få ställen beskriva dimensionerna för maskiner och stationerna. Detta då det är irrelevant för uppsatsen hur de ser ut i dagsläget däremot kan sägas att de maskiner/stationer som är måttgivna i Bilag B är ungefär desamma som nuvarande. Vidare ges en hyfsad visuell bild av

*förhållanden mellan maskiner stationer och lokaler i Fel! Hittar inte referenskölla..*

### 4.3.1 Flöde 1

#### 4.3.1.1 Plåtförråd

Mängden plåt i förrådet varierar mellan ett lager på tre till fem veckor produktionskapacitet. Anledningen till att lagret är så pass stort är för att de tar en vecka att lagerföra plåtarna samt kan fartygets ankomst variera med en hel vecka. Vid lossningen av fartyget används en inhyrd mobilkran som lossar plåten på ca 8 timmar.<sup>106</sup> Kranen lyfter plåtarna med så kallade plåthandskar vilket kan leda till smärre deformationer vid fättningsytan mellan plåt och plåthandske.<sup>107</sup>

Plåtarna som skall förädlas till vindkrafttorn förs från kajen till gemensamt plåtförråd. Plåtarna tas från förrådet med hjälp av en magnettravers. Traversen lägger plåten på en rullbana som löper vidare till blästringen i Skepp 3 eller på en annan rullbana som löper till gasbrännaren i Skepp 4 (dessa plåtar är köpta färdigblästrade). Idag arbetas det tvåskift i plåtförrådet.

Inleverans av plåtar sker för närvarande endast med fartyg. Fartyget kommer ungefär en gång per vecka. Vid dessa tillfällen blir transportresurserna snedfördelade på företaget. Bocksläpet som normalt endast transporterar sektioner inom området ska då även transportera bort plåtar som lagts på bockar vid fartyget och flytta dem till plåtförrådet i mån av plats annars till annan fri yta. Även ett annat stort släp används för att transportera plåtar från lossningsplatsen vid båten till plåtförrådet. Då fartyget måste lastas av snabbt kan det bli problem vid alla andra stationer som är beroende av bocksläpet. Till exempel kan blästring/målningshallen stå och vänta på att få in en oblästrad sektion eller vänta på att få ut en färdigblästrad sektion och därmed bli stående utan arbete.

#### 4.3.1.2 Blästring

Tidigare köpte EWP all plåt färdigblästrad. Men då detta kostade 15 Euro per ton plåt, investerade de i en ny bläster som har kommit igång under våren. Blästern är av en stående variant (se Figur 14). Blästringsprocessen börjar först med att en plåt kommer in från förrådet på ett rullbord som för över plåten på ytterligare ett rullbord som har möjlighet att rotera 90 grader samt resa plåten till vertikalläge. Därefter förs plåten in i blästern för att blästras och slutligen anländer plåten på andra sidan till ett liknande rullbord så som vid inmatningen. Här läggs plåten ner igen samt roterar åter 90 grader för att sedan lagras på ett rullbord. På det utgående rullbordet får en plåt plats D.v.s. blästern har kapacitet att hushålla fyra plåtar

<sup>106</sup> Sven Sandberg Inköps och beredningsansvarig EWP

<sup>107</sup> Ohlsson

samtidigt varav två kan vara färdiga samtidigt. Själva blästringen har en hastighet på 1,5 m/min och klarar av en maximal tjocklek på 100 mm och en plåtbredd på 4 m . Blästern går på två skift. Utrustningen är enormt utrymmeskrävande varav särdeles de två roterande vändborden på vardera 20 meter. Ett av borden kan ses till höger i bild Figur 14.

Från rullborden flyttas plåtarna vidare via travers till plasmaskäraren.



*Figur 14 EWP:s stående bläster. Blästern syns längst bak, medan ena rullbordet syns uppfällt till höger.<sup>108</sup>*

#### 4.3.1.3 Plasmaskärning

Efter blästringen transporteras plåtarna via travers till plasmaskäraren för att skäras i ”bananformer” (se Figur 15). (Anledningen till bananformen är att plåten senare skall bli ett koniskt svep, d.v.s. ena sidan måste vara längre än den andra)

---

<sup>108</sup> EWP



Figur 15 "Bananformad" plåt

Plasmaskäraren består av två separata bad. Till varje bad finns det ett skärhuvud. Skärhuvudena är sammanlänkade med varandra via en vagn som går längs med badet (se Figur 16). Dessa kan således röra sig i både x och y-led, dock kan de enbart ha samma mönster och tjocklek på plåtarna om de skall köras parallellt. Det vill säga att i dagsläget kan båda skärhuvudena endast användas samtidigt då det är två identiska plåtar som skall tillverkas. Även bör noteras att skärmaskinen måste vara avslagen då den skall plundras (tömmas på plåt) samt matas.<sup>109</sup> Blästern går på två skift samt tar det mellan 30 och 60 minuter att skära en plåt.

---

<sup>109</sup> Ohlsson





*Figur 16 EWP:s plasmaskärare<sup>110</sup>*

#### *4.3.1.4 Fogberedning*

Efter plasmaskärningen lyfts plåtarna vidare med travers för att fogberedas. Plåten läggs på bockar för att därefter beredas. Beredningen sker på samtliga ställen med två maskiner som fästs vid plåten manuellt som sedan automatiskt bearbetar plåtens kanter. Detta görs på tre stationer varav två kan bereda ovansidan av plåten medan den tredje kan bereda undersidan. De vanliga fogarna som görs är X-fog (plåtar med tjocklek över 25 mm), Y-fog (plåttjocklek 14–25 mm), I-fog (plåttjocklek under 14 mm). Det är bara X-fogen som behöver beredas på båda sidorna. I-fogen slipas bara till för hand och behöver inte beredas. I *Figur 17* ses bild på en av fasmaskinerna för översida. Det tar ca. 40 minuter för en plåt att bli fasad på en sida. Även Fasningen går på två skift.

---

<sup>110</sup> EWP





Figur 17 Fogberedningsmaskin vid EWP.<sup>111</sup>

## 4.3.2 ”Flöde 2”

### 4.3.2.1 Inleverans

För inleverans i flöde 2 kommer de tjockare plåtarna direkt från plåtlagret till Skepp 4 utan att gå via blästern. Plåtlagrets magnettravers lägger plåtarna på en rullbana som transporterar in dem parallellt med gasskäraren. Plåtarna i de grövre dimensionerna köps färdigblästrade då flödet i dagsläget inte harmonierar med placeringen av blästern. Dessa tjockare plåtar används framförallt i fundament och dörrkarmar då plasmaskäraren inte klarar de grövre godstjocklekarna. Efter att plåten kommit in på rullbanan lyfts de antingen direkt till gasskäraren med travers med plåthandskar (en typ av klämma som håller plåten tack vare plåtens egentynngd) som löper i Skepp 4 eller läggs plåten på platsen för håltagning.

Hela Flöde 2 går på ett skift.

### 4.3.2.2 Håltagning

För plåtarna som skall användas till fundament ska det längs med hela svepet göras ovala hål för att kunna fixera fundamentet i betongen med armeringsjärn. Innan

---

<sup>111</sup> EWP

dessa hål skärs ut med gasskäraren måste de förborras för att underlätta starten vid bränningen. Denna förborring sker manuellt med en magnetborrmaskin efter att alla hålen märkts ut och körnats efter en mall.

#### 4.3.2.3 Gasskärning

Bränningen sker till motsats från plasman ovan vatten där plåten läggs på plintar som har ett vattenbad under sig. Plåten positioneras mot klossar ovan vattenbadet och startpunkt för bränningen anges. I normalfallet är det endast ett skärmunstycke som används men om plåtar till dörrkarmar skall skäras används fyra skärmunstycken då det endast handlar om att skära plåtarna parallellt till rätt bredd.

#### 4.3.2.4 Fogberedning

Fogberedning sker vid en station i Skepp 4. Här fogbereds samtliga detaljer som skall vidare från gasskäraren, undantag kan dock göras vid hög belastning genom att transportera plåtar till Skepp 3 för fogberedning

#### 4.3.2.5 Bockning

Dörrkarmstillverkningen består av två delar. Först bockas godset i en 500 tons hydraulpress. De olika radierna pressas genom att olika mellanlägg används i pressen. Delarna skickas sedan vidare för ihopsvetsning.

#### 4.3.2.6 Svetsning av karmar

Efter bockningen svetsas två dörrkarmshalvor ihop till en dörrkarm manuellt med MAG-svets.

### 4.3.3 Flöde 3

#### 4.3.3.1 Valsning

Efter fogberedningen förflyttas plåtarna till en av valsarna (*se Figur 18*) med hjälp av travers. Plåten läggs på ett rullbord där plåtens position korrigeras inför valsningen. Korrigeringen av plåten till den större valsen sker med hjälp av kolvar på rullbanan samt vid den mindre valsen sker korrigeringen manuellt med hjälp av traversen.

Plåten går först in några få decimeter i valsen för att förbockas. Detta steg synes ta väldigt lång tid i förhållandevis till tiden det tar att valsa. När väl ”förbockningen” är klar snurrar valsen runt och tämligen snabbt bildas konformen. Formen bildas

genom att en stödvals vinklas och tvingar plåten till konisk form. Vid formningen roterar valsem kretsen fram och tillbaka mellan plåtens ytterlägen.

Toppssvepen brukar ta sin väg genom den mindre valsem medan de större svepen tar sin väg genom den större valsem. Efter att konformen är valsad häftas svepets skarv ihop för hand med en MAG-svets. De mindre svepen tar längre tid att tillverka än de större då det är avsevärt svårare att sammanfoga dessa då plåten inte ger med sig lika lätt vid felkorrigering som de större plåtarna. Detta på grund av att den mindre radien gör plåten svårformad. Tiderna för valsningen ligger mellan 30-60 minuter med tendens att genomsnittligt ligga närmare 60 minuter. Båda valsarna går på treskift.



Figur 18 Valsning av plåt till svep<sup>112</sup>

#### 4.3.3.2 Långskarvssvetsning

Efter valsningen av svepen förflyttas de med travers till Hall 3 där långskarvssvetsning (se Figur 19) sker (långskarven är den skarv som uppkommer mellan plåtens ytterändar då svepen rundvalsas). Första momentet vid långskarvssvetsningen är att en bottenrada läggs för hand med MAG-svets för att hindra pulverbågssvetsen från att bränna igenom. Det kritiska momentet vid pulverbågssvetsning är start och stopp, därför måste plåtbitar provisoriskt fästas vid start och stoppunkten för svetsen. Därefter läggs en eller flera strängar

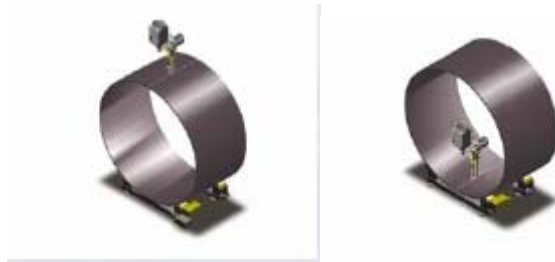
---

<sup>112</sup> [http://www.ds-sm.dk/graphics/DS\\_SM/Profil/sm\\_presentation\\_dk.pdf](http://www.ds-sm.dk/graphics/DS_SM/Profil/sm_presentation_dk.pdf) 2007-05-30

pulverbågssvets inifrån. Därefter fylls resten av fogen upp utifrån och till sist skärs start och stopp plåtarna av och kanterna slipas för att vara identiska med fogtypen på resterande del av svepet.

I dagsläget finns det 6 långskarvsstationer i Hall 3 som servas av tre svetskranar samt en långskarvsstation i Hall 4.

Efter långskarvssvetsning skickas svepen vidare via traves till en ”järnvägsvagn” för transport till Hall 4. Anledningen är att traverserna ej kan korsas varandra.



Figur 19 Långskarvssvetsning utvändigt och invändigt<sup>113</sup>

#### 4.3.3.3 Flänsmontering

Efter långskarvssvetsningen skall de svep som sitter ytterst på en sektion förses med en fläns. Flänsen monteras intill stationerna för långskarvssvetsning. Alla flänsar utom toppflänsarna häftas enbart för att helsvetsas vid rundskarvssvetsningen senare. Detta för att undvika dragningar.

När det är en toppfläns som skall monteras svetsas två svep ihop för att sedan monteras på toppflänsen. Anledningen till att det är två svep är att även en plattform sätts in i toppsektionen på samma station och därmed är det omöjligt för svetskranen att komma åt senare. Svepen och flänsen svetsas ihop med pulverbågssvets från utsidan efter att bottenradan (en heltäckande svets för att kunna pulverbågssvetsa skarven utan att svetsen droppar) lagts med MAG-svets. Därefter svetsas toppflänsen och svepen med pulverbågssvets från insidan för att sedan skickas vidare till maskinverkstaden för planing.

Vid de övriga fallen läggs flänsarna upp på ett bord bestående av plintar. Där på välts ett svep ovanpå och efter fixering av positionen häftas de ihop med MAG-svets. Vid denna station arbetas det i treskift.

---

<sup>113</sup><http://esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126920.pdf> 2007-05-30

## 4.3.4 Flöde 4

### 4.3.4.1 Sektionssvetsning – svetslinor

Efter att svepen har anlänt till Hall 4 är det dags för sektionssvetsningen (svetslinorna). Här svetsas svepen samman till sektioner. Först häftas ett till två svep samman. Detta görs med hjälp av så kallade ”fit up bockar” som går att justeras i höjdlid samt med hjälp av en hydraulstång som pressar svepen från insidan till rätt passform.

När passformen är korrekt och i rätt position svetsa denna punkt samman för hand med MAG-svets. Därefter fortskrider processen och slutligen har hela svepet provisoriskt fästs samman (häftats). Efter detta steg svetsas en så kallad bottenrada som har för syfte att möjliggöra pulversvetsningen senare, då denna annars hade droppat rakt igenom godset. Rundskavssvetsningen sker både på in och utsida. Efter att en till två svep sammanfogas ytterligare en till två svep till dessa för att där efter genomgå samma operation. Denna process sker till dess att erforderlig mängd svep har sammanfogats.

I dagsläget finns det 12 svetslinor samt 6 Svetskranar som servar dessa. Vid svetslinorna arbetas det treskift.

### 4.3.4.2 Kvalitetskontroll

Efter förutrustningen väntar sektionen på samma plats för att kvalitetskontrolleras. Denna process består av att en inspektör granskar svetsarna med ultraljud. Det är enbart 10% av svetslängderna som behöver testas dock samtliga skarvar där rundskarven möter långskarven. Om fel uppkommer måste ytterligare 10% granskas och om här uppstår fel måste resterande av skarven kontrolleras<sup>114</sup>

Efter godkänd kvalitetskontroll monteras sektionerna på bockar för att möjliggöra transport vidare till blästring/målningshallen.

### 4.3.4.3 Reparation

Efter att tornet är färdigsvetsat och kontrollerat kan det behövas reparationer om ultraljudsundersökningen visat defekter som sprickor eller inneslutningar som är utanför den tillåtna felmarginalen. Kontrollanten märker då ut området som skall reparationssvetsas samt djupet som felet ligger på. Därefter måste svetsfogen kolbågas upp till rätt djup för att sedan reparationssvetsas. I dagens produktion ligger rotsidan av svetsen närmast utsidan av sektionen och det är huvudsakligen i roten av svetsen som defekter uppkommer. Det är därför vanligast att kolbågning

---

<sup>114</sup> Ohlsson

och reparation sker från utsidan och där det är möjligt att utföra reparationen med pulverbågssvets och i andra fall med MAG-svets.<sup>115</sup>

Efter fullgjord lagning sker ytterligare en kvalitetskontroll på de reparerade svetsarna.<sup>116</sup>

#### 4.3.4.4 *Montering*

Efter att en tornsektion sammansvetsas skickas de vidare via travers för att utrustas med fästen till stegar och plattformar samt dörrkarmar till bottensektionerna (sektion 3).

Dörrkarmsinsättningen sker i tre steg. Först skärs dörrhålet ut, därefter lyfts dörrkarmen på plats och häftas. Där efter svetsas dörrkarmen förhand med MAG svets både på in och utsidan. Hela detta moment tar ca 20 timmar. För detaljerade tider se processanalysen i kapitel 5.

Monteringen är uppdelad i två steg. Först häftas detaljerna fast i tornet och därefter helsvetsas dessa. För att veta var detaljerna skall vara används stora mallar som måste lyftas ut och in i tornen. Detta tar ca 2-3h medan svetsningen i sig tar ca 6 h, allt beroende på sektionstyp. Efter monteringen sker en enkel visuell kvalitetskontroll.

I dagsläget finns det 11 stationer för utrustning. Här arbetar man också treskift.

### 4.3.5 **Flöde 5**

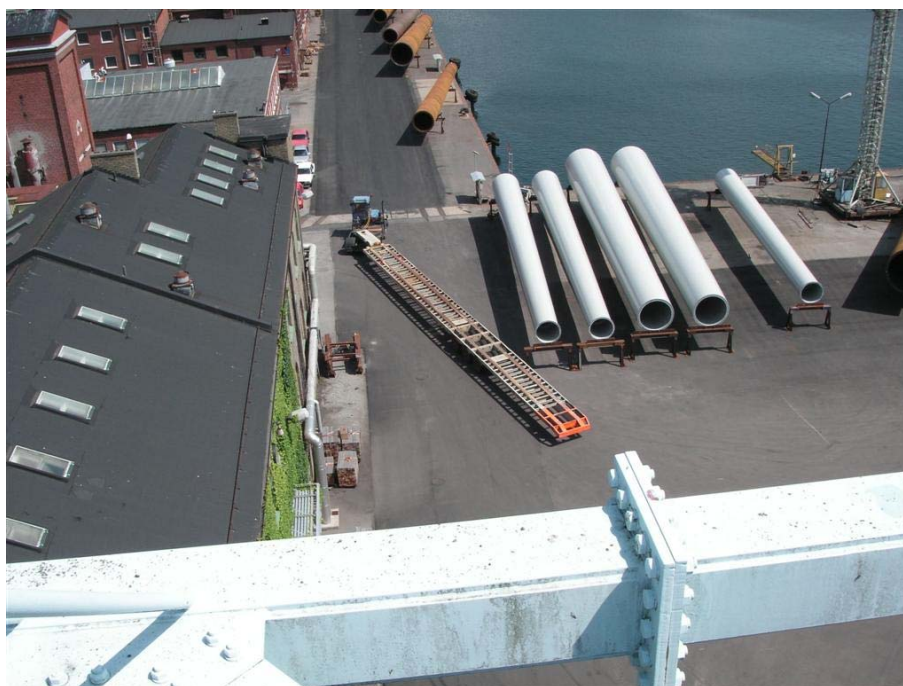
#### 4.3.5.1 *Blästring*

Efter godkänd kvalitetskontroll skickas sektionerna vidare till blästring. Innan transport monteras så kallade bockar på sektionen för att det skall vara möjligt att transportera sektionen med deras bocksläp (se Figur 20). Detta sker genom att gaveln på hallen där monteringen sker öppnas och bocksläpet kan backas in.

---

<sup>115</sup> Ohlsson

<sup>116</sup> Ibid.



*Figur 20 I bildens mitt står EWP:S bocksläp. Till höger står sektioner på bokar redo att bli transporterade till slutmonteringen.<sup>117</sup>*

När väl sektionen kommit in i blästring/målningshallen monteras bockarna loss från sektionen och sektionen lyfts därefter från bockarna med travers för att läggas på rullbockar i direkt anslutning till blästringsboxen. Därefter blästras sektionen. Blästringen kräver två personer som arbetar samtidigt på grund av säkerhetsskäl.

I dagsläget är där en del problem och stopp med den av blästerboxarna som har automatisk tömning. Dessa problem anses av Magnus bero på att tornen som kommer in är fuktiga och där med blir blästringsmediet fuktigt.<sup>118</sup>

Efter slutförd blästring metalliseras flänsarna i blästringsboxen. Därefter rullas sektionen ut ur boxen för att där på ytterligare en gång blåsas ren. Sedan lyfts sektionen till så kallade giraffer som fungerar som hållare vid målning. Anledningen till att detta byte krävs är framför allt på grund av att under målning och torkning får inte sektionernas målade ytor vara i kontakt med något annat. Girafferna har hjul som roterar på insidan av sektionens fläns eller på insidan av den fixtur som monterats på flänsen.

För att blästra en sektion tar det maximalt åtta timmar. Vid målnings och blästringshallarna arbetas det i treskift.<sup>119</sup>

---

<sup>117</sup> EWP

<sup>118</sup> Magnus Sachs Måleriförman EWP



#### 4.3.5.2 Målning

Målningen sker i fyra steg. Först målas ett baslager av färg där sektionens utstickande detaljer penslas för hand. Därefter sprutmålas hela sektionen, för tider se *Tabell 3* nedan. Efter baslagret sker torkning (se *Tabell 4*) och därpå är det åter dags att måla sektionen med ett skyddande ytterlager. Denna process är liknande den för baslagret. Efter det andra skiktet färg skall sektionen åter torka.

*Tabell 3 Målningstider för de olika sektionerna för E-70 torn.<sup>120</sup>*

Sektion	Tid
Sektion 1	3-4 h
Sektion 2	2,5-3,5 h
Sektion 3	3,5-4,5 h

*Tabell 4 Torkningstider i förhållande till temperatur<sup>121</sup>*

	+3 C°	+10 C°	+15 C°	+20 C°	+25 C°	+30 C°
<b>Bas lager</b>	15,5 h	11,5 h	8,5 h	5,5 h	4,5 h	2,5 h
<b>Ytterlager</b>	48 h	20 h	12 h	8 h	6 h	4 h

#### 4.3.5.3 Slututrustning

Efter att sektionen åter igen lagts på bockar i blästrings/målningshallen transporteras sektionen med bocksläpet till slututrustningen. Här installeras den interiör i tornen så som stegar, kablar, plattformar samt eventuella hissar. Tidsåtgången varierar mellan 10-16 timmar beroende på om tornet skall ha hiss eller ej.

#### 4.3.5.4 Färdigvarulager – utleverans

Efter att sektionen blivit färdigställd på slututrustningen och förseglade i ändarna är de klara för utleverans. De torn som planeras att skickas ut samma dag skall vara vid en särskild utlastningszon där lastbilar med förlängd trailer backar in och blir lastade av traversen. Lastningen kräver endast en travers då traverserna i Hall 8 har dubbla lyftok för att ta tornen i varje ände samt en maximal lyftkapacitet på 125 ton/lyft ok

Beroende på torn typ och lastbil finns det en rad olika modeller av fötter som ska monteras på tornen för att passa trailern. Det är svårt att veta vilka fötter som skall användas vid transport då tiden för utleverans är flytande och biltyper ej kända förrän strax innan leverans.

---

<sup>119</sup> Magnus Sachse Måleriförman EWP

<sup>120</sup> Ibid.

<sup>121</sup> Internt material



## 4.3.6 Övrigt

### 4.3.6.1 *Fundamentstillverkning*

Fundamentstillverkningen sker i Hall 8, här används två stora rullbockar med tillhörande svetskran samt ett stort uppläggningsbord av stålplintar. De så kallade bananerna som skurits ut i gasskäraren har transporterats hit för att sammanfogas till en stor ring. Denna ring skall svetsas i botten på fundamentet. Fundamenten förses även med en fläns vid denna station.

### 4.3.6.2 *Planing av topp fläns*

När toppflänsen och två svep är färdigmonterade tas de ur det normala flödet för att ta vägen inom maskinverkstaden för planing. Toppflänsen har större krav på att ytan ska vara plan, än övriga flänsar. Hela toppdelen med fläns och två svep sätts upp i en svarv och planas för att sedan skickas vidare till svetslinorna i Hall 4. Tidsåtgången för själva planingen är endast 3-4 timmar men det har visats sig vara oerhörda problem med planering och således är ledtiden avsevärt längre och svår att förutsäga. Toppsektionerna måste gå in i fabriken två veckor innan resterande torn då toppen måste ta vägen in om maskinverkstaden.<sup>122</sup>

### 4.3.6.3 *Transporter inom fabriken och fixturer för hantering*

Det har visat sig att vid flera steg i tillverkningen behövs interna transporter som är utöver det vanliga. Dessa transporter börjar ske efter monteringen. Här skall sektionen monteras på bockar för att sedan kunna transporteras med bocksläpet till blästringen. Därefter i blästringen skall dessa bockar monteras av. Efter blästringen skall sektionen monteras på så kallade ”giraffer” (se Figur 21). Här kan det ibland krävas en fixtur emellan sektionen och giraffen, då det inte alltid går att fästa tornet direkt vid girafferna. Det bör även nämnas att visst strul finns med ”giraffernas” gummihjul som sektionen rullar på. Dessa har tendens att spricka samt slits gummit bort och ramlar ner i sektionen när färgen fortfarande är fuktig.

Vidare efter målningen skall sektionerna monteras bort från girafferna och eventuella fixturer. För att sedan monteras tillbaka på bockarna för vidare transport till slututrustningen. Vid slututrustningen i sin tur skall bockarna åter monteras av för att sättas på provisoriska små fötter. Efter att tornet färdigställts och transportmedel bestämts skall åter fötterna bytas ut mot fötter som passar det specifika transportmedlet.

---

<sup>122</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP



Figur 21 "Giraff" monterad på en sektion<sup>123</sup>

#### 4.3.6.4 Buffertar

Buffertar uppstår på flera ställen i produktionen. De första buffertarna som träffas på är direkt efter blästringen. Denna buffert synes tämligen stor och har vid flera tillfällen setts rymma över 30 plåtar. Vidare syns en mindre buffert mellan plasmaskäraren och fogberedningsstationerna och ytterliggare en buffert mellan fogberedningsstationerna och valsningen.

Där är även buffertar mellan valsning och långskarvsvetsning samt mellan långskarvsvetsning och svetslinorna. Mellan svetslinorna och monteringen uppstår ingen buffert. Däremot har EWP en buffert mellan montering och blästring som uppstår när sektionerna förvaras utomhus på bockar. Slutligen har dem en buffert mellan målning och slututrustning där sektionerna återigen står på bockar utomhus.

### 4.3.7 Organisation i produktionen

Personalen i produktionen är i viss mån indelade fasta arbetslag t.ex. vid montering och långskarvsvetsning. Det finns dock flertalet undantag då vissa inte arbetar skift utan har fasta tider och således är de delaktiga i olika arbetslag varje vecka. Arbetslagen är ganska specialiserade. De kan sin arbetsuppgift men inte andras.

---

<sup>123</sup> EWP

Arbetslagen arbetar inom en tämligen snäv radie av arbetsuppgifter så som nämnts ovan enbart långskarvsvetsning eller endast montering. Det finns dock vissa undantag framförallt rörande skärmaskinen som många kan köra likaså kan flertalet hantera traverserna och göra enkla häftningar med MAG-svets. Några få som varit i produktionen har haft möjlighet att rotera och kan hantera flera operationer. Det är något som uppmuntras från ledningen men inte all personal vill och är lämplig. Rörande förbättringsprojekt initieras dessa av ledningen men de berörda i produktionen får stort inflytande då idéerna bOLLAS aktivt.<sup>124</sup>

## 4.4 Produktionsjämförelser

*Nedan följer först beskrivning av de företag som vi har gjort studiebesök på där efter sker en sammanställning av olika varianter för produktionen. Utförligare beskrivning av studiebesöken finns i separata reseberättelser som överlämnats till EWP.*

### 4.4.1 Beskrivning av besökta fabriker

#### 4.4.1.1 SAM Magdeburg (Tyskland)

Besöket på SAM Magdeburg varade en och en halv dag 2007-03-(7-8). Först fick vi en regelrätt rundvandring därefter fick vi spendera fri tid i fabriken. Vår kontaktperson var Mario Lenz (Kvalitetsingenjör). Företaget tillverkar stora stålkonstruktioner, allt från broar till vindkraftorn och svetsning av generatorkomponenter. Den del av SAM som tillverkar vindkraftstorn ägs av Enercon.<sup>125</sup> De har tillverkat vindkraftstorn för Enercon sedan 1997<sup>126</sup>. SAM har cirka 150 anställda på vindkraftstornstillverkningen. De tillverkar mellan 3-4 torn i veckan varav huvudprodukten i deras produktflora består av 4 sektioner. Det vill säga de producerar 12-16 sektioner/vecka. Deras ledtid är 8 dagar<sup>127</sup>.

#### 4.4.1.2 DS-SM (Danmark)

Rundturen på DS-SM skedde 2007-03-19 (varade i ca 2,5 h) och gavs av Jens Holk Nilssen (Technical deviser). Företaget tillverkar diverse stålkonstruktioner, allt från kranar och master till vindkraftstorn. Deras vindkraftstornstillverkning utgör 40 procent av deras produktion. De har 400 anställda varav 160 personer är dedikerade till vindkraftproduktionen. De tillverkar vindkraftstorn åt bland annat Siemens och Vestas dock ej åt ENERCON. DS-SM har en kapacitet på 18

---

<sup>124</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>125</sup> Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

<sup>126</sup> [http://www.esab.se/se/se/news/upload/ESAB\\_nytt\\_191\\_final.pdf](http://www.esab.se/se/se/news/upload/ESAB_nytt_191_final.pdf)

<sup>127</sup> Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

sektioner i veckan och en ledtid på 2 veckor men jämte kund är ledtiden mellan 4-6 veckor.<sup>128</sup>

#### 4.4.1.3 *SIAG Finsterwalde (Tyskland)*

Rundvandringen på SIAG Finsterwalde skedde 2007-04-11 och gavs av Frank Schulze (Tekniker). Fabriken tillverkar ca 400 sektioner/år på treskift med 120 anställda varav ca 4-6 inte är involverade i tillverkningen utan fungerar som konstruktörer.

Ledtiden för ett torn är ca 6 veckor. SIAG-Finsterwalde tillverkar torn till bland annat V-Power och Siemens, dock ej till ENERCON. De tillverkar framförallt prototyper vilket gör att deras produktflora ständigt varierar och nya krav ställs på tillverkningen. Detta är en bidragande faktor till att deras ledtid är så pass lång.<sup>129</sup>

#### 4.4.1.4 *SIAG Leipzig (Tyskland)*

Studiebesöket på SIAG Leipzig var 2007-04-12 och gavs av både Wolfgang Hahn (kvalitetsansvarig) och Thies Sievrs (försäljningsansvarig).

Fabriken tillverkar ca 500 sektioner/år på treskift inklusive lördag, med 150 anställda varav ca 100 var direkt knutna till produktionen. Deras ledtid på en sektion är cirka 4 veckor.<sup>130</sup>

SIAG-Leipzig tillverkar torn till bland annat ENERCON, Vestas och GE. Även dessa tillverkar främst prototyper av nya torn därför blir en rationalisering av produktionen svår att genomföra. Detta medför samma problem som för SIAG Finsterwalde.<sup>131</sup>

### **4.4.2 Sammanställning av produktionen vid de studerade fabrikerna**

Generellt kan sägas att samtliga fabriker var unika i sitt sätt att tillverka torn. Detta beror troligtvis på fabrikslokalernas tidigare användning i tyngre industri, ingen av de besökta fabrikerna har byggts med avsikten att tillverka vindkraftstorn. Med detta i åtanke bör även sägas att skillnaderna var väldigt stora i allt från utnyttjandegrad av lokaler till ledtid och kapacitet.

---

<sup>128</sup> Jens Holk Nilssen (Technical deviser) DS-SM

<sup>129</sup> Frank Schulze (Tekniker) SIAG Finsterwalde

<sup>130</sup> Thies Sievrs (Försäljningsansvarig) SIAG Leipzig

<sup>131</sup> Wolfgang Hahn (Kvalitetsansvarig) SIAG Leipzig

#### 4.4.2.1 Intransport/Lagring

Vid besöken uppdagades två sätt att hantera intransport och lagring, dels genom liknande sätt som EWP. Det vill säga råplåt kommer från stålverken med antingen lastbil, båt eller tåg. Den andra varianten var genom att beställaren själv ombesörjde att plåten kom till fabriken färdigskuren.<sup>132</sup>

Märkning av plåtarna skedde på lite olika sett, frekventast var märkning med någon typ av märkpenna dock såg vi på SAM Magdeburg att de använde sig av en märkpistol så att plåtidentiteten stansas in i plåten. De menade deras metod var bra då de inte behövde märka om plåten när den gått igenom blästern.<sup>133</sup>

På samtliga anläggningar användes vakuumliftok för hantering av plåtarna.

#### 4.4.2.2 Blästring

För blästring av plåtar uppdagades tre varianter, nämligen färdigblästrad plåt från leverantören<sup>134</sup>, ståendeblästring<sup>135</sup> samt liggande blästring<sup>136</sup> <sup>137</sup>. Den liggande blästern såg ut att ta större plats än den stående blästern samt att den stående blästern krävde en ”källare” för att kunna bearbeta plåten på undersidan. Men i gengäld krävde inte den liggande blästern att plåtarna ställdes upp. SIAG Leipzig hade en stående bläster som var placerad utomhus i samband med plåtförrådet.<sup>138</sup>

#### 4.4.2.3 Skärning

I samtliga fabriker som skar sina egna plåtar användes en gasskärare med tre lågor för att kunna bränna fasen direkt. Bordet som plåtarna lades på hade möjlighet att härbärgera två plåtar samtidigt samt plundras (tömmas på skrot och färdigt material) under körning. Brännmaskinerna positionerade sig även automatiskt d.v.s. de behövde inte som i EWP:s fall ha klossar som plåten skulle läggas mot.<sup>139</sup>  
140 141

Vid SAM Magdeburg nyttjade man sig även av att bränna in mallarna för monteringssteget i skärmaskinen, även brändes plåtens identitet in d.v.s. torntyp och sektionsnummer. Detta gjordes med ett separat munstycke med en svagare låga. De menade på att de sparade oerhörd tid genom detta moment då de inte

---

<sup>132</sup> DS-SM

<sup>133</sup> Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

<sup>134</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>135</sup> SIAG Leipzig

<sup>136</sup> SAM Magdeburg

<sup>137</sup> DS-SM

<sup>138</sup> SIAG Leipzig

<sup>139</sup> SAM Magdeburg

<sup>140</sup> SIAG-Finsterwalde

<sup>141</sup> SIAG Leipzig

behövde rita ut mallar och nummer vid monteringen.<sup>142</sup> Vi diskuterade detta förfarande även med de båda SIAG fabrikernas representanter och de menade på de inte var något för dem då de i stort enbart höll på med prototyp tillverkning.<sup>143 144</sup> Hahn vid SIAG Leipzig ansåg att det torde vara svårt att få exakta mått med uppmärkning i brännmaskinen då svetsen mellan svepen är svår att bestämma samt att svepen inte är 100 procent exakta. Således menade han på att förskjutningar kunde uppstå.<sup>145</sup>

#### 4.4.2.4 Fogberdening

Den grova fogberdeningen skedde i gasskäraren dock var samtliga tvungna att gå över fasen med vinkelslip efteråt för att ta bort slagg, oxidskikt och ojämnheter.<sup>146</sup><sup>147 148</sup> Vid SAM Magdeburg, där vi spenderade mycket tid, såg vi även att kanterna behövdes slipas till ordentligt. Momentet approximeras till 5-10 minuter.<sup>149</sup>

#### 4.4.2.5 Valsning

Valsningsmetoderna har varit mycket skiftande. Att konstatera är att likartad utrustning används det vill säga en fyrrullarsvals. Dock har vi sett olika hjälpmedel vid de olika fabrikerna. Valsmetoderna i sig är ointressant för vår rapport men tider och kvalitet är i rapportens intresse. På DS-SM tog det cirka 20 minuter att göra ett svep dock var svepets plåttjocklek något tunt så det är inte direkt överförbart till EWPs produktion men enligt Jens Holk Nilsson tog det inte mycket längre tid att göra ett svep av grövre plåttjocklek.<sup>150</sup> Vidare var deras kvalitet på svep mycket bra.<sup>151</sup> Tiderna vid de andra tre fabrikerna varierade mellan 40-60 minuter.

#### 4.4.2.6 Långskarvsvetsning

Samtliga fabriker utom SAM Magdeburg nyttjade samma teknik som EWP dock sågs vid ett tillfälle på SIAG Leipzig att svetsen kördes utan övervakning. Vid SAM Magdeburg använde de sig av en karusellliknande svetslina för långskarvsvetsningen (*Se Figur 22*). I ”karusellen” finns fyra platser var av två är avsedda för inmatning och utmatning. Vid station 1 görs insidan av långskarven medan vid station två görs utsidan av skarven.

---

<sup>142</sup> Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

<sup>143</sup> Frank Schulze (Tekniker) SIAG Finsterwalde

<sup>144</sup> Wolfgang Hahn (Kvalitetsansvarig) SIAG Leipzig

<sup>145</sup> Ibid.

<sup>146</sup> SIAG Leipzig

<sup>147</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>148</sup> SAM Magdeburg

<sup>149</sup> Ibid.

<sup>150</sup> Jens Holk Nilssen (Technical deviser) DS-SM

<sup>151</sup> DS-SM



Figur 22 Karusell vid långskarvsvetsning<sup>152</sup>

#### 4.4.2.7 Omvalsning

Omvalsning kunde ske på samtliga ställen dock menade flertalet på att de var ytterst sällsynt då deras svep höll så pass hög kvalitet efter första valsningen. Endast SAM Magdeburg hade en separat station för omvalsning.<sup>153</sup>

#### 4.4.2.8 Fogberdening

Endast vid SAM Magdeburg behövde svepen fogberedas efter valsningen detta på grund av att i en av valsarna använde de sig av så kallade konstöd (stöd för valsning av koniskform – går att valsa utan så som i övriga fabriker) vilket ledde till att ena kanten blir aningens deformerad. Fogberedningen skedde i antingen en maskin där svepet stod på högkant eller i en maskin där svepet låg på en rullbock. Vid rullbocken roterade svepet och maskinen stod stilla medan vid den stående så roterade maskinen runt plåten.<sup>154</sup>

---

<sup>152</sup> SAM Magdeburg

<sup>153</sup> Ibid.

<sup>154</sup> Ibid.

#### 4.4.2.9 Häftning (Svepsammansättning)

Sektionssammansättningen såg vi tre varianter av. På DS-SM använde de sig av en stor ”apparat” som fäste första svepet i en stor fixtur sedan använde de sig av en rullbock som kunde pressa svepet till korrekt passform. (Se *Fel! Hittar inte referensälla.*). För att häfta en sektion krävdes det enbart en person, samt verkade häftningen gå relativt snabbt. DS-SM hade tre kompletta sådana här utrustningar.<sup>155</sup>



Figur 23 Sektionssammansättningsapparat vid DS-SM<sup>156</sup>

Vid SIAG Finsterwalde använde de sig av två metoder för sammansättning av tornen. Den första metoden bestod av att bygga en halv tornsektion stående dock endast häftning. Därefter lades denna upp på rullbockar och pulverbågssvetsades. Därpå byggdes nästa halva sektion som sedan sammanfogades liggandes med den förstnämnda. Den andra metoden var lik den vid EWP.<sup>157</sup> Liknande EWP:s metod var även SIAG Leipzig dock behövde de inte ha en invändig hydraulisk kolv som pressade ut svepen mot varandra utan deras svep höll så pass bra kvalitet att de endast använde sig av utomstående domkrafter.<sup>158</sup>

SAM å andra sidan hade en tämligen primitiv metod att sammanfoga svepen. Metoden bestod i att hela sektionen häftades på en station. Detta gjordes genom att traversen håller svepet i luften medan den häftas samman, även användes domkrafter för att justera undersidan (Se Figur 24). De låste upp en traves enbart till detta moment samt var där vissa arbetsmiljömässiga aspekter som är tveksamma.<sup>159</sup>

---

<sup>155</sup> DS-SM

<sup>156</sup> <http://www.ds-sm.dk/sw17261.asp> 2007-05-20

<sup>157</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>158</sup> SIAG Leipzig

<sup>159</sup> SAM Magdeburg





Figur 24 I hophäftning av sektioner vid SAM Magdeburg<sup>160</sup>

#### 4.4.2.10 Svetslinor

Efter häftningen kommer svetsningen av sektionerna. Här skilde sig åter igen de besökta fabrikerna sig åt. SAM Magdeburg lägger en bottenrada på utsidan med MAG-svets. (Av samma anledning som EWP, för att möjliggöra pulverbågssvetsning när svepen har tillräckligt bra passform. Svetsen droppar annars genom vid öppningar)

Sektioner med tjockare plåttjocklek skickas därefter till en av SAM Magdeburg egenhändigt konstruerad svetskran med en 30 meter lång fast arm med tre pulverbågssvetsaggregat (*Figur 25**Figur 26*) som kan köras samtidigt med tandemmatning av trådarna (två trådar samtidigt). Sektioner med tunnare plåttjocklek svetsas invändigt med svetsstraktorer och även de kan köras tre stycken samtidigt. Efter avslutad invändig svetsning kolbågas utsidan för att därefter svetsas med pulverbågssvetsar. Anledningen till att de kolbågar utsidan är för att minska risken för rotfel (svetsdefekt som kräver reparation).<sup>161</sup> Pulverbågssvetsning av utsidan utförs på två stationer längs med väggarna i hallen, den ena är i anslutning till den egenkonstruerade svetskranen och den andra på motsatt sida i hallen. Den långa svetskranen kräver dock att sektionen träs in på

---

<sup>160</sup> SAM Magdeburg

<sup>161</sup> Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

armen, d.v.s. det krävs 60 meters utrymme för att kunna mata och plundra stationen.<sup>162</sup>

---

<sup>162</sup> SAM Magdeburg



*Figur 25 SAM Magdeburgs egenhändigt konstruerad svetskran med en 30 meter lång fast arm med tre pulverbågssvetsaggregat.<sup>163</sup>*



*Figur 26 SAM Magdeburgs egenhändigt konstruerad svetskran med en 30 meter lång fast arm med tre pulverbågssvetsaggregat.<sup>164</sup>*

---

<sup>163</sup> SAM Magdeburg

På de andra tre fabrikerna hade vi tyvärr inte möjlighet att undersöka svetsningen lika noga som på SAM men vid båda SIAG fabrikerna använde de sig av en liknande arm som hos SAM men de hade enbart ett svetsaggregat samt var sektionen tvungen att flytta sig horisontellt när nästkommande svets skulle påbörjas.<sup>165 166</sup>

Vid DS-SM i Danmark skedde svetsningen främst på utsidan med twin-tandem och på insidan med svetsstraktorer. De verkade dock bara göra en svets åt gången. Deras svetskranar var utrustade med kameraövervakning vilket gjorde att operatören kunde vara på markplan under själva svetsningen (*se Figur 27*).<sup>167</sup>

---

<sup>164</sup> SAM Magdeburg

<sup>165</sup> SIAG Leipzig

<sup>166</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>167</sup> DS-SM

---



Figur 27 Kameraövervakad pulverbågsvetsning vid DS-SM<sup>168</sup>

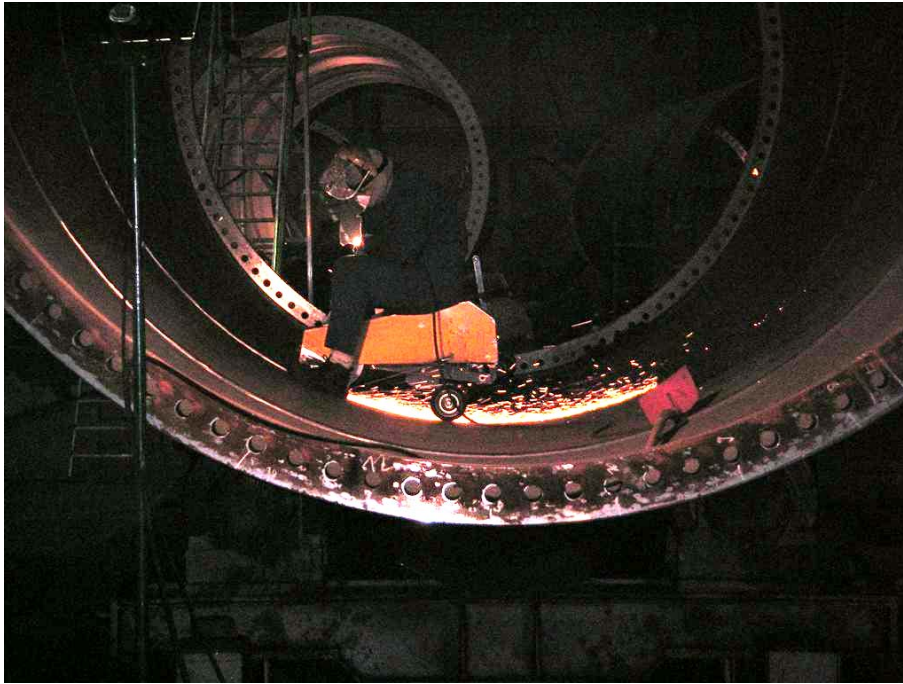
#### 4.4.2.11 Slipning

I dagsläget är det endast sektioner som tillhör torn E-82 som går vidare för att slipas och dessa torn görs enbart hos SAM Magdeburg. Anledningen till att de slipas är för att minska spänningskoncentrationerna vid svetsarna och således går det att använda tunnare plåt som i sin tur minskar plåtkostnaderna för tornen. Kapitalbesparingen är väldigt påtaglig.<sup>169</sup> Slipningen görs invändigt med så kallade slipmopeder (se Figur 28), som ser ut som en minimoped (spontant verkar detta vara ett tråkigt, enformigt och tungt arbete). Slipningen på utsidan sker med en typ av bandslip (se Figur 29) monterad på en ställning som trycks mot sektionen.<sup>170</sup>

<sup>168</sup> <http://www.ds-sm.dk/sw17261.asp> 2007-05-20

<sup>169</sup> Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

<sup>170</sup> SAM Magdeburg



*Figur 28 Bandslip för invändig slipning av E-82<sup>171</sup>*

---

<sup>171</sup> SAM Magdeburg





Figur 29 Bandslip för utvärdig slipning av E-82<sup>172</sup>

#### 4.4.2.12 Montering

På båda SIAG fabrikerna skedde utmärkningen av knastarna för hand genom att först titta på ritningen för sektionen, därefter mättes avstånden ut.<sup>173</sup> <sup>174</sup> På SAM Magdeburg var deras skärmaskin utrustad med en märkutrustning som märkte plåtarna i förhand så att vid monteringen var mallar redan inbrända. För övrigt skilde sig inte monteringen nämnvärt från EWP.<sup>175</sup>

---

<sup>172</sup> SAM Magdeburg

<sup>173</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>174</sup> SIAG Leipzig

<sup>175</sup> SAM Magdeburg

---

#### 4.4.2.13 Planing av fläns

På DS-SM och SAM planades toppflänsarna i en annan fabrik.<sup>176 177</sup> Däremot i de båda SIAG fabrikerna användes en mobil planingsutrustning. Utrustningen i Finsterwalde (se Figur 30) för planing tog med på och avmontering samt fräsning ca 8 timmar.<sup>178</sup> En annan mobil planingsutrustning användes i Leipzig, tyvärr var den inte på fabriken när vi var där men den lär ha planat en fläns på mellan 3-4 timmar.<sup>179</sup>



Figur 30 Fräsutrustning för planing av fläns<sup>180</sup>

#### 4.4.2.14 Blästring av sektioner

Samtliga fabriker utom SIAG Leipzig hade manuella blästringshallar dock inte inräknat DS-SM där vi tyvärr inte hade möjlighet att se blästringen.

I båda SIAG fabrikerna var tömningen av blästersanden automatiserad samt var hela blästringsprocessen automatiserad.<sup>181 182</sup> SIAG Leipzig har blästringsboxar

---

<sup>176</sup> DS-SM

<sup>177</sup> SAM Magdeburg

<sup>178</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>179</sup> SIAG Leipzig

<sup>180</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>181</sup> SIAG Leipzig



med automatisk in och utvändig blästring. För två helautomatiserade blästringsboxar gav de cirka 2 miljoner Euro (1998).<sup>183</sup>

#### 4.4.2.15 Målning

Målningen i sig skilde sig inte nämnvärt från de olika fabrikerna mer än i antalet skikt som målades, det berodde på antingen färgen eller leverantörens krav. Samtliga fabriker hade manuell målning. Det som skilde sig mest rörande målningen var de fixturer som användes eller som hos vissa avsaknaden av fixturer. Hur stor del av sektionen som skulle metalliseras skiljde sig också mellan de olika fabrikerna.

Vid SAM Magdeburg använde de sig av rörfixturer (*se Figur 31*) som monterades utanpå flänsarna. (Dessa monterades på redan innan blästringen). Rörfixturerna var framför allt avsedda att möjliggöra målningen men visade sig även vara bra vid slututrustningen (eftersom färgen inte skadades). Det visade sig att montörerna inte behövde använda sig av stegar och ställningar inuti tornen utan istället lätt kunde rotera tornen via rullbockar.

---

<sup>182</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>183</sup> SIAG Leipzig



*Figur 31 Rörfixtur*<sup>184</sup>

Vid vårt besök på DS-SM hade vi tyvärr inte möjlighet att se målningen men de berättade att de använde sig av hydrauliska fixturer med fem armar som trycks mot flänsens insida. Vår uppfattning var att det i princip liknade fräsen i *Figur 30*.<sup>185</sup>

Målningen i SIAG Finsterwalde skilde även den från mängden. De hade möjligheter att måla två torn åt gången. Detta skedde i en stor lokal där det fanns möjlighet att skärma in det ena tornet i en utdragbar värmekammare för att påskynda torkningen (se *Figur 32*).<sup>186</sup>

SIAG Finsterwalde använde sig även av liknande giraffer (se *Figur 32*) som EWP men med den stora skillnaden att deras hjul var av stål istället för gummihjul. Detta materialval ledde ofrånkomligen till deformationer på flänsen (se *Figur 33*). Problemet löste dem genom överenskommelse med beställaren att låta flänsens insida vara lite fasad så att deformationen ej påverkade den yttre planheten på flänsen.<sup>187</sup>

---

<sup>184</sup> SAM Magdeburg

<sup>185</sup> DS-SM

<sup>186</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>187</sup> Ibid.



*Figur 32 "Giraff" och värmeavskärningssystem<sup>188</sup>*



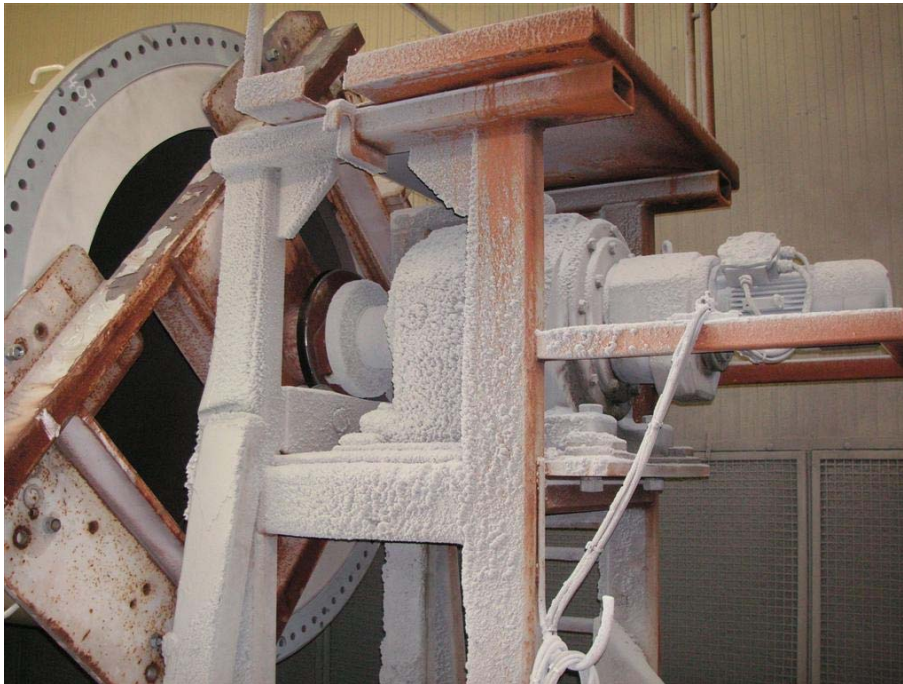
*Figur 33 Deformation av flänsens insida<sup>189</sup>*

---

<sup>188</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>189</sup> Ibid.

Slutligen fick vi se ett fjärde alternativ av målning på fabriken Leipzig. De hade specialtillverkade fixturer för att kunna rotera tornen under målningen. Dessa fixturer kunde även användas som ben vid utomhuslagring. (Se *Figur 34* och *Figur 35*). De hade mellan 50 och 100 fixturer för att passa alla sektioner de tillverkade.<sup>190</sup>



*Figur 34 En sektion fastspänd i en fixtur som där på är monterad på en giraffliknande hållare för att kunna rotera sektionen vid målning.<sup>191</sup>*

---

<sup>190</sup> SIAG Leipzig

<sup>191</sup> Ibid.



*Figur 35 Fixtur på vid utomhuslagring vid fabriken SIAG Leipzig<sup>192</sup>*

#### *4.4.2.16 Slututrustning*

Slututrustningen skedde vid samtliga fabriker utom SAM Magdeburg och i viss mån SIAG Leipzig utomhus. På alla ställen utom SAM Magdeburg var sektionerna ”fasta” och gick inte att rotera. Även noterades att vid SAM som gjorde E-82 torn (enda fabriken som gjorde dessa torn) monterades stegar och kabelstegar in hela. D.v.s. de fästes endast vid flänsen så en hel enhet med kablar etc. fördes in i tornen. Dessa förbereddes innan och fördes in med hjälp av små rullbord<sup>193</sup> (se Figur 36 och Figur 37).

---

<sup>192</sup> SIAG Leipzig

<sup>193</sup> SAM Magdeburg





*Figur 36 Väggeställning för färdigmonterade stegar och kabelstegar<sup>194</sup>*



*Figur 37 Stege och kabelstege införd i sektion på E-82<sup>195</sup>*

---

<sup>194</sup> SAM Magdeburg

<sup>195</sup> SAM Magdeburg

#### 4.4.2.17 Transporter

För transporterna av sektionerna fann vi unika lösningar på samtliga fabriker. Vid SIAG Finsterwalde använde de sig av egentillverkade hjulförsedda vagnar. Lastning/lossning av torn utomhus skedde med hjälp av en mobilkran.<sup>196</sup>

Vid fabriken i Leipzig skedde alla transport av tornen med hjälp av travers och bockkranar (se Figur 38)<sup>197</sup>.



Figur 38 Bockkranar vid fabriken i Leipzig<sup>198</sup>

Vid SAM använder de sig av en egenhändigt byggd bandvagn som är radiostyrd. (Se Figur 39 och Figur 40) Vid slutlagringen använder de sig av bockkranar.<sup>199</sup>

---

<sup>196</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>197</sup> SIAG Leipzig

<sup>198</sup> Ibid.

<sup>199</sup> SAM Magdeburg

---



*Figur 39 Bandvagn för utomhustransport av tornsektioner.<sup>200</sup>*



*Figur 40 Bandvagn lastad med sektion till E-82<sup>201</sup>*

---

<sup>200</sup> SAM Finsterwalde



Vid DS-SM använde man sig av två truckar (se Figur 41) som tog tag i vars en ända av tornet.<sup>202</sup>



*Figur 41 Truckar för hantering av tornsektioner vid DS-SM<sup>203</sup>*

#### *4.4.2.18 Övrigt*

Vid förvaring av tornen använde SIAG Finsterwalde sig av trekantiga fötter som stöd. (Se Figur 42)<sup>204</sup> Andra varianter förekom vid de andra fabrikerna men var inte lika smidiga och därför beskrivs dem inte närmare.

---

<sup>201</sup> SAM Magdeburg

<sup>202</sup> DS-SM

<sup>203</sup> Ibid.

<sup>204</sup> SIAG Finsterwalde

---



Figur 42 Vid förvaring av tornen använde SIAG Finsterwalde sig av trekantiga fötter som stöd.<sup>205</sup>

I SAM:s fabrik gick många av rullbockarna på plåtar (se bilaga A)<sup>206</sup> En av anledningarna lär ha varit att de omorganiserade produktionen ganska ofta och således behövde ett flexibelt system som var lätt att flytta.<sup>207</sup>

#### 4.5 Summering av alternativa tillverkningsmetoder

Nedan i Tabell 5 följer en sammanställning av

Tabell 5 Sammanställning av de framkomna tillverkningsmetoderna

Station	Tillverkningsmetod	Fabrik
<u>Blästring</u>	Liggande bläster	SAM
	Stående bläster	SIAG L
	Ingen bläster- köper färdigblästrad plåt	DS-SM
<u>Skärning</u>	Enkel skärning med 1 huvud	EWP
	Skärning av fas i samma operation	SAM, SIAG
	Märkning av mallar och identitet	SAM
<u>Valsning</u>	Tider mellan 60-20 minuter	Samtliga
<u>Häftning</u>	Häfta sektionerna stående	SIAG F

<sup>205</sup> SIAG Finsterwalde

<sup>206</sup> SAM Magdeburg

<sup>207</sup> Peter Overup Produktionskoordinator EWP

	Häfta med hjälp av en stor maskin	DS-SM
	Häfta med hjälp av travers och domkrafter	SAM
	Häfta med hjälp av fituper och hydralisk stång	EWP
<u>Svetsning utsida</u>		
	Svetskran	Samtliga
	Svetsaggregat fastsatt i väggen	SAM
<u>Svetsning insida</u>		
	Svetstraktor	SAM
	Svetskran	EWP
	Svetsarm med 1-3 aggregat	SAM, SIAG
<u>Montering</u>		
	Med hjälp av mallar	EWP
	Direkt från ritning	SIAG L&F
	Inbrända mallar	SAM
<u>Blästring</u>		
	Helautomatiskt både in och utsida	SIAG L
	Halvautomatiskt endast utsida	SIAG F
	Manuellt	EWP
<u>Målning</u>		
	Manuellt	Samtliga
	Rörfixturer	SAM
	Giraffer med gummihjul	EWP
	Giraffer med stålhjul	SIAG F
<u>Slututrustning</u>		
	Möjlighet att rotera sektionen	SAM
	Sätta in hela kabelpaket och stegar på en gång	SAM
<u>Internttransport</u>		
	Traverser	Samtliga DS-SM, SAM,
	Bockkranar	SIAG L
	Bandvagn	SAM
	Två truckar	DS-SM
	Bocksläp	EWP
<u>Slutförvaring</u>		
	Små trekantiga fötter till dess att fordonstyp klarlagts	SIAG F

## 5 Analys

---

*I detta kapitel sker en omfattande analys som ligger till underlag för de slutsatser som framkommer i kapitel 6. Kapitlet börjar med att analysera varje enskild process, för att därefter göra en fullständig processanalys av de stora processerna. Det leder därefter fram till ett layoutförslag. Layoutförslaget analyseras sedan vidare ur perspektiv som: hur fabriken kan utöka sin produktion tätt följt av en SWOT-analys av fabriken med bland annat de hot och möjligheter som fabriken och i viss mån EWP står inför.*

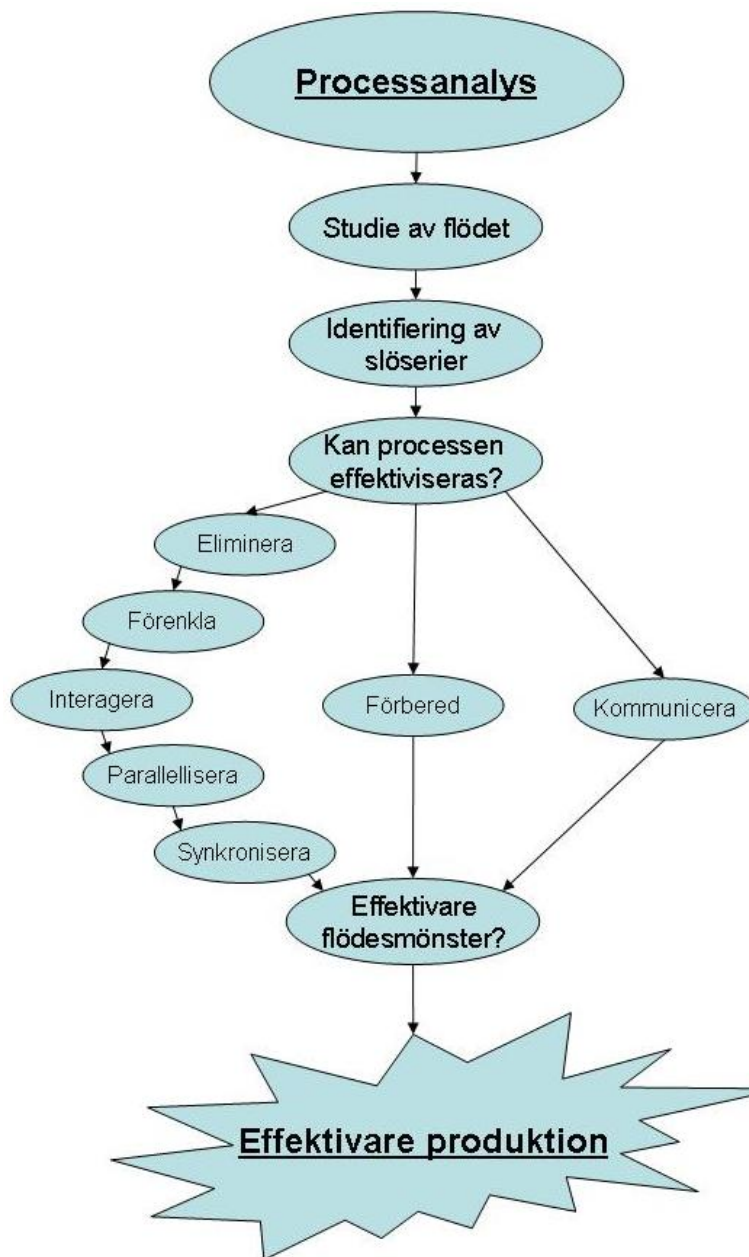
*Efter layoutförslaget och SWOT-analysen diskuteras kortfattat hur förslagen kan tänkas implementeras. Bland annat diskuteras paradigmskifte och införande av ett holistiskt tänkande.*

*Kapitlet börjar dock med **Fel! Hittar inte referenskälla.**, bild på det slutgiltiga fabrikslayoutförslaget. Anledningen till att visa layouten redan i begynnelsen av analysen är att ge en öka visualiserande bild när de första delarna av analysen läses. Lika så visas flödesschemat för fabriken som ligger till grund för strukturen för avsnitt 5.1.*

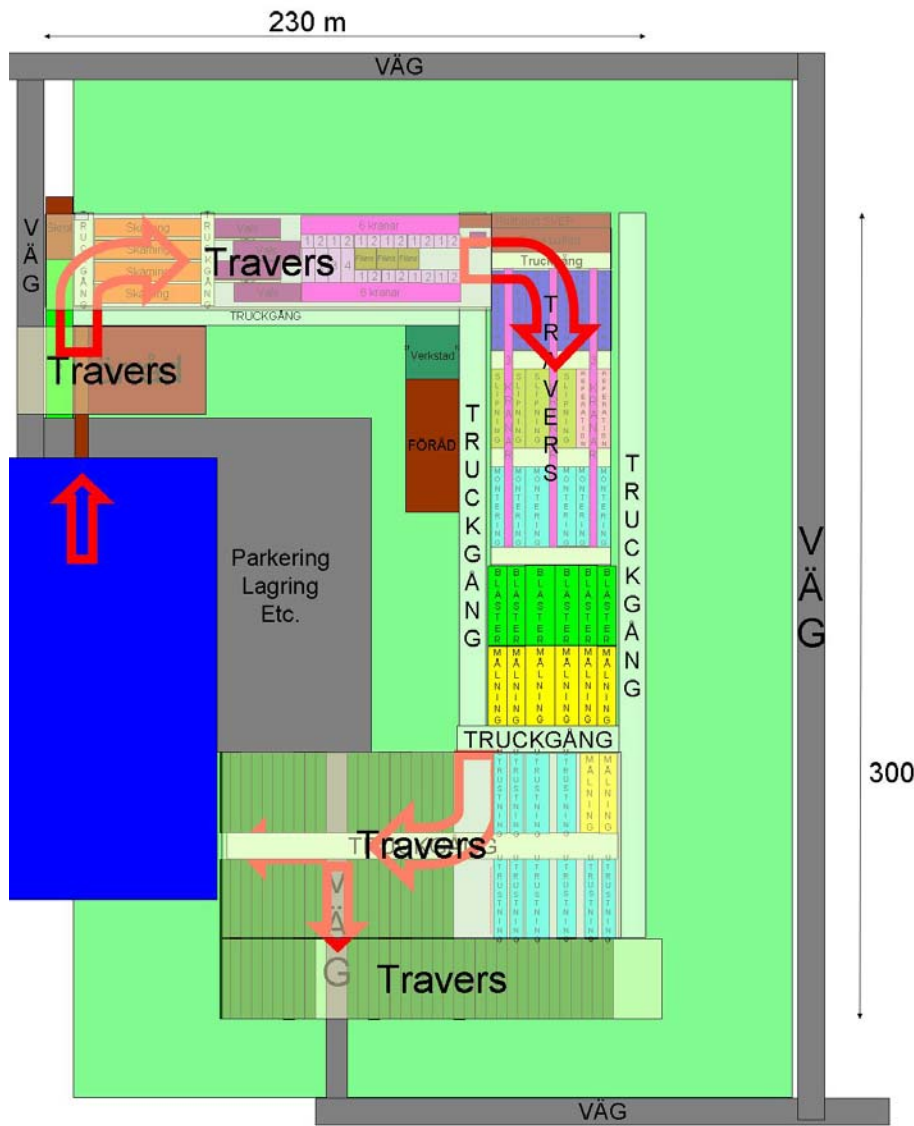
---

### 5.1 Analysmodell

Vid samtlig analys har Lean-filosofin och där tillhörande undermetodiker, så som Poka Yoke och SMED, som presenterats i teorin, varit vägledande. Den generella analysmodellen är en sammanvävning av processanalysen som beskrivs teoriavsnittet 3.2 och 3.2.1. Modellen kan ses i *Figur 43*. Resterande analys är direkt kopplad till de teorier som berörts i teorikapitlet.

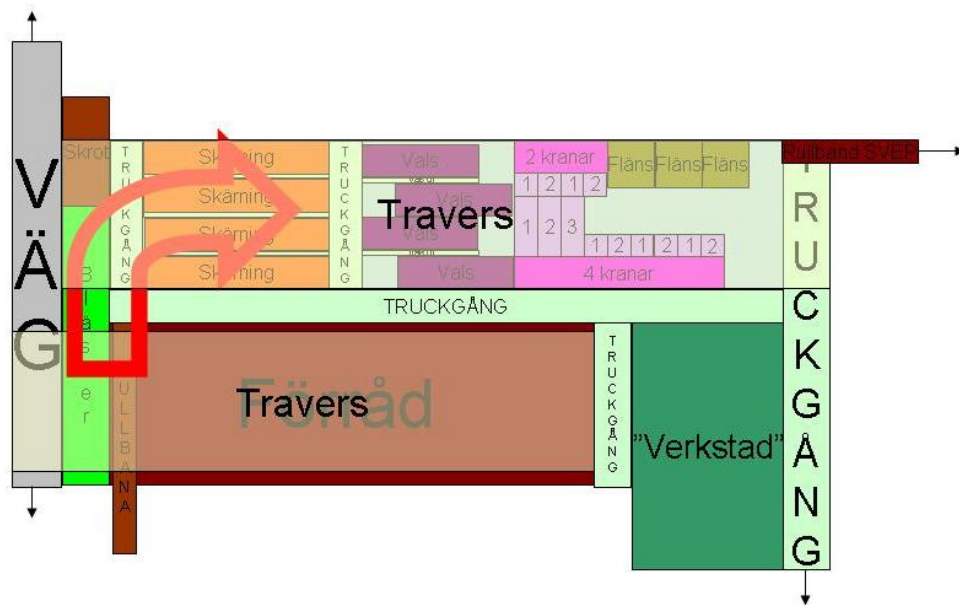


Figur 43 Övergripande processanalysmodell



Figur 44 Förslag till fabrikslayout (90 gradig kaj) till EWP:s ny fabrik

## 5.2 Analys av tillverkningsprocesser ur ett resurssnålt perspektiv



Figur 45 Föreslagen skiss över Hall 1

### 5.2.1 Förråd

#### Analys av förfaringssätt

Lagerföringen i dagsläget är inte optimal. Det tar allt för lång tid att lagerföra plåtarna. EWP har lagt in en extra lagerbuffert på en vecka endast på grund av den tid det tar för lagerföringsarbetet. Genom att reducera bort denna vecka kan företaget frigöra kapital på hela 5,9 miljoner kronor ( $7800kr/ton * 750ton/vecka$ ) enligt dagens produktion. I framtiden ökar reduktionen i takt med att produktionen ökar.

Lagerföringsmomentet bör ske radikalt fortare. Alternativ för att minska tiden är många, några är:

- Öka bemanningen de dagar det är inleverans.
- Öka samarbetet med stålleverantören och få plåtar märkta enligt EWP:S normer redan hos tillverkaren. Vidare bör EWP använda ett datoriserat system som läser av märkningen vid inleverans och därmed bestämmer platsen i lagret. Detta är ett tämligen avancerat system men inget nytt på marknaden. Detta ligger i riktning med Poka Yoka och SMED metodiken då en dator inte

gör några fel så länge de ingående variablerna är korrekta. Samtidigt minskas ställtiden då datorn registrerar plåtarna automatiskt vilket är snabbare än ett manuellt förfarande.

Ser vi till den framtida fabriken kommer troligtvis fler förrådsplatser att behövas om inga drastiska förändringar sker. Hur stort behovet är, kan tyvärr inte förutspås då det finns mycket att arbeta med för att minska lagernivåerna. Som nämnts tidigare är det inte bara lagerföringen som resulterar i stort lager, utan även de externa transporterna är delaktiga. Då dessa är oförutsägbara.

Återigen måste mycket arbete läggas för att nå lösningar för att kunna predicera de ingående leveranserna bättre. Det är inte hållbart att leveranserna kan variera med en hel vecka. Givetvis är det i viss mån förståeligt då det är väder och vind som bestämmer hur trafiken till sjös fortgår. Vi tror dock inte det är någon omöjlighet att reducera lagret till att maximalt lagra två och en halv veckas produktionsbehov och inte tre-fem som idag. Detta skulle leda till att förrådskapaciteten inte behöver vara större i den nya fabriken än i dagsläget.

För att minska transporterna/rörelserna inom förrådet föreslås att två metoder utvärderas.

- Att sektionisera plåtarna, dvs. att plåtarna lagras sektionvis i rätt ordning för inmatning i blästern. Det vill säga plåtarna för torn E-70 sektion 1 har X antal platser reserverade till sig. Antalet reserverade platser bör givetvis vara flytande mellan varje vecka beroende på den planerade produktionen. De positiva effekterna av förslaget är främst risken för fel blir minimala. Däremot kan det tänkas att det blir onödigt krångligt att lagerföra plåtarna då de troligtvis inte kommer i rätt ordning ur fartyget. Detta borde dock vara möjligt att förbättra så som nämnts ovan.

- Göra en ABC-analys av plåtförrådet för att se vilka plåtar som används mest frekvent och därmed placera de mest frekventa plåtarna närmast blästern. Detta för att minska ledtiden för den interna transporten i lagret. Detta förslag utesluter inte alternativet ovan, då det går utmärkt att kombinera dessa.

### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Det bör övervägas att nyttja två 33 meter breda travers för att minska längden och därmed tiden för att hämta en plåt (Pythagoras sats). Traverserna skall också gå på separata traversbanor (så att de kan gå över/under varandra). Motivet till valet är för att det maximalt får ta mellan 15-20 minuter att hämta en plåt. I och med en 33 m travers kan rullbordet till blästern hushålla två plåtar samtidigt och ledtiden kan således variera lite mer för transporten. Anledningen till två separata traversbanor är framförallt för att klara av flaskhalsen vid inleverans då det blir hög belastning på förrådet. Detta blir en mer investering på cirka 1,2 miljoner<sup>208</sup> kronor men i

---

<sup>208</sup> Jörgen Kilian, Försäljare LB TeknikLyft AB



gengäld minskas behovet av buffertlager i fabriken under tiden lagerföring av plåt sker. Vilket leder till besparade byggkostnaden med närmare 85 m<sup>2</sup> (5m\*17m) dvs. en miljoner kronor (85m<sup>2</sup>\*12 000 kr/m<sup>2</sup>). Således bör förrådet vara 33 meter brett samt 60 meter långt och kan därmed hushålla minimalt ((60m\*2)/4m) 30 plåtplatser (mindre plåtar kan dela på samma plåtplats). Observera att priserna är tagna mellan tummen och pekfingret och bör därför undersökas ytterliggare en gång om det beslutats efter rapportens förslag. Alternativet till ovanstående är en längre traversbana med enbart 17 meters traversbredd.

Traversen bör gå utanför Hall 1 till en angränsande avlastningsplats så som visas i *Figur 45*. Det för att möjliggöra avlastning från lastbilar.

Ett stort tidsödande moment vid intransporterna idag är avståndet mellan kaj och plåtförråd. Här körs ett stort släp mellan båten och förrådet. Vi skulle hellre se att förrådet lokaliseras nära kajen samt att en rullbana byggs mellan kaj och förråd. Denna rullbana bör gå att vikas upp, så att den inte är i vägen för övrig trafik de dagar då det inte är inleverans. Denna rullbana tordes minska både personalbehovet samt tidsåtgången vid lagerföringen drastiskt.

Vi vill dock lägga in en reservation då vi är osäkra på hur stor påverkan havet har på korrosionstakten på plåtarna i lagret. Saltvatten har en viss tendens att påskynda detta förlopp avsevärt. Men är det försumbart under den korta lagringstiden eller ej?

Det bör även övervägas att införskaffa en mobilkran för lossning och inte som idag hyra in en varje vecka. En ny mobilkran med rådande krav har ett anskaffningsvärde på 5 miljoner medan hyran av kranen i dagsläget är 1350 kr/timme samt med en framkörningsavgift på 2000 kr. Det kan även tänkas vara lönsamt att istället för ovan nämnda förslag införskaffa en mobilkran som klarar av en last på över 25 ton så att även lastning av sektionerna till fartyg möjliggörs med endast en extra inhyrd mobilkran utan att kraven på båtarna höjs, d.v.s. att båtarna inte själva behöver ha kran. Det här förslaget behöver dock utredas vidare. Dels genom en analys av de vinster som görs när kraven på fartygen minskar, en analys av hur fraktflottan ser ut om 5 år samt en offertförfrågan görs till krantillverkare för att få exakta prisuppgifter. Det bör noteras att en mobilkran som arbetar enbart vid kajen inte behöver vara av den modell som prisgetts i Bilaga C. Utan med stor sannolikhet är betydligt billigare.

Kranen skall vara försedd med ett vakuum eller magnetlyftok för att minska deformationen som blir i dagsläget på grund av de plåthandskar som används. Även minskas det manuella arbetet vid fastsättning och lossning av plåthandskarna.

Vi föreslår att förrådet placeras så som visas i *Figur 45*. Det vill säga att förrådet ligger parallellt med Hall 1, detta för att optimera markutnyttjandet. Det mest optimala vore att ha rullbordet till blästern mitt i plåtförrådet för att halvera transportvägarna. Tyvärr förlänger det Hall 1, vilket kan få negativa konsekvenser

vid valet av mark. Dock kan inget säkert sägas förrän marken för fabriken är fastställd.

## 5.2.2 Blästring

### Analys av lokal och utrustningskrav

I dagsläget används en stående bläster med rullbord som reser och vrider plåtarna, det gör att tiden som blästern kan köras kontinuerligt är begränsad då det krävs att rullborden är lediga. Likaså tar EWP:s bläster upp oerhört mycket plats, framförallt på grund av de två roterande borden som är på ca. 315 m<sup>2</sup> vardera ( $\pi * 10^2$ )m<sup>2</sup> eller rättare sagt binder en yta på ca 20\*20m 400m<sup>2</sup> då ytorna ute i cirkelns periferi är svårutnyttjad. Med det rådande priset på en ”kvadratmeter hallyta” på 12 000 kr går det inte att motivera att denna bläster nyttjas i den nya fabriken med dagens utförande då det skulle anbringa en extra byggnadskostnad på 9,6 miljoner kronor. Det finns fyra alternativ att överväga:

1. Låt blästern stå i en enklare byggnad utomhus så som i SAM Leipzig. Det medför minskade lokalkostnader men fortfarande löses inte problemet med de onödiga borden.
2. Alternativ 1 men med tillägget att borden byggs om så att de inte roterar utan enbart reser upp plåten på högkant samt går att matas under körning så att ställtiden minimeras.
3. Köp färdigblästrade plåtar. Alternativet utesluts då det kostar 15 Euro/ton för färdigblästrade plåtar och EWP gör av med över 33 000 ton/år. Detta betyder att bara blästern har en paybacktid på ett år, där ingår dock inte lokalkostnader och service.
4. Införskaffa en ny bläster som är liggande. Detta blir en relativt dyr investering på ca 4,5 miljoner<sup>209</sup> men i gengäld fås ett perfekt flöde på minimal plats. När vi diskuterat denna lösning med andra har frågor väckts om att det krävs en stor ”källare” till en liggande bläster. Men det är inget problem då det grävs i samband med att fabriken byggs och därför blir denna kostnad minimal. Om kostnaden för en källare av olika anledningar skulle bli stor finns möjligheten att ha inmatningen av plåtarna på en högre nivå än normalfallet som är ca 0,5- 1 meter ovanför markplan. Därmed reduceras kostnaden av en djup källare.

Vi rekommenderar företaget att anamma alternativ 4 och köpa en liggande bläster. Detta framförallt för att förflyttningarna blir minimala och flödet blir enkelt. Även rekommenderar vi att hastigheten på blästern skall vara tämligen hög runt 3 m/minut för att undvika att plåtförråd och bläster blir en flaskhals i framtiden.

---

<sup>209</sup> Mickael Månsson, Inköpare EWP

Givetvis måste priset jämföras med nyttan för en snabb bläster kontra en långsammare bläster.

Blästern skall vara placerad så som visas i *Figur 45*. Det vill säga att blästern i sig skall rymmas i förrådet med en ingående rullbanan sticker in i Hall 1 med 18 meter. Anledningen är att minska lokalkostnaderna då förrådskostnaden/m<sup>2</sup> är mindre än hallkostnaden/m<sup>2</sup>. Vidare blir det lättare att reducera bullret om blästern kan vara skild från övriga produktionens lokaliteter.

Ett smärre problem med placeringsvalet är att plåtarna blir tvungna att roteras 90 grader för att ta sig från blästern till skärmaskinerna. Det bör dock inte vara något problem då det går att lösa som EWP haft det tidigare med en travers som har ett roterbart lyftok. Detta måste dock tas i beaktande vid beställning så att denna traversupphängning är stabil. Det går inte att ha det som i dagsläget med en upphängning där magnetoket hänger med vajrar som inte kan ta upp krafter i horisontalplanet. Det är allt för ostabilt.

### 5.2.3 Skärning

#### Analys av förfaringssätt

I dagsläget skärs plåtarna antingen av en plasmaskärare eller gasskärare, dessa har bara ett skärhuvud vardera (gasskäraren har fler men går ej att använda på en "normalplåt"). Vi skulle gärna se att fler skärhuvud används samt att fasningen sker vid denna station precis som setts i några av de studerade företagen. Även ser vi att extra utrustning köps till skärmaskinen så att den kan göra de hål som krävs för fundamenten. Detta skulle reducera bort fyra stationer, för fasning och borrar som behövs idag (fler hade behövts i den nya fabriken med tanke på den ökade volymen). Samt kommer den totala tiden för skärning/fasning att minska jämfört med dagsläget. Vi hoppas även att fasningen kommer att bli bättre vilket leder till att långskarvsvetsningen och rundskarvsvetsningen kommer att underlättas och att mindre kvalitetsfel uppstår.

EWP bör även i skärstationen bränna in mallar och ev. plåtidentiteter. Detta för att underlätta arbetet vid monteringsstationen längre fram. Då personalen inte behöver släpa in mallar och mäta förhand inne i tornen, utan mer eller mindre bara svetsa på detaljerna på utsatt plats. Det visade sig efter samtal med personal<sup>210</sup> reducera monteringstiden med mellan 30-50 procent.

Vi bedömer även att det bör provas att skära ut dörrhålet redan vid denna station för att minska tiden vid dörrkarmsinsättningen. Dock är vi tveksamma om det är möjligt med tanke på att plåten skall rundvalsas och då är risken överhängande att plåten deformeras sig okontrollerat. Detta för att plåtegenskaperna blir drastiskt förändrade. Går det inte att bränna ut hela dörrkarmen vilket vi är väldigt skeptiska

---

<sup>210</sup> Ohlsson

till så är det kanske möjligt att bränna ut vissa segment i plåten utan försämrat valsningsresultat.

I dagsläget står en operatör och kontrollerar plasmaskäraren och en operatör kontrollerar gasskäraren. Vi tror det vore möjligt att automatisera detta moment så att det är en operatör som styr samtliga skärmaskiner via ett kontrollrum.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Således skall skärmaskinerna utrustas med fler skärhuvuden så att fogen kan brännas samtidigt likaså bör två upphängningar delvis oberoende av varandra vara på samma vagn. Det för att plåtens båda långsidor ska kunna skäras samtidigt.

Vidare skall skärmaskinen gå att plundra och matas samtidigt som maskinen körs. Anledningen till det är att minska den interna ställtiden och därmed öka produktiviteten hos brännmaskinerna.

Vi anser att skärmaskinerna skall placeras längs med Hall 1 samt bör de stå väldigt nära varandra för att möjliggöra att 4 skärmaskiner får plats vid expanderings. Enligt uppgift från Bertil Grip beredare på EWP är måtten på en skärmaskin av föreslagen typ 7\*38 m och kostar ca 5,5 miljoner kronor.<sup>211</sup>

### **5.2.4 Valsning**

#### **Analys av förfaringssätt**

Valsningen på EWP är under all kritik, det är troligtvis inte beroende på personalen som står vid valsens, utan snarare deras utbildning och den utrustning de använder. Problemet är något som ledningen på EWP arbetar hårt med och därför kommer rapporten inte att analysera valsmoment noggrannare här. Vi antar på goda grunder att hastigheten och kvalitén kommer att öka de närmaste fem åren. Från dagens uppemot 60 minuter/svep till högst 50 minuter/svep. Vid studiebesöken såg vi extremfallet DS-SM och med dem i åtanke borde tiden kunna dra sig under 30 minuter utan några större problem. DS-SM använde sig av andra hjälpmedel vid valsningen samt hade de ett annat förfaringssätt. Men efter att enbart sett ett svep göras hos DS-SM kan inte så långtgående slutsatser dras.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

I dagsläget används utrustning som måste uppdateras, t.ex. Den lilla valsens måste ha hjälp av traversen för att mata in och positionera plåten. Detta bör ske automatiskt i den nya fabriken för att utnyttja traverserna effektivare och minska ställtiden för valsens. Vidare bör det övervägas att efterlikna den danska fabriken valsteknik.

---

<sup>211</sup> Bertil Grip beredare EWP

Vi föreslår även att vid kommande nyinvesteringar av valsar införskaffas endast valsar som klarar av 4 meter breda plåtar. Detta har vi dock inga ekonomiska belägg för och således måste en ytterliggare utredning göras. Vårt motiv till förslaget är att minska antalet fel då det annars blir vissa plåtar som måste gå till en specifik vals. Vidare går det att spara in skarvar genom att enbart använda sig av bredare svep. Detta är dock en konstruktionsfråga i viss mån då det i dagsläget inte går att dela upp sektionerna helt och hållet i 4 meters svep. Det på grund av att övergången mellan plåttjocklekar inte tillåter det. Men det borde som sagt göras en ekonomisk konstruktionsanalys för att utreda om det går att göra en kapitalbesparing genom att ha bredare valsar (dock bör inte valsen vara mycket mer än 4 meter då plåtarna från leverantör maximalt är fyra meter breda<sup>212</sup>). Slutligen blir det även lättare att kunna ha kunskap i företaget gällande reparation och service om valsarna är identiska. Nuvarande stålleverantör kan i dagsläget inte leverera plåtar med 4m bredd<sup>213</sup>.

Genom simuleringen fick vi fram att två valsar behövs (med tanke på den höga utnyttjande graden och viss omvalsning bör där finnas tre). Till varje vals finns det ett rullbord som fungerar som buffert under tiden valsen går. Det vill säga till varje vals finns en buffertplats. Dimensionerna för en vals med rullbord beräknas vara 28\*7 meter<sup>214</sup>.

Valsarnas placering skall vara direkt efter skärmaskinerna så som visas i *Figur 45*. Valsarna skall som syns ligga omlott så att plundringen av valsarna är möjligt över motstående inmatningsbord. Ligger inte valsarna omlott krävs ytterliggare utrymme mellan valsarna och således ökas lokalkostnaderna. Det krävs nämligen minst 5 meter mellan valsarna om de står direkt emot varandra.

## 5.2.5 Långskarvsvetsning

### Analys av förfaringssätt

Dagens stationsupplägg där en svetskran servar två rullbockar med svep ser vi som optimalt. Under tiden som svetskranen arbetar med ett svep plundras och matas den närliggande rullbocken på svep alternativt häftas en fläns på svepet. Det finns en buffertplats till varje kran vilken ger möjlighet att maximera utnyttjandet av både mantimmar och maskintid.

Alternativet till ovannämnda upplägg vore en svetskarusell så som vid SAM Magdeburg *Figur 22*. Det alternativet ser vi dock som allt för platskrävande. Kapaciteten är troligtvis något större vid denna karusell jämfört med två stationer som nämndes i början av stycket. Anledningen till det är att de tagit bort ställtiden för kranen att ta sig från invändig långskarv till utvändig långskarv (består endast

---

<sup>212</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>213</sup> Ibid

<sup>214</sup> Bertil Grip. Beredare EWP

av rotation av karusellen). Men i gengäld är karusellen tvungen att avvakta tills att båda svepen är svetsade innan den kan rotera och således faller resonemanget på att karusellen skulle vara effektivare. Såvida inte alla svepen är identiska vilket de inte är och med största sannolikhet aldrig kommer att bli såvida inte EWP utvidgar till pipelinstillverkning.

Vi föreslår att liknande system används i den nya fabriken så som schematiskt visas i *Figur 45*. Vi förespråkar även att häftningen av flänsar skall ske i samband med långskarvsvetsningen, detta för att minska tidsåtgången vid den mer kritiska Station 1 - Häftning & Svetsning. Flänsarna skall enbart häftas här, detta för att minska risken för dragning och där med onödiga reparationer. Helsvetsas flänsen senare är det lättare att korrigera för de dragningar som tornet gjort under sammanfogningsprocessen.

Långskarvsvetsningsstationen kommer med stor sannolikhet aldrig bli en kritisk flaskhals då stationen är enkel, billig att bygga ut samt går det relativt snabbt att införskaffa maskinerna.

Vi ser även att fundamentstillverkningen sker i direkt anslutning till långskarvsvetsningen. Det enda som skiljer tillverkningen av ett svep med fläns från ett fundament är viss extra vikt samt de ”bananer” som skall sammansvetsas i botten. Efter att fundamenten färdigställts skall de köras ut med truck från Hall 1 för att lagras tills de blir en hel batch på 3-4 fundament. Därpå körs fundamenten med truck in i en av blåstringshallarna för att där återgå i det kontinuerliga flödet.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Efter simulering av fabriken framkom att det behövs sex svetskranar som servar två rullbockar varav den ena fungerar som buffertplats. Vi tror även att det kommer att behövas maximalt tre platser för flänspåsättning med möjlighet vända sektionen. Samt krävs det två separata platser där bananerna kan svetsas samman och fundamenten färdigställas.

I dagsläget används svetskranar med långa fasta armar som förs in i svepet. Dessa armar är ca. 6 meter långa. Det vill säga att om dagens svetskranar används behövs det 6 meters plats bakom kranen för att den skall kunna föras ut ur svepet. Det resulterar i utrymmen som är onödiga. Det bör gå att nyttja teleskoparmar istället för fasta armar och där med minska utrymmeskraven för svetskranarna. (Teleskoparmar bör även övervägas att nyttjas till kranarna vid svetslinorna.)

### **5.2.6 Slipning av långskarv**

#### **Analys av förfaringssätt**

För tillfället är det endast torn av modell E-82 som kräver slipning av svetsfogarna. Men troligtvis kommer dessa krav att även ställas på fler torn typer då det visat sig

att oerhörda besparingar i plåt kan göras. Detta då spänningskoncentrationerna kring fogarna minskas drastiskt och därmed kan plåtdimensionerna minskas i tornen. Slipningen av långskarven bör ske i samband med långskarvsvetsningen, detta för att ytterligare bespara tid i de mer kritiska momenten vid ”linan”. De uppskattade tiderna för slipning är cirka 30 minuter.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Där är i föreslagen skiss endast avsatt en station för slipning men med möjlighet att utöka kraftigt. Hur maskinen skall se ut har vi inga större ambitioner att utreda då det i skrivandets stund sker ett examensarbete på EWP som har för uppgift att utreda hur slipningsmomenten bör se ut. Vi avsätter dock lika mycket plats per slipstation som vi har avsatt till långskarvsvetsningen. Vi ser inga direkta hinder med att dessa operationer sker på samma rullbock, med andra ord att svetskranen flyttas och slipmaskinen kommer till.

### **5.2.7 Omvalsning**

#### **Analys av förfaringssätt**

Det är ett krav från EWP:s sida att en separat omvalsningstation skall finnas för att enbart omvalsa de svep som understiger en viss kvalitetsstandard. Vi är dock väldigt tveksamma till behovet av en sådan station om fem år när valsprocessen med största sannolikhet har förbättrats drastiskt samt när rundskarvsvetsningen har standardiserats så att ingen inbuktning sker vid långskarven. Om en omvalsningstation skall finnas ser vi hellre att den ligger i samband med övrig valsning så att den kan användas i normaldrift. Således skapas viss överkapacitet vid valsningen. Om det trots allt förbättringsarbete blir några få svep som erhåller kvalitetsbrister går det att föra in dessa för omvalsning i den normala produktionen. Nackdelen är att vi får ett korsande flöde men i gengäld fås en ökad kapacitet. Det bör även noteras att vid studiebesöken var det endast SAM Magdeburg som hade en separat maskin för omvalsning.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Vi har avsatt plats i layouten för en omvalsningstation. Denna är i direkt anslutning till långskarvsvetsningen. Stationen i sig tar inte mycket mer plats än en vanlig långskarvstation. Om det visar sig längre fram att EWP omvärderar omvalsningen, är det inte en stor investering som de gått miste om utan ytan går att använda för senare expanderings av t.ex. långskarvsvetsningen.

### **5.2.8 Dörrkarmsinsättning**

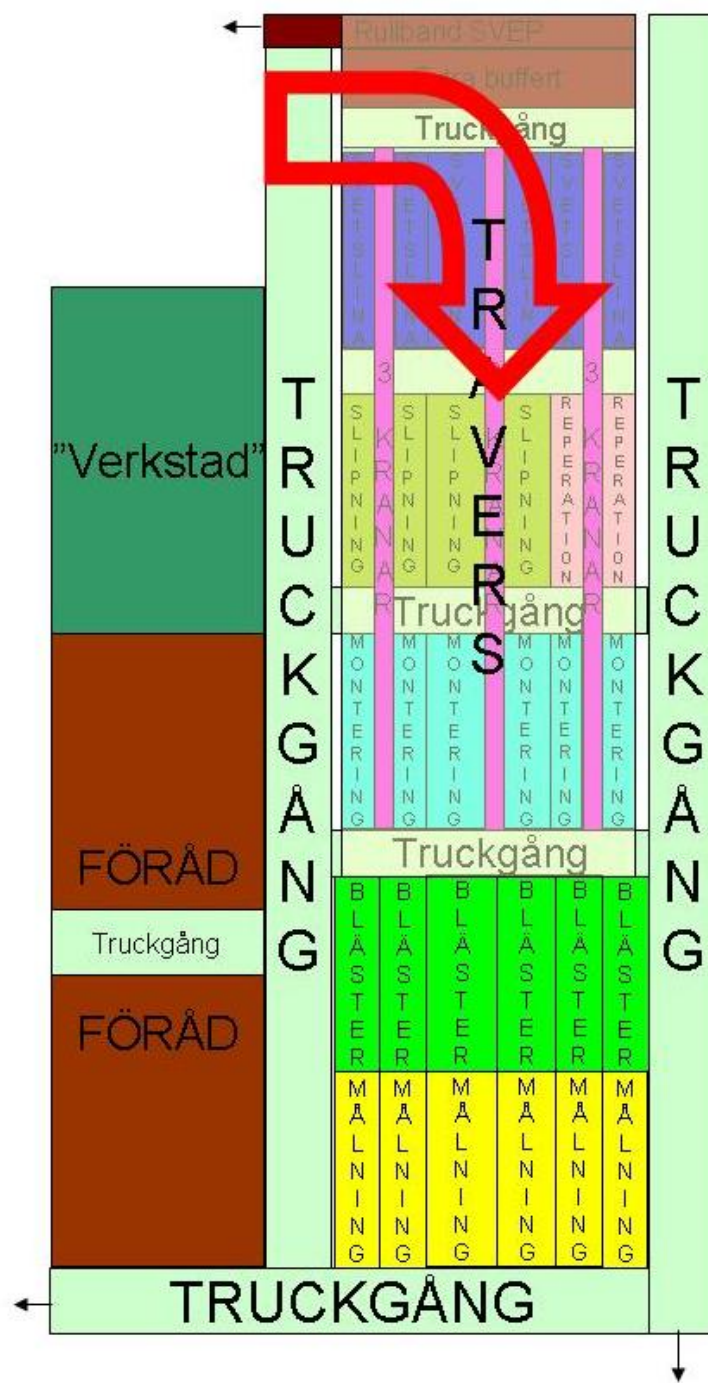
#### **Analys av förfaringssätt**

Efter att ha studerat tiderna för dörrkarmsinsättningen som låg på skrämmande 20 timmar, bör detta moment brytas ut innan sektionen går på "linan". Om dörrkarmen monteras på "linan" kommer det leda till en enorm skevhet i cykeltiderna mellan sektionerna. Således blir planeringen avsevärt mycket svårare då vissa linor måste dedikeras enbart till sektion 3. Därför ser vi att direkt efter långskarvsvetsning och slipning ligger en station som rundskarvsvetsar samman tre svep. Därefter bränns hålet för dörrkarmen och slutligen häftas dörrkarmen fast och helsvetsas. Detta förfaringssätt var vi aningens tveksamma till om det skulle gå att genomföra rent praktiskt men efter att ha förhört oss med Lars Persson som är produktionsledare med många års erfarenhet av produktionen, framkom det att det är fullt gångbart.

### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Vidare är vi skeptiska till huruvida det är korrekt att MAG-svetsa dörrkarmen förhand. Detta moment är det absolut mest tidskrävande rörande dörrkarmsinsättningen. Vi skulle vilja se ett utökat samarbete mellan EWP och ESAB där de tillsammans tar fram en dörrkarmssvets *Figur 57* (Bilaga A) som liknar de ESAB säljer idag men med pulverbågsvetsfunktion istället. Detta tordes inte vara något allt för revolutionerande rent tekniskt men hade gjort en smärre revolution i produktionen då pulverbågsvetsen har en mycket högre produktivitet än MAG-svets. Det är dock tveksamt om det går att pulverbågsvetsa insidan av dörrkarmen men å andra sidan kan det göras en utvändigt V-fog och då blir det en minimal svets på insidan.





Figur 46 Föreslagen skiss över Hall 2 & Hall 3 (blåstring målning)

## 5.2.9 Station 1 – Häftning & Svetsning

Station 1 kommer vara en av de mer kritiska i fabriken, det på grund av produktflorans variation. I dagsläget kan det konstateras att produkter i arbete (PIA) är på tok för högt. EWP har i dagsläget 12 svetslinor men får bara ut 18 sektioner/ vecka

Efter att genomfört processanalysen i avsnitt 5.2 samt simuleringen har vi funnit att den bästa kombinationen av aktiviteter som bör ske här är:

- Häftning
- Utvändig rundskarvsvets
- Invändig rundskarvsvets

### 5.2.9.1 Häftning

I empirin beskrivs fyra metoder för sammanfogning av svepen vilka presenteras med tillhörande för och nackdelar i *Tabell 6*.

*Tabell 6 Fördelar och nackdelar med olika häftmetoder*

<b><u>Metod</u></b>	<b><u>Fördelar</u></b>	<b><u>Nackdelar</u></b>
<b>Hydrauliskkolv (EWP)</b>	Smidig Billig att reparera och ersätta Enkel att sköta	Kräver två personer Behöver tillgång till kran för att hålla hydraulkolven. Risk för oljeläckage.
<b>"Stor maskin" (DS-SM)</b>	Går snabbt att häfta Kräver endast en operatör	Dyrare Utrymmeskrävande
<b>Travers och domkraft (SAM)</b>		Binder traversen för länge Arbetsmiljömässigt klandervärt
<b>Domkraft (SIAG Leipzig)</b>	Minimalt med utrustning	Kan bli brister i passform Troligtvis mer tidskrävande

Efter att ha analyserat alternativen finner vi två möjliga aspiranter att välja mellan, nämligen "DS-SM" eller EWPs variant. Båda har klara fördelar men tillika nackdelar. Vi lutar åt att rekommendera EWP att fortsätta på sin inslagna bana men det kan tänkas att DS-SM:s variant går att förenkla till att enbart använda sig av rullbocken som klämmer ihop svepen och istället för den stora fixturen nyttja sig av "fit uper".

### 5.2.9.2 *Utvändig rundskarvsvetsning*

Innan valet av invändig och utvändig svetsvariant görs bör det nämnas att vi har avgränsat oss som nämnts tidigare i inledningskapitlet till att samtliga fogar är av typen utvändig V-fog . Det vill säga att fyllningen av svetsfogen sker huvudsakligen från utsidan medan inbränningen sker på insidan.

Alternativen vi uppdagat för utvändig rundskarvsvets är i princip vanlig svetskran så som hos EWP samt en fast plattform fäst i väggen så som t.ex i SAM Magdeburg. Valet är enkelt, vi föredrar svetskranen då en har klart större flexibilitet där framförallt rundskarven inte är bunden att ske i närheten av en vägg eller liknande stabil upphängning. SAM Magdeburgs variant att köra tre svetsaggregat samtidigt vid invändigs rundskarvsvetsning vill vi anamma fast på utsidan. Det tror vi skall gå bra att lösa genom att låta två-tre ordinarie svetskranar köras parallellt på tornets utsida. (Här är tanken att använda sig av twin-tandem för att fylla fogen på ett effektivt sätt.)

### 5.2.9.3 *Invändig rundskarvsvets*

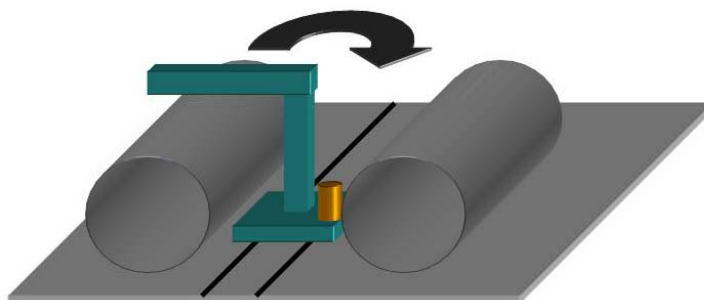
Vi har sett tre alternativ till invändig svetsning under våra studiebesök.

1. En 20-30 meter lång arm med 1-3 svetsaggregat
2. Svetstraktorer
3. Svetskran med vanlig arm (6m)

Variant 1 ovan som kräver en 30 m lång arm utesluts direkt då det resulterar i att det raka flödet blir förstört samt kräver en sådan station 60 meter lång plats för att kunna matas och plundras. Att istället använda sig av EWP:s nuvarande variant med vanliga svetskranar är gångbart och borde gå att få ett bra flöde. Men tyvärr faller alternativet på för låg kapacitet. Det går nämligen enbart att köra en rundskav åt gången. Istället ser vi att EWP implementerar användandet av svetstraktorer på insidan. Dessa kan köras tre stycken samtidigt och då det endast rör sig om att göra inbränningen från insidan och inte det mer tidsödande momentet fyllning så är svetstraktorerna optimala. Här ökas hastigheten för den invändiga svetsen med upp till tre gånger hastigheten jämfört med svetskransalternativet. Det bör dock has i bakhuvudet att momentet inte sker tre gånger fortare på samtliga svep utan det är endast när skarvarna är jämt delbara med tre. En sektion med sju skarvar ungefär lika lång tid som en sektion med nio skarvar.

Efter diskussion med Mansoori har vi kommit fram till att det med största sannolikhet inte behövs läggas någon bottenrada om 5 år då EWP har kommit till rätta med sina valsproblem. (Beroende på svetsmetod finns undantag).

Vi ser gärna att EWP provar att köra två linor i Hall 2 i otakt så att två linor kan betjänas av gemensamma svetskranar (2-3st). Det medför att kranarna måste kunna vridas 180 grader. En tydlig skiss över tankegångarna visas i *Figur 47*. Anledningen till att vi vill synkronisera två linor är framförallt för att spara in maskiner samt för att öka lokalutnyttjandet.



*Figur 47 Skiss över hur svetskranen roterar mellan två linor.*

Vi ser inga större problem med förslaget då utvändig rundskarvsvetsningen är ett mindre tidskrävande moment i Station 1. Dock blir det troligtvis en viss inkörningstid innan synkroniseringen är ett faktum. Det kommer att ställa krav på planeringen då olika sektioner tar olika lång tid. Detta problem kan lösas genom att låta "linparen" vara dedikerade antingen till sektion 1,2 eller 3. Det är dock ingen 100 procentig lösning men borde gå hyfsat. Vidare är det möjligt att ha flytande arbetslag, där det sätts in extra resurser på sektioner som tar extra långt tid.

#### *5.2.9.4 Hela Station 1*

Station 1 kommer att variera i ett tidsintervall på 583-847 minuter utan hänsyn tagen till problem. Detta är som sagt de minsta tiderna som under rådande förhållande är möjligt. Det kommer med stor säkerhet att ta längre tid till en början samt förutsätter vi att dessa tider komma att kunna krympas ner i takt med den ackumulerade produktionen stiger.

I och med att inte samtliga sektioner tar lika lång tid på sig samt att nästkommande stationer inte är lika i tid menar vi på att till en början skall den sektion som tar längst tid prioriterats först samt vara den som balanserar flödet.

Beroende på om det är en sektion 3 E-70 eller en sektion 3 E-48 bör bemanningen variera för att få tiderna ungefärliga. I detta fall skulle det innebära att E-70 sektionen häftas ihop i två delar för att i slutänden häfta samman dessa två halvor med varandra, för att halvera häftarbetet medan E-48 endast häftar samman ett svep i taget.

Efter att simulerat flödet finner vi att antalet linor i Hall 2 bör vara 6 stycken. Detta resultat har räknats ut genom att se till följande stationer och bryta ner dessa för att få cykeltider som harmoniserar.

## **5.2.10 Station 2 – Kontroll, reparation & slipning**

### *5.2.10.1 Stationsövergripande*

Slipningen i sig är inte allt för tidskrävande. Däremot är det svårt att planera in i flödet då det inte sker på varje torn. För att komma till bukt med problemet slipning har vi stått inför två alternativ. Dedikera ett linapar för tillverkning av torn som skall slipas eller avsätt en station/lina för slipning.

Vårt val föll på en slipstation/lina. Motiven är följande:

- Möjliggör slipning utan att behöva förlänga cykeltiderna och därmed kräva fler linor vilket leder till bredare byggnad, bredare travers alternativt två mindre byggnader.

- Möjliggör reparationsyta om inte samtliga linor ämnas för slipning

- Möjliggör ytterligare nedbrytande av cykeltider.

- Om någon förändring skulle ske i produktionen är det nästintill omöjligt att förlänga Hall 2. Som nämnts i inledningen kommer troligtvis ENERCON bli tvungna att ge sig in i havsbaserad vindkraft inom den nya fabriken livslängd och därmed bör fabriken ha resurser att klara av 45 meter långa sektioner. Att göra så pass långa sektioner kan ses som aningens problematiskt vid blästring och målning men fullt möjligt att lösa. Genom att blästra en halv sektion åt gången samt antingen måla halva sektionen åt gången eller förlänga målningshallen in i Hall 8.

Den enda nackdelen vi ser med en extra station är den extra investeringskostnaden som detta medför men i gengäld slipper företaget öka antalet linor och därmed besparas kapital i en annan ända.

Station 2 skall vara mittemellan station 1 häftning/svetsning och station 3 utrustning/kontroll. Detta innebär att sektioner som ej skall slipas kan direkt passera vidare till station 3. Vidare kan platsen användas för reparationsplats för större tidskrävande fel som annars hade stoppat upp linan helt.

Slutligen när väl linorna är intrimmade, tiderna är mer eller mindre standardiserade, felfrekvensen är minimal kan en ombalansering av linorna göras så att moment från station 1 och 3 läggs på station 2. Således kan cykeltiderna på stationerna minska och fler torn kan produceras.

När cykeltiden minskar blir det problematiskt vid målningen då det krävs en specifik torktid som inte går att påskynda mer än genom ökad temperatur men även detta har sina gränser om inte teoretiskt så rent ekonomiskt. Här vet vi om att EWP håller på att titta på andra typer av färger med kortare torktid. Vidare är det inte omöjligt att mer personal sätts in vid målningen så att det går snabbare. Slutligen går det att inrätta fler målningshallar i hall 8. detta är dock inget drömscenario då hall 8:s resurser inte kommer till sin fulla rätt.

#### *5.2.10.2 Reparation*

Vid lina 1-2 skall station 2 utgöras av endast reparation för större defekter. Vi väljer att balansera ner takten på dessa två linor för att undvika stillestånd i de andra två vid grova defekter. Förhoppningsvis skall det inte behöva vara någon dedikerad station för större fel i framtiden då dessa är eliminerade. Men så ser tyvärr inte verkligheten ut idag och därav valet. Detta leder till att lina 1-2 kommer att ha kontroll under station 1 och 3. Troligtvis kommer mesta delen av torn att slipas framöver men inte alla. De torn som inte skall slipas skall ta vägen förbi station 2 således kommer inte implikationerna vara allt för stora på lina 1-2.

Reparationsplatsen kommer att resultera i att två sektioner kan vara klara samtidigt på antingen lina 1 eller lina 2. Således bör det byggas två målningsboxar direkt efter varandra på dessa linor. förslagsvis läggs dessa inuti Hall 8

Stationen (lina 3-6) börjar med kontroll för att slippa merarbete om fel skulle ha inträffat så upptäckts dem direkt. Om fel uppdragas repareras dessa direkt. Om det visar sig att felet är av en omfattande typ skall slipningen direkt tas vid på godkända områden och slutföras. Är där sedan tid över påbörjas arbetet med att reparera defekten. När det sedan är tid för sektionen att gå till nästa station skickas sektionen till en av reparationplatserna på lina 1 och 2. Detta resulterar i att den direkt efterföljande station 3 kommer att stå tom. Personalen vid stationen skall då gå till reparationslinan och utföra så mycket arbete som är möjligt under själva reparationen. Om det visar sig att det inte går att montera något under tiden skall de givetvis gå och hjälpa till och avlasta resterande linors station 3.

#### *5.2.10.3 Slipning*

Vid själva slipningen är tanken att tre maskiner samtidigt bearbetar svetsfogarna. Hur maskinerna kommer att se ut vet vi inte då EWP håller på att utreda det. Deras förhoppning är att de skall bli aningens mer effektiva än på SAM Magdeburg. Oavsett vilket så tar vi i beaktande tiderna som togs för SAM Magdeburg då tiderna som kommer gälla hos EWP inte kommer vara längre än dessa.

### 5.2.11 Station 3 – Slipning, Montering & Flänsfräsning

Denna station kommer likt Station 1 – Häftning & Svetsning vara en av de tre mest kritiska stationerna i fabriken. Det beror på tidsvariationerna mellan typen av sektioner som anländer. Även vid EWP:s montering kan konstateras att det binds enormt kapital i halvfärdiga sektioner. EWP har i dagsläget 11 utrustningslinor.

På Stationen 3 skall följande moment utföras:

- Invändig slipning
- Montering av interiör
- Flänsfräsning

#### 5.2.11.1 Slipning

Viss del av slipmomentet bör förflyttas till denna station för att få jämnare tider. Förslagsvis flytta invändig slipning hit. Var den invändiga slipningen verkligen skall vara går först att konstateras vid empiriska försök. Troligtvis kommer studierna fram till att invändig slipning bör vara flytande mellan stationerna. Det är fullt möjligt då erforderlig utrustning är tämligen stabil.

#### 5.2.11.2 Montering av interiör

Monteringen av interiörer bör fortstätta fungera som i dagsläget dock med de förändringarna att mallarna bränns in i skärmaskinen så att en halvering av häftningsprocessen kan ske. Lika så skall pallar med färdiga satser sammanställas i förrådet så att till varje sektion finns en specifik pall med komponenter. Förslaget ligger i linje med Poka Yoke och SMED metodikerna. Är satserna färdiga innan tornet kommer till stationen har viktig internt ställtids brutits ut och omvandlats till extern ställtids. Vidare kommer montören att tydligt se om där är detaljer över på pallen och således kommer färre missar att göras. Vidare minskas rörelserna för att hämta de olika detaljerna då allt är samlat på ett och samma ställe.

Monteringsmomentet kan tänkas minska ledtid genom att knastarna fäst med en punktsvetspistol där knasten smälts samman med tornet. Således kan häftning och svetsning av knastarna slås samman i samma moment samt kommer tiden för själva svetsmomentet att försvinna för knastarna. Därmed blir det enbart tiden som idag åtgås till häftning av knastar som kommer att gälla. Även kan tänkas att magneter användas i framtiden vilket minskar monteringstiden avsevärt.

#### 5.2.11.3 Flänsfräsning

I dagsläget skickas toppflänsen plus två svep in tidigare i produktionen än övriga torn. Detta på grund av att EWP nyttjar sig av maskinverkstaden när de skall plana toppflänsarna. På grund av de problem som visat sig angående planering från

maskinverkstadens sida går det inte att fortsätta nyttja deras tjänster. Särskilt inte när det har visat sig finnas utrustning som kan göra detta moment på plats i fabriken på en relativt kort tid. Det går inte med det nya konceptet att ha opålitliga försörjningsled då det är oerhört kostsamt om en lina behöver stå stilla. Vidare, med förslag som ges nedan om ökad kundkontakt och därmed snabba förändringar i produktionen går det inte att ”outsourca” denna del då leddtiden blir allt för lång. Därför bör utrustning för fräsning av toppflänsen införskaffas.

## 5.2.12 Blästring

### Analys av förfaringssätt

I dagsläget har EWP två typer av blästringshallar. En variant med automatisk tömning och en som är halvautomatisk där en Bobcat föser ner blästringsmediet i ett spår som transporterar blästringsmediet till filteranläggningen. I båda blästringsanläggningarna utförs själva blästringen manuellt.

Den halvautomatiska blästern har visat sig ha färre problem än den helautomatiska. Anledningen är enligt personal vid blästringen att tornen kan vara blöta när de kommer in. Därmed bli även blästringsmediet blött och det är inte bra för återvinnningssystemet. I den nya fabriken kommer tornen inte ha stått utomhus och därmed kommer de inte att vara fuktiga när de anländer till blästringen. Således tordes problemet vara löst.

Går vi sedan vidare till om det är lönsamt att införskaffa automatiserad tömning i blästringsboxarna är det fyra faktorer som spelar in. Den extra investeringskostnaden, följdkostnader för underhåll, driftssäkerhet samt vissa arbetsmiljöaspekter.

I flödesbild ovan i *Figur 46* är sex blästringsboxar ansatta. En box för varje lina. Främsta anledningen är att få ett rakt flöde. Huruvida det är ekonomiskt korrekt är tveksamt då blästringsboxarna enbart kommer att vara belagda ungefär 50 procent av tiden. Sett rent ur ett ”blästringboxperspektiv” vore det klokast att enbart ha 3 blästringsboxar efterföljt av vardera två målningsboxar. Nackdelen med alternativet är rent flödesmässiga. Om flödet skall gå från 6-3 linor innebär det att det måste finnas en separat inmatningsplats som är 30 meter lång samt lika bred som traversbanan. Det vill säga över 45 meter bred (1350m<sup>2</sup>). Sett längre fram hade det minskat hallarnas yta med ca 600 m<sup>2</sup> (20m\*30m) över blästringshallarna.

Vid anläggningen SIAG Leipzig fick vi se en variant av automatiserad blästring för både in och utsida av tornen. Tyvärr ser vi ingen möjlighet att ha den invändiga blästringen automatiserad då det skulle innebära att tornen måste föras ut ur blästringsboxen samma väg som det kom in. Detta skulle förstöra det flöde som eftersträvas lika så är det ett extra moment när insidan skall blästras måste sektionen övre sida vara horisontell. Därmed åtgår uppskattningsvis 30 minuter för att ta ut tornet höja ena sidan och sedan föra in tornet igen. Denna modell av



invändig blästring skulle inte heller fungera på sektion 1 då denna har en plattform insvetsad nära toppen.

### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Vi är av åsikten att automatisk blästring för utsidan skall införas. Det motiveras av både ur ett arbetsmiljömässigt perspektiv då det är ett väldigt slitsamt arbete. Lika så motiveras valet genom att det är mycket effektivare än om det sker manuellt då det går att ha fler och grövre munstycken och därmed kan större area blästras på kortare tid. Dock kommer insidan av sektionerna även i framtiden troligen behöva blästras manuellt. Slutligen motiveras valet rent ekonomiskt. Enligt Mikael Månsson inköpare EWP kostar en automatiserad blästeranordning för två sidor i en blästringsbox ca 1,2 miljoner kronor. Vi uppskattar att investeringen tar bort hälften av det arbete som utförs i dagsläget av två personer som blästrar en sektion på 8 timmar. Det innebär att investeringen har en Payback tid på 2 år. ( $45\text{veckor/år} * 7\text{ skift reduktion/vecka} * 8\text{h} * 250\text{kr/h} = 630\,000\text{ kr/år}$ ).

Enligt simuleringen och processanalys krävs det endast tre blästerboxar men på grund av flödestekniska skäl väljer vi att ha sex stycken. Boxarna bör vara 7\*7\*30 meter som standard medan där bör finnas en hall som är 10\*10\*30 meter, detta för att klara av de stora E-112 sektionerna. Anledningen till att boxarna måste vara större än den plats som är avsatt för sektionerna på linorna är för att personal skall få plats för att behandla utsidan av sektionen.

## **5.2.13 Målning**

### **Analys av förfaringssätt**

Som visat i empirin delas målningstiden upp i fyra delar. Målning av baslager, torkning, målning av ytlager och slutligen torkning. Som ses i *Tabell 4* varierar torktiderna kraftigt mellan olika torktemperaturer. Vi föreslår att värmefläktar eller annan värmeöverförande apparatur installeras för att hålla 30 grader vid torkning. Detta skulle i så fall leda till att cykeltiden för målning blir mindre än 16 timmar. Det kan tänkas att värmen i målningsboxarna skall variera beroende på den tid som kvarstår. Det vill säga är sektionens ytlager målat och det dröjer åtta timmar innan nästkommande sektion anländer, bör värmen anpassas till en torktid som ger 7-8 timmar.

Det bör dock påpekas att det fördelaktigaste scenariot är om en färg hittas med betydligt kortare torktid. Detta av två anledningar:

- Att höja temperaturen i en hall som är 1050 m<sup>3</sup> (30m\*5m\*7m) är väldigt energislukande. Därtill hör att sektionen är av stål och kommer att uppta stor energi vid en höjning av temperaturen.

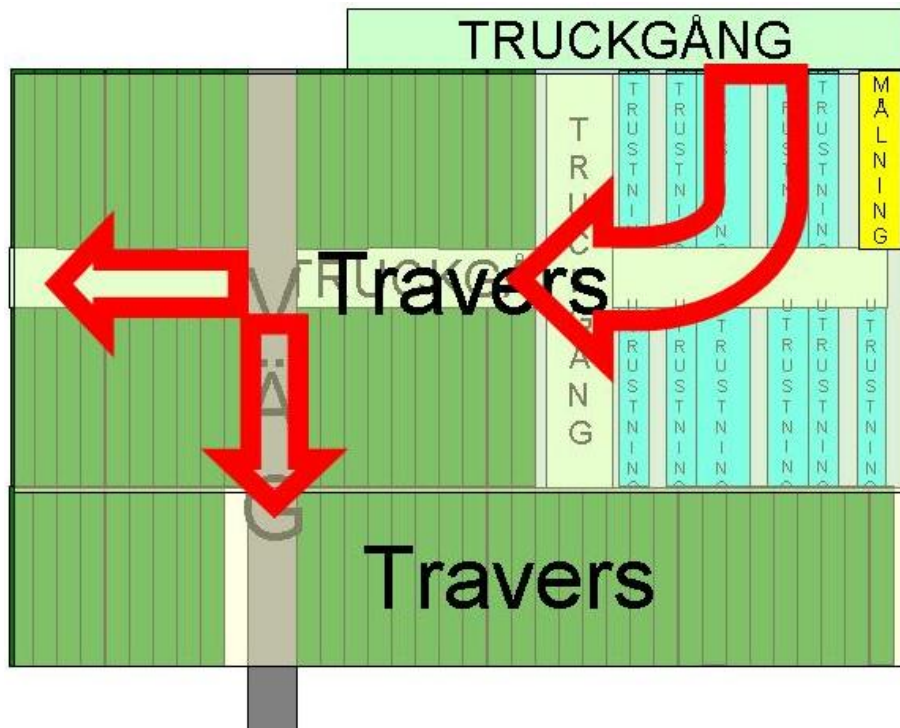
- Att måla sektionerna för hand om temperaturen ligger mellan 25-30 grader är väldigt ansträngande.

En alternativ lösning kan vara någon form av värmväxlare mellan målningsboxarna. Då kan värmen förflyttas mellan boxarna och målningsarbetet behöver inte ske vid förhöjd temperatur.

Själva målningsproceduren finns där inga större motiv till att ändra. Vid studiebesöken i de andra fabrikerna skilde sig målningen minimalt. De saker som bör arbetas vidare med är färgval för att minska torktiden och torktemperaturen. Likaså bör det övervägas att automatisera den utvändiga målningen. Automatisering av målning har vi dock inte gjort några närmare efterforskningar på, vilka alternativ som finns och för och nackdelar med dessa. Vårt motiv till vidare studier inom automatiserad målning är för att minska antalet mantimmar och cykeltid. Minskningen sker främst genom att processen borde kunna gå fortare i och med att flera färgmunstycken kan vara igång samtidigt. (Går även att ha fler personer men ohållbart med åtta personer som målar varje sektion). Nackdelen med automatisering är att flexibiliteten är begränsad.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Målningshallarna bör vara dimensionerade likadant som blästringsboxarna vilket nämnts ovan. Anledningarna är de samma.



Figur 48 Föreslagen skiss över Hall 3

## 5.2.14 Slututrustning

### Analys av förfaringsätt

I slututrustningsfasen ses inget behov av några större förändringar. Det kan dock konstateras att med val av transportutrustning genom blästring och målning (redogörs vidare i avsnitt 5.1.17.3) möjliggörs inte att tornen roterar under slutmonteringen. Detta lär dock enligt Mansoori inte några större problem då de inte kan det i dagsläget heller.<sup>215</sup> Fördelarna av tidigare val vägs starkt upp av tidsvinster tidigare i kedjan.

Det borde göras en ordentlig utvärdering huruvida det är rent praktiskt möjligt samt ekonomiskt gångbart att utrusta samtliga torn på liknande sätt som E-82 tornen. Det vill säga att hela kabelstegar förbereds innan tornen kommer in i anläggningen och där efter skjuts in hela i sektionerna. Anledningen är att PIA skulle minska, samt skulle ledtiden minska med säkerligen halva slutmonteringstiden som idag är mellan 10-14 timmar.

<sup>215</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

Vid de tillfällen som det inte går att predicera vilken typ av transport som tornen skall färdas med till slutkund föreslår vi att fötter används liknande de som idag nyttjas i SIAG Finsterwalde (se Figur 42). Dessa fötter är oerhört lätta och smidiga att använda, lika så går det att använda samma fot till flera olika sektionstyper.

### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Lokaliseringen av slututrustningen bör vara i Hall 8. Det på grund av att vid slututrustning och uttransport är det vitalt med stor lyftkapacitet. I Hall 2 där svetsning och monterings sker kan de tyngre sektionerna gå på räls, detta är dock inte möjligt när ett torn skall lastas på en lastbil. Vidare är vi tämligen säkra på att bygga en ny hall med liknande kapacitet som Hall 8:a är ekonomiskt oförsvarbart efter diskussioner med vår handledare.<sup>216</sup>

Placeringen av slututrustningen skall vara i samband med färdigvarulagret i Hall 8:a. Antalet platser för slututrustning uppskattar vi enligt vår processanalys till att det krävs sex stycken. Om det skulle vara nödvändigt med fler finns det inga hinder att utöka stationsantalet i Hall 8:a, då den är kollosalt stor. En möjlighet är att delar av torktiden efter målningen kan flyttas till hall 8. Förutsättningen är att färgen fått tillräcklig yta för att inte vara känslig för smuts men inte är genomhärdad.

## **5.2.15 Färdigvarulager**

### **Analys av förfaringssätt**

Enligt uppgift från Mansoori tror han att med dagens rådande omständigheter kommer det behövas gå att lagra fyra veckors produktion i färdigvarulagret.<sup>217</sup> Det vill säga 120 sektioner. Denna lagringsnivå ställer vi oss kritiska till, huruvida det är ett måste. Anledningen till vår skepticism är framförallt den enorma lagerplats som behövs för att härbärgera 120 sektioner. Räknar vi att genomsnittssektion behöver en fyra meter bred och 30 meter lång lagringsyta, resulterar det i hela 14400m<sup>2</sup> lagringsyta, ungefär 1,5 hektar eller motsvarande 2 fotbollsplaner. Att förse hela denna yta med lyftkapacitet är väldigt kostsamt.

Enligt Mansoori fungerar inte dessa 4 veckor som ett utjämningslager utan enbart som ”back up” för kundens planering.<sup>218</sup> Vi ser dock vikten av att ha ett utjämningslager som är brukligt för företag som verkar i en bransch som kännetecknas av kraftiga säsonger eller konjunktursvängningar. De kan då använda sig av utjämningslager för att bemöta begränsningar i kapaciteten. Då företaget i perioder med liten efterfrågan använder överkapaciteten för att bygga upp ett färdigvarulager (observera dock att det är ett pull-system vi förespråkar men skall

---

<sup>216</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>217</sup> Ibid.

<sup>218</sup> Ibid.

80 sektioner ut vecka 10 måste dessa färdigställas tidigare och stå lagrade fram till avhämtning).

Det finns däremot inte någon anledning att "bjuda" kunden på en fyra veckors fri lagringsplats. Lagerhållningskostnaderna måste tydligt synliggöras för kunden så att de blir observanta och

Kundens planering beror mycket på väder och vind. Det faktumet kan ingen ändra på, men att väder och vind skall vara dåligt i mer än en vecka i sträck är synnerligen tveksamt. Således borde kunden redan efter en vecka i EWP:s lager betala för lagerhållningskostnaden.

Vidare bör ett utökad samarbete med kunderna ske. När ledtiden för ett torn är nere på ca 5 dagar kan kunden ge närmare besked på när tornet verkligen kommer att hämtas. Vissa kunder kanske kan börja tidigare än överenskommet och andra senare än bestämt. En ständig uppdatering måste ske för att kunna planera produktionen mer proaktivt och där med lagerhållningen.

#### **Analys av lokal och utrustningskrav**

Oavsett hur väl samarbetet med kunderna utfaller kommer EWP inte ifrån faktumet att en enorm lagringskapacitet erfordras. Förslag till lösning är att överbliven plats i Hall 8:a används som lagerplats samt bör en kombinerad portal och traverskran används så som visas i *Fel! Hittar inte referenskälla.* Denna skall byggas på utsidan av Hall 8:a, vidare skall kranen ha en spännvidd på 30 m och en lyftkapacitet på över 50 ton.

Ovannämnda förslag till lagring ger plats för minst 40 torn (80 m/4m\*2) i Hall 8. Samt ytterligare minst 37 sektioner under den kombinerade travers och portalkranen som således blir 150 meter lång och 30 m bred. Summa summarum blir det plats för minst 77 tornplatser (2,5 veckas produktion).

För att transportera sektionerna mellan traverserna i Hall 8:a och den kombinerade travers och portalkranen föreslås en vagn på räls som går mellan traversbanorna.

Det bör dock påpekas vissa brister med ovannämnda förslag. Vid analysen av förslaget har inte tillgång till priser för en kombinerade travers och portalkran funnits och därmed kan inte utesluta andra alternativ. Det enda alternativet som är möjligt är DS-SM:s modell att låta två truckar lyfta undan tornen. Det positiva med det alternativet är att det inte behövs någon fast traversbana och möjligheterna på lagringsutrymmet sätts endast till förfogad areal mark. Nackdelarna med detta förfaringssätt jämte traverskranen är dock ökad risk för haveri då truckarna styrs manuellt. Tillika krävs det mer personal för att sköta lagerföringen.

## 5.2.16 Utgående leveranser

För utgående leveranser avses att använda traversen i Hall 8 som har möjlighet att delvis gå utomhus. Vi har för avsikt att använda 70 meter av denna längd. Under traversen skall det gå att komma till med lastbil så att lastning kan ske smidigt och enkelt.

Vidare anser vi att det bör utredas hur mycket det går att spara in på att använda fartyg utan kran för transport av sektionerna. Detta för att överväga om det är lönsamt att införskaffa en stor mobilkran med en lyftkapacitet på över 25 ton. För att enbart behöva hyra in en kran vid lastning av sektioner till fartyg. Tillika för lossning av plåt till fabriken (behöver bara en kran). (En sådan kran beräknas anbelanga en utgift på ca 5 miljoner kronor begagnad)

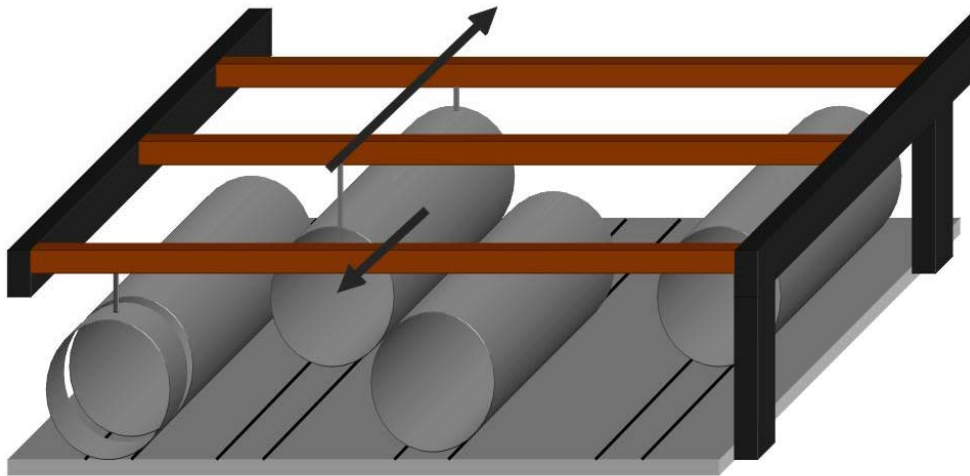
## 5.2.17 Transporter genom fabriken

### 5.2.17.1 Hall 1-förtillverkning

Genom Hall 1 skall plåtarna transporteras med travers. Det bör finnas tre traverser. En travers ska vara dedikerad till plåtar mellan bläster och skärmaskinen tillika mellan skärmaskinen och skrotplatsen. Den andra traversen bör finnas mellan skärmaskinerna och valsarna, tillika mellan valsarna och rundskarvsvetsningsstationerna. Slutligen en tredje travers som används till rundskarvsvetsningsprocessen, flänspåättning samt plundring av rundskarvsvetsningsstationerna. De två förstnämnda traverserna bör vara försedda med magnetok, medan den tredje bör vara försedd med lämplig anordning för lyft av svep. Traverserna bör ha en maxkapacitet överskridande 20 ton då det möjliggör lyft av samtliga plåt som används. Om tyngre plåt skulle förekomma är alternativet att använda två traverser. Vi ser dock att den tredje traversen som hanterar svepen efter valsningen är dimensionerad att klara maximal tyngden av ett fundament som idag är 15 ton men som ser ut att öka i vikt i framtiden. Således bör kapacitet ligga på över 30 ton.

### 5.2.17.2 Hall 2 - Svetsning och montering

Från Hall 1 till Hall 2 transporteras de klara svepen på en rullbana liknande den på DS-SM. Banan bör vara 50 meter lång och härbärgera mellan 10 och 15 svep. Det bör även finnas en extra buffertplats i Hall 2 som går att använda om det visar sig vara svårt till en början att synka flödena. Denna buffertplats bör sedermera utnyttjas till att förskjuta linorna i förhållande till varandra något för att möjliggöra att sektioner transporteras med traverser från Station 1 samtidigt som häftning sker på stationen (Se Figur 49).



*Figur 49 Förskjutning av svetslinorna för att möjliggöra sveppåsättning samtidigt som en annan sektion förflyttas*

Genom Hall 2 bör det möjliggöras två alternativa transportsätt. Det första är som idag, att tornen lyfts med travers över till nästkommande station. Det andra alternativet är att ha rälsar längs med hela linan så att rullbockarna kan rulla sektionerna till nästkommande station. Denna variant bör främst nyttjas vid två tillfällen när tyngre sektioner som inte kan transporteras med traverserna skall tillverkas. Det andra tillfället som sektionerna bör färdas på rälsen är om utnyttjandegraden av traversen blir allt för hög.

Vi har valt att inte dimensionera traverserna i Hall 2 till mer än en max kapacitet på vardera 50 ton. Det går tyvärr inte att ekonomiskt räkna hem en investering i traverser som klarar sektioner i dimension med E-112:an. Åtminstone inte i dagsläget när det inte står klart hur många torn av denna typ som kommer att göras.

Det bör finnas minst 3 traverser i Hall 2. Den första skall förse häftningen med svep. De resterande två bör förflytta sektioner mellan station 1-3.

### *5.2.17.3 Hall 3 – Blästring och målning*

Vid blästringstationen måste sektionen kunna rotera. Vidare får sektionens målade ytor ej beröras under målningsförfarandet. Dessa krav gör valet av transportmedel aningen svårt genom både blästerboxarna och målningsboxarna då det inte går att ändra fixtur under vägen.

Under studiebesöken har vi sett flera olika varianter för att lösa problematiken: Det generellt största problemet med fixturer är att de är tidskrävande att montera och

inte klarar av alla flänsdimensioner. Nedan summeras för och nackdelarna av de alternativen som stöts på under studiebesöken:

- Giraffer med gummihjul/stålhjul – EWP/SIAG Finsterwalde (*Figur 21*)
- Rörfixturer- SAM Magdeburg (*Figur 31*)
- Stora fyrkantiga fixturer – SIAG Leipzig (*Figur 34*)

### **Rörfixturer**

#### Fördelar:

- Öppet och bra för invändig målning
- Fixturen kan sitta på sektionen både vid målning och blästring förutsatt att metalliseringen av flänsarna sker innan påmontering av fixturen.
- Fixturen kan sitta på vid slututrustningen av sektionerna vilket gör att hela sektionen kan roteras under utrustningen utan att skada färgen. Det underlättar utrustningen till viss mån.

#### Nackdelar:

- På och avmontering tar lång tid
- Kräver många olika storlekar på flänsarna och således blir det en stor mängd fixturer som måste tillverkas och hushållas. (Binds mycket kapital i fixturer)

### **Stora fyrkantiga fixturer**

#### Fördelar:

- Större variation på flänsdiametern kan användas med samma fixtur. Således krävs färre fixturer än vid rörfixturalternativet.
- Fixturen kan användas som ben vid lagring innan utrustning. (Inget alternativ för EWP:s nya flöde.)

#### Nackdelar:

- Något mer komplicerad tillverkning än rörfixturen.
- Kräver tillverkning av ”giraffer”
- Komplicerat att komma in i sektionen vid invändig målning och blästring då de bärande balkarna sitter i vägen för öppningen.

### **Giraffer med stålhjul och gummihjul**



#### Fördelar:

- Öppet och bra för invändig målning
- Enkelt att hänga tornet på giraffen

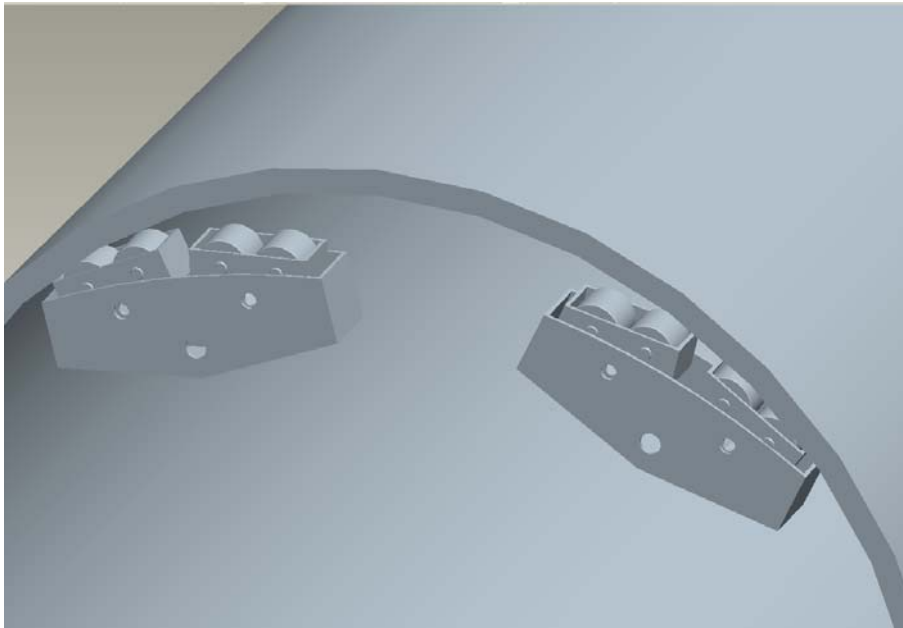
#### Nackdelar:

- Deformering av flänsen vid användande av stålhjul
- Krävs minst 24 stycken giraffer. Ganska kostsamt
- Måste transporteras runt fabriken för att gå från Station 5 till station 3
- Behöver i vissa fall ha en extra fixtur vid användandet av gummihjul

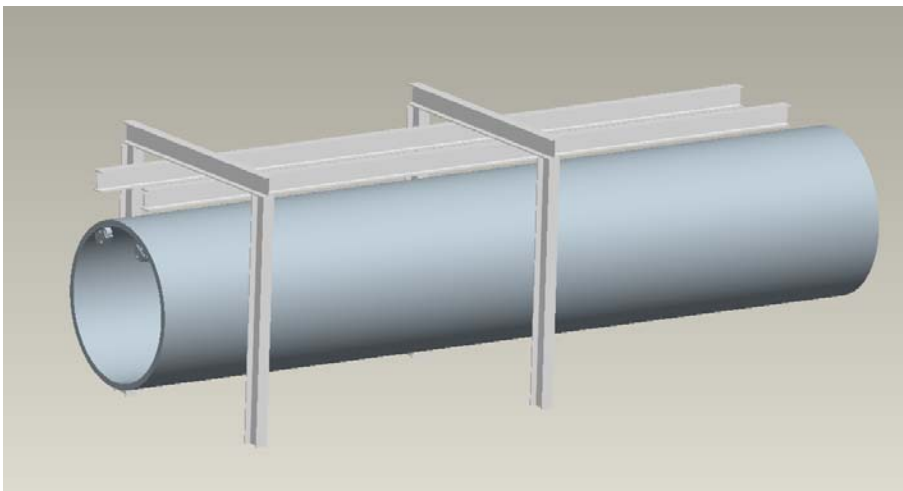
Inget av de ovannämnda alternativen är optimalt för produktionen i det nya flödet. Därför har tankarna på en nydesignad variant trätt fram. Denna presenteras nedan.

#### **Boggiupphängning i taket**

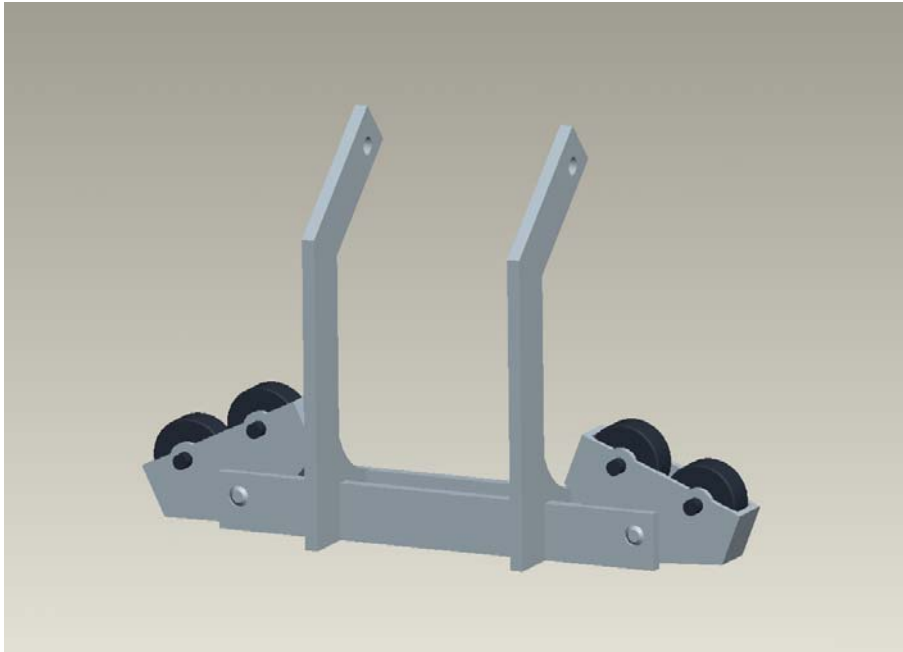
En upphängning som skulle eliminera många av problemen som ses vid de andra fabrikena i samband med fixturer är en boggiupphängning i taket av sektionen på flänsens innerkant. Tanken är att två alternativt fyra gummihjul håller upp sektionen på två sidor av flänsen (*se Figur 50*). En upphängning med en eller flera boggi kommer att belasta alla hjul lika mycket och automatiskt justera in sig till korrekt diameter på flänsen. Anledningen till användandet av två olika vaggor som hjulen är fastsatta i är att kunna förflytta sektionen med C-hake och att denna då placeras mellan vaggorna. Alternativet till att använda gummihjul är att stålhjul används men då Enercon inte accepterar deformation av flänsens insida är det inte ett alternativ. Gummihjul tål inte lika stora belastningar som stålhjul och därav det stora antalet hjul på upphängningen (mellan 4 och 8st per sida). Själva upphängningen ska bäras upp av två grova balkar i taket (*se Figur 51*). Tyngdpunkten för upphängningens anslutning till balkarna måste ligga rakt över flänsens mitt för att undvika snedbelastning (*se Figur 52*). Med fyra fästpunkter i taket per sektion ska inte sektionen kunna gunga nämnvärt under blästring och målningssarbetet. En annan fördel är att blästringssanden som ligger på golvet inte kommer vara i vägen vid förflyttning mellan blästring och målning. Tanken är att denna lösning ska eliminera behovet av alla dyra fixturer och slippa den tiden det tar för att montera fixturer. Ett annat problem som försvinner är att rullbockarna som tornet tidigare låg på inte är i vägen vid blästringen då upphängningen av sektionen på är i taket istället för i golvet. Problemet kommer vid målningen då upphängningens hjul kommer att rulla på insidan av flänsen. Detta kan resultera i att smuts och flagor från flänsen kommer att fastna i den blöta färgen på insidan av tornet.



*Figur 50 Schematisk skiss på en dubbelboggiupphängning*



*Figur 51 Schematisk skiss på tornet hänger i en blåstrings eller målningshall.*



*Figur 52 Schematisk skiss på en enkel boggiupphängning*

Nedan följer en summering av för och nackdelarna med boggiupphängningen i taket:

Fördelar:

- Stor variation av flänsdiametrar kan användas med samma upphängning
- Tiden för att få sektionen från sina rullbockar till blästring och målning hålls till ett minimum.
- Vid produktion av nya torntyper kommer det inte att behöva tillverkas nya fixturer så vida sektionens vikt inte överskrider maxlasten.

Nackdelar:

- Något högre grundinvestering än att låta sektionerna gå på rullbockar i blästring och målning.
- De största och tyngsta sektionerna kommer troligen behöva blästras och målas på rullbockar då det blir för dyrt att dimensionera upphängningen för värsta fallet. Således krävs en minimal mängd rörfixturer.

## 5.3 Processanalys

Efter att ha sammanställt processanalysen gavs följande lämpliga stationsfördelning som kan skådas nedan i *Tabell 7*.

Tabell 7 Processanalys

<b>E-70</b>	Maskin-data	Personal	S3 tot	S2 tot	S1 tot	E-70 tot	Antal maskiner på treskift & 30 sektioner/v.	Verkligt antal	Antal maskiner på treskift & 39 sektioner/v.
<b>Blästring</b>	-	1							
Blästring m/min	1,5		56	41	53	150			
"Frammatningstid"	2		2	2	2	6			
Cykeltid		1	70	53	73	196	0,3	1	0,4
<b>Skärning</b>		1							
Skärtid mm/min			2960	2700	4620	10280			
Ställtid mellan avslut till påbörjad bränning (min)	5		35	30	50	115			
Teoretisk bränntid 2 aggregat ->40%snabbare	0,6		284	205	271	761			
Märkning (min)	10		70	60	100	230			
Cykeltid		1	389	295	421	1105	1,9	2	2,4
<b>Fasning</b>									
Fasning min/plåt	5		35	30	50	115			
Cykeltid		0	35	30	50	115	1/vals		1/vals
<b>Valsning</b>	-	1-2							
Valsning	X		X	X	X	X			
Cykeltid		5	X	X	X	X	2,0	2	2,5
<b>Långskarvsvetsning</b>	-	-							
Svetstid Blad långskarv		1	X	X	X	X			
Flänspåättning		2	80	80	70	230			
- Vältning 5 min travers	5		10	10	10	30			
- Häftning X-Y min	25		X	X	X	X			
- Vältning 5 min travers	5		10	10	10	30			
Kontroll (min)	10	1	10	10	10	30			
Slipning långskarv (min)	30	1	X	X	X	X			
Cykeltid		9	X	X	X	X	5,1	6	6,5
<b>Dörrkarm 3 Svep</b>		1-2							
Häftning		2	X			X			
Rundskarvsvetsning utvändigt		1	X			X			

<b>Rundskarvsvetsning invändigt</b>		1	X			X			
<b>Dörrkarm</b>		2	X			X			
<b>-Håltagning+Häftning</b>	X	1	X			X			
<b>-Svetsning</b>	X	2	X			X			
<b>Kontroll</b>	X	1	X			X			
<b>Cykeltid</b>		3	X			X	3,0	4	3,9
<b>Station 1 Svetslina</b>		3							
<b>Ställtid häftning</b>		5	25	25	45	95			
<b>Häftning</b>	X		X	X	X	X			
<b>Ställtid utvändigsvetsning</b>		10	30	40	60	130			
<b>Utvändig svets (två kranar)</b>			X	X	X	X			
<b>Ställtid invändigsvetsning</b>		10	20	30	60	110			
<b>Invändig svets (tre traktorer)</b>			X	X	X	X			
<b>Ställtid utmatning</b>		10	10	10	10	30			
<b>Cykeltid</b>		18	583	623	847	2053	3,5	4	6,0
<b>Station 2 Slipning</b>		3							
<b>Ställtid inmatning</b>		10	10	10	10	30			
<b>Kontroll 100% fläns övrigt som idag</b>	X	1	X	X	X	780			
<b>Reparation</b>	X		X	X	X	X			
<b>Ställtid</b>		10	30	30	40	100			
<b>Slipning rundskarv utvändigt (min) 3 maskiner</b>	X		X	X	X	X			
<b>Ställtid</b>		10	30	30	40	100			
<b>Slipning rundskarv invändigt (min) 3 maskiner</b>	X		X	X	X	X			
<b>Ställtid utmatning</b>		10	10	10	10	30			
<b>Cykeltid</b>		12	800	650	790	2240	3,8	4	6,0
<b>Station 3 Montering</b>									
<b>Ställtid inmatning</b>		10	10	10	10	30			
<b>Flänsfräsning</b>	X	1			X	X			
<b>Montering</b>			X	X	X	X			
<b>- Utmärkning och häftning (har tagit bort 50% av tiden vid utmärkning pga. inbrända mallar)</b>	X	2	X	X	X	X			
<b>- Svetsning</b>	X	1	X	X	X	X			
<b>Ställtid utmatning</b>		20	20	20	20	60			
<b>Cykeltid</b>		12	450	330	660	1440	2,5	3	6,0
<b>Station 4 Blästring</b>									

<b>Ställtid inmatning</b>		20		20	20	20	60			
<b>Blästring</b>		X	2	X	X	X	X			
<b>Ställtid utmatning</b>		10		10	10	10	30			
<b>Cykeltid</b>			6	510	510	510	1530	2,6	3	6,0
<b>Station 5 Målning</b>										
<b>Ställtid inmatning</b>		10		10	10	10	30			
<b>Målning 1</b>		Indv. tider		X	X	X	X			
<b>Torkning 1 (30 °C)</b>		X		X	X	X	X			
<b>Målning 2</b>		Indv. tider		X	X	X	X			
<b>Torkning 2 (30 °C)</b>		240		X	X	X	X			
<b>Ställtid utmatning</b>		20		20	20	20	60			
<b>Cykeltid</b>			6	900	780	840	2520	4,3	5	6,0
<b>Station 6 Utrustning</b>										
<b>Utrustning</b>		X	2	X	X	X	X			
<b>Cykeltid</b>			12	X	X	X	X	36	4	6,0
<b>Summa</b>			85/skift	7473	4986	6499	18958			

(Kolumn 8 "Antal maskiner 3-skift 30 sektioner/v" är uträknat genom att först multiplicera med tio för att få fram 30 sektioner där efter divideras svaret med (7h/skift multiplicerat med 14 skift/vecka multiplicerat med 60 minuter) dvs tot tid\*10/(7\*14\*60)

Antalet stationer stämmer överrens med tabellens kolumn 8-10 fram tills själva linan börjar d.v.s. station 1-6 börjar. Då detta är en synkron lina krävs det att nästkommande station är ledig. Således stämmer inte antalet stationer då linan måste balanseras efter den produkt som har längst cykeltid vid någon av stationerna. I EWP:s fall är det Sektion 3 vid Station 5 (målning) som tar 900 minuter.

Därför krävs det 5 linor för att klara målet med 30 sektioner/vecka. I och med att det i det stora hela är en minimal kostnad att bygga en sjätte lina, bör det tas i noggrant beaktande. Det är upp till ledningen på EWP att avgöra om de tror prognoserna ökar eller ej.

Rapporten har beräknat maskinbehov efter kapacitet 30 sektioner/vecka. Men om 6 linor skulle vara i drift med maximalt utnyttjande skulle det resultera i att 39 sektioner kan tillverkas i veckan, (på treskift). Skulle femskift införas skulle det resultera i samma utnyttjandegrad av maskinerna men resultera i att 57 sektioner/vecka kan produceras.

Det bör även observeras att om avgränsningarna som givits av företaget ändras från treskift till femskift går det att minska antalet linor ner till 4. Detta resultat visar både processanalysen ovan samt simuleringen som gjorts.

Som synes i tabellen ovan är inte reparationstiderna inräknade. Uppgifter enligt EWP är att kvalitetsproblem uppkommer vid 50 procent av sektionerna varav 25 procent av dessa tar sex timmar att reparera och resterande 75 procent av bristerna kräver tre timmars reparationstid.<sup>219</sup> När tiderna på linan studeras ses att det finns ett glapp mellan Station 1-3 i förhållande till cykeltiden på 900 minuter. Den totala luckan är 870 minuter för Sektion 1, 1100 minuter för Sektion 2 samt 400 minuter för Sektion 3.

Kontrollen går att skjuta bak så att den maximerar Station 1:s cykeltid till 900 minuter samt går det att skjuta fram invändig slipning för station 2 till station 3 för att möjliggöra ett stort hålrum för reparation vid station 2.

Sätten att modellera med stationerna är oändliga och därför kommer inte vidare spekulation att ske då det inte resulterar i något konkret. Först måste modellen testas empiriskt för att verifiera tiderna. Där efter är det väldigt lätt att se vilka moment/stationer som resulterar i flaskhalsar.

Vidare visas att det krävs 85 personer i produktionen per skift. Detta är dock en sanning med modifikation. Här ingår inte inleveranser, verkstadstekniker arbetsledare etc. Räknas denna bemanning bestå av 10 personer resulterar det i 95 personer/skift exklusive ledning. Detta tal bör därefter divideras med antalet sektioner som tillverkas/vecka för att kunna jämföra med dagens siffra.

$$\left[ \frac{170 \text{ pers.} / \text{treskift}}{18 \text{ sektioner} / \text{vecka}} \right] = 9,4 \quad [1] \quad \text{EWP idag}$$

$$\left[ \frac{< 95 \text{ pers.} * \text{treskift}}{> 39 \text{ sektioner} / \text{vecka}} \right] \leq 7,3 \quad [2] \quad \text{Vid nyttjande av ny fabrik}$$

Beräkningarna i [1] och [2] visar att antalet personal per sektion och vecka kommer att minska med minst två stycken. Detta är att föredra av två skäl. den självklara är att arbetstimmarna minskar/sektion men även är det att föredra då det råder brist på svetsare och således kan det bli svårt att tillgodogöra sig behovet av kompetent personal vid denna tämligen stora expansion. Men EWP har fem år på sig att arbeta aktivt med att lösa utbudsproblemet.

---

<sup>219</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

## 5.4 Analys av tillverkningslayout

EWP sedan starten 1998 har produktionsvolymen av torn ständigt ökat. Från att ha gjort 3 sektioner per veckan till att idag göra 18 sektioner/ vecka samt med mål att göra 30 sektioner/vecka 2013. Tidigare hade EWP en layout liknande en produktverkstadslayout, denna layout har ändrat sig något till att likna en linjelayout. Konsekvenserna av förändringen har inte blivit optimal detta beroende av bland annat lokalernas utformning samt i viss mån gamla tankemodeller och värderingar. (Paradigmskifte behandlas kort i avsnitt 5,9)

I och med att den nya fabriken skall ändas till att endast producera vindkrafttorn och tillverkningen av samtliga modeller av vindkrafttorn genomgår i stort sett en likartad operationsföljd bör flödet vara skarp strukturerat. Vidare har kraven på kapacitet ökat. Med anledning av ovanstående ses inga andra alternativ lämpliga än någon typ av flödeslayout. Den specifika flödeslayouten har fallit på produktverkstadskonceptet och där tillhörande flödesgruppsindelning. Hur flödesgrupperna kommer att indelas samt varför valet av flödesgrupper och produktverkstadskonceptet valts diskuterades i avsnitt 5.2 ovan.

Fördelarna och nackdelarna med flödeslayouten är som nämnts i teorin:

### Fördelar:

- Förenklad planering och administration då det finns få planeringspunkter.
- Kortare ledtid och säkrare bestämning av ledtiden
- Minskat behov av mellanlagring, PIA minskar.
- Minskat transportarbete mellan maskiner samt till och från mellanlagring.

### Nackdelar:

- Ökat maskinbehov
- Minskad flexibilitet
- Svårt att genomföra vid stor andel kundorderstyrning av komplexa produkter
- Störningskänsligt

Fördelarna går inte att åstadkomma med någon annan typ av principiayout. Berörande nackdelarna, konstateras att flexibilitetskraven som layouten uppfyller är i riktning med EWP:s marknadsstrategi. Vilken endast omfattar vindkrafttorn. Som brukligt är bör marknadsstrategin styra utformningen av fabriken på lång sikt.<sup>220</sup> Vidare har layouten tillräcklig flexibilitet för att nå deras marknadssegment.

Beträffande ökat maskinbehov är det på två ställen vi ser att det är aktuellt att ha mer maskiner än i dagens produktion och det är blåstringshallar samt fler svetskranar. Dessa maskiner kommer att ha en lägre utnyttjande grad än i

---

<sup>220</sup> Hill (2000) Manufacturing strategy – Text and cases 2:e.



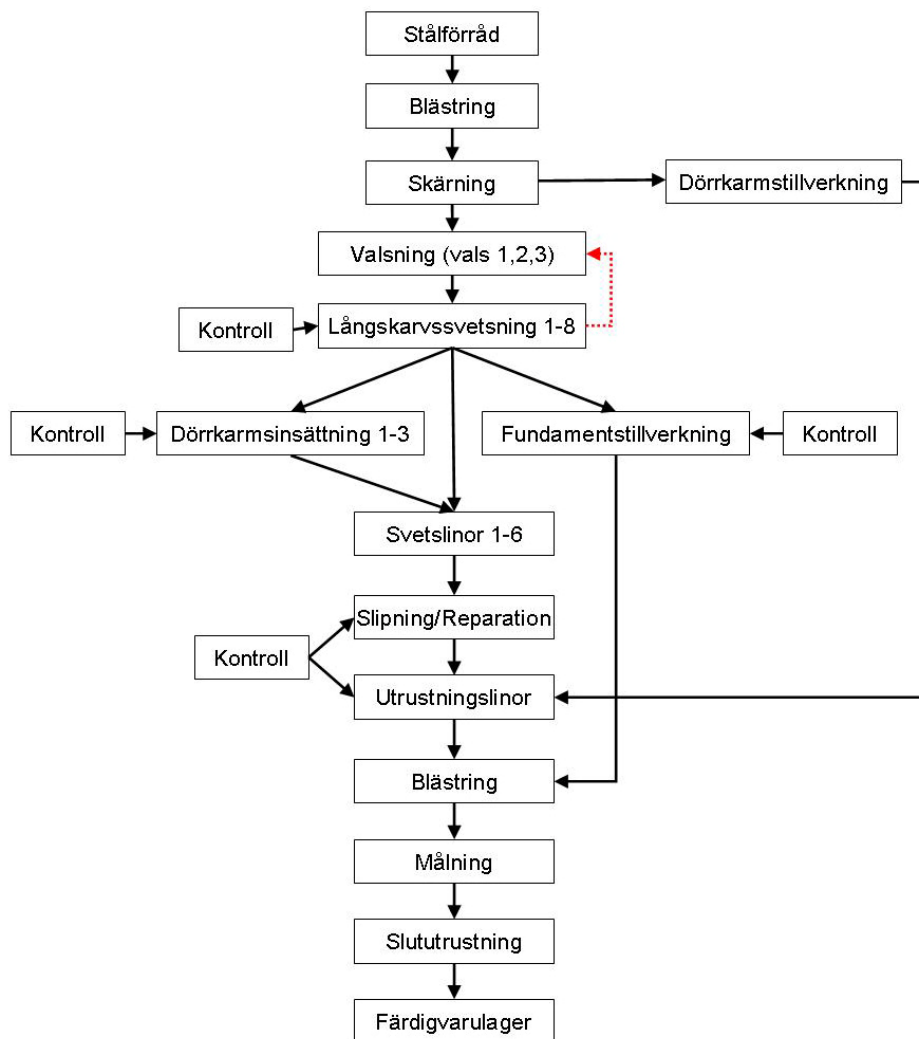
dagsläget. Men i gengäld ökas genomloppstiden kraftigt och antalet rullbockar kommer att minska drastiskt i förhållande till i dagsläget.

En stor nackdel med layouten är dess störningskänslighet. Detta problem minimeras genom att flödet är asynkront och varje station i Hall 1 har möjlighet att ha en detalj i buffert. Vidare finns där en större buffert innan linorna i Hall 2 tar fart. Om något strular på linan så som större defekter som kräver en längre reparation finns det plats för dessa utan att de stör flödet. Givetvis kan en maskin haverera, men de inverkningsdetaljer på produktionen är inte nämnvärt högre än om det ett haveri resulterar i dagsläget.

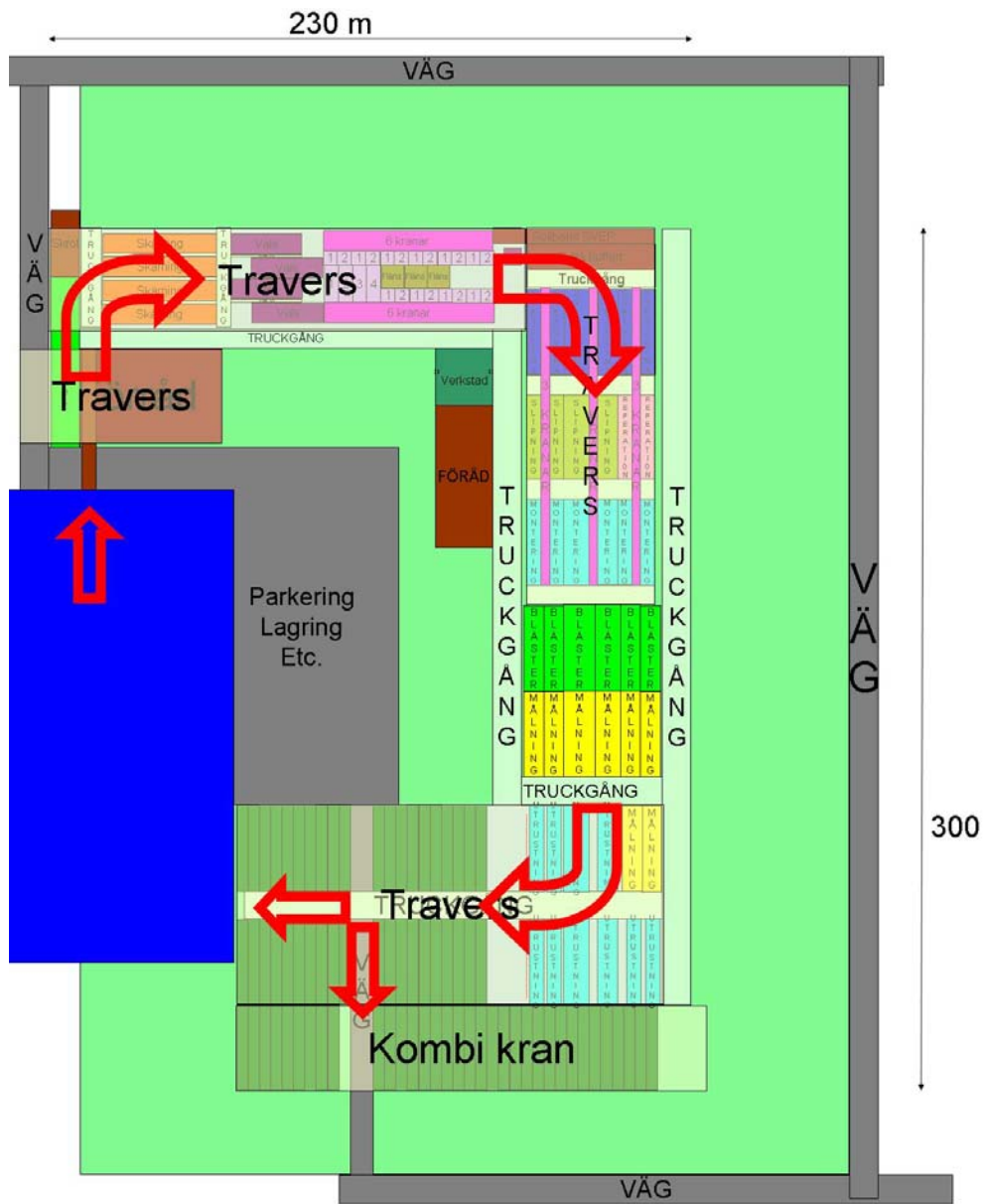
## **5.5 Skiss på förslag till ny fabrik**

Efter att i föregående avsnitt analyserat tillverkningslayouter, följer nu framkomna förslag på själva fabrikslayouten. Nedan i *Figur 53*, *Figur 54* och *Figur 55* visas förslag till det slutgiltiga flödesschema samt fabrikslayout.

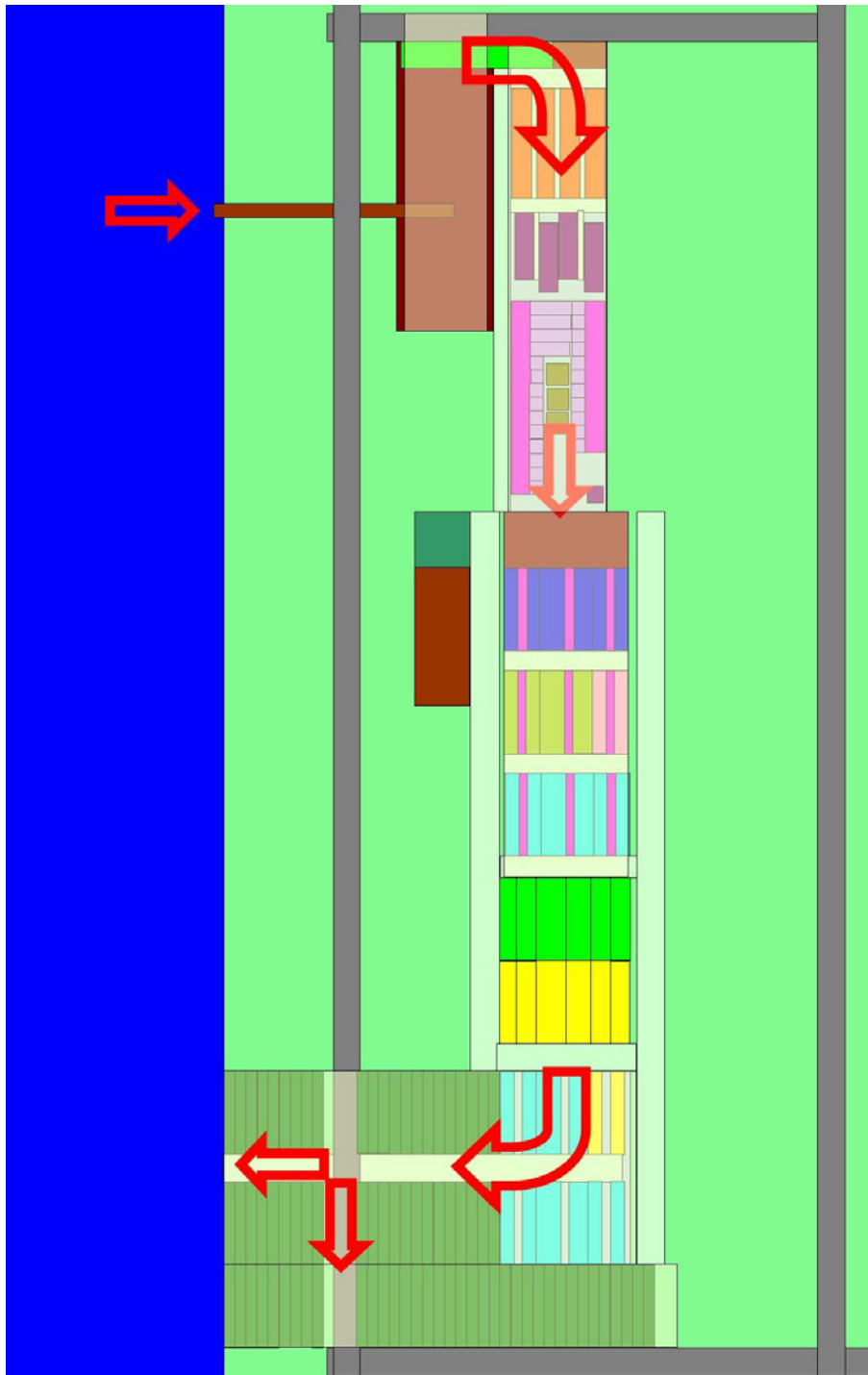
Anledningen till att flödesschemat och fabrikslayouterna visars redan nu är för att underlätta för läsaren att förstå hur tankegångarna i analysen hänger samman. Bilden är något liten men under detaljdiskussionerna av varje station kommer störningar att finnas på respektive hall.



Figur 53 Förslag till flödesschema för EWP:s ny fabrik (röd pil symboliserar omvalsning)



Figur 54 Förslag till fabrikslayout (90 gradig kaj) till EWP:s ny fabrik



*Figur 55 Förslag till fabrikslayout (180 gradig kaj) till EWP:s ny fabrik*

Första layouten är gjord för en kaj på 90 grader medan den andra fabrikslayouten är gjord för en kaj på 180 grader.

Som tämligen visuellt ses i figurerna ovan har alternativ 1 med 90 graders kaj ett bättre areautnyttjande än alternativ 2 med en kaj på 180 grader. Därför förordas den förstämnda layouten med 90 gradig kaj då den är betydligt kompaktare och därmed resurssnålare avseende både areautnyttjande och i transportsträckor. Vidare undviks vridningar av svepen efter långskarvsvetsningen i Hall 1 till Hall 2.

Den totala hallarean exklusive Hall 8 blir ca 23 000 m<sup>2</sup>. Det resulterar i en prislapp på 240 miljoner kronor

## **5.6 Möjligheter för utökning av produktionen**

Vindkraftbranschen förutspås som en kraftigt växande framtidsbransch de närmaste åren. Detta kommer förhoppningsvis leda till ökad produktion för EWP. Därför har en expansion av produktionen tagits i beaktande redan i planeringsstadiet.

Som kan ses på layoutbilderna av fabriken i *Figur 54 och Figur 55* går det att lägga in en skärmaskin till och en vals i Hall 1. Det är lätt att lägga in fler rundskarvsvetsstationer. Vidare går det att sänka cykeltiderna vid linan genom ständiga förbättringar och ökad bemanning.

Ett problem blir att minska leddiden till mindre än leddiden för målning då torktiden är begränsande. Men EWP arbetar idag på att leta upp andra färger som torkar fortare. Lika så går det att bygga ut fler målningboxar i Hall 8. Eventuellt kan temperaturen höjas i målningarna och viss torktid ske i hall 8.

Vid ökning av produktionstakten bör EWP börja med att ”trimma” ett linpar i taget. Och därefter kopiera förfarandet till nästkommande linpar. Eventuellt måste linpar tre alltid ha en kapacitet som understiger de andra två linparen på grund av att plats måste finnas för omfattande reparationer.

Om ovanstående förslag inte skulle räcka till för att uppnå rådande efterfrågan kan samtliga hallar breddas. Dock kommer det leda till att nya lokaler måste byggas mer eller mindre fristående från övriga men ändå kloss i kloss. dvs. dessa hallar kan ligga direkt intill föreslagna hallar men måste ha egen travers etc.

Om produktionskapaciteten höjs kraftigt i Hall 1 bör det även gå att göra en utbyggnad av Hall 2 utifrån denna hall.

## **5.7 Investeringar i den nya fabriken**

Att ge en korrekt ekonomisk bedömning i detta begynnelseläge är tyvärr omöjligt men en kvalificerad uppskattning går att göra.

Så fort EWP har beslutat hur och när de skall bygga sin nya tillverkningsanläggning bör de direkt börja fasa ut gamla maskiner för att införa de nya teknikerna som har föreslagits i rapporten samt utreda de frågetecken som ställts. Detta för att redan innan flytten ha behövlig tillverkningsutrustning infasad (en utvidgad diskussion om infasningen sker i avsnitt 5.8). Det innebär att det inte kommer att krävas några större investeringar i maskiner. Därmed kommer den största investeringen vara själva nybyggnationen, detta då övriga maskiner i stort redan är införskaffade och oberoende av beslutet för nybyggnation. De extra utgifter som tillkommer förutom fabrikslokalen är fler bläster och målningsboxar, tillika kommer nya traverser och en liggande bläster att behövas införskaffas.

En grov uppskattning är att hela fabriken med behövliga maskiner och traversbaner kommer att ligga runt 300 miljoner kronor. Att göra en noggrannare uppskattning lönsas sig inte i detta skede då det inte beslutat att layouten skall gälla. När den föreslagna layouten skall jämföras med andra är det två faktorer som skall vägas mot varandra dels  $m^2$ /sektion och år eller vecka samt ledtiden.

I det föreslagna fallet blir det maximalt  $550m^2$ /sektion och vecka samt en ledtid under fem dagar om produktionskapaciteten byggs ut till max 39sektioner/vecka.

## **5.8 Styrkor, Svagheter, Möjligheter och Hot för den nya fabriken**

För att analysera fabriken generellt används det tämligen välkända analysverktyget SWOT. SWOT står för Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. Styrkor och svagheter har för avsikt att analysera på ett mikroperspektiv d.v.s. faktorer som företaget direkt kan påverka medan möjligheter och hot har för avsikt att analysera makrofaktorer som beror på omvärlden.<sup>221</sup>

### *5.8.1.1 Styrkor*

- Har ett kontinuerligt flöde som är lätt att överskåda.
- Klarar av en stor produktflora av stålorn.
- Det finns backuplösningar på flertalet problem så som går traversen i Hall 2 sönder går det att köra sektionerna på rullbockar.
- Skarpt fokuserad fabrik med ett stort ”know how”. EWP har specialiserat sig och har ett kraftigt övertag jämfört konkurrenter som sysslar med flera olika typer av stålkonstruktioner och där med inte har utformat sin produktion enbart efter torntillverkning.

---

<sup>221</sup> Walker (1999) Operations Management- A Supply Chain Approach

- Enda fabrik, som vi studerade, som har möjlighet att leverera färdiga torn direkt till kaj. Således EWP kan dra till sig order på större havsbaserade vindkrafttorn.

Stora möjligheter att öka produktionen samt ytterligare effektivisera.

#### *5.8.1.2 Svagheter*

- Omställning till annan produktion än vindkrafttorn kan vara problematisk då EWP inte har någon riskspridning. Men lokalerna bör kunna passa annan tillverkningsindustri tack vara de stora lokalytorna med stor spännvidd utan pelare.
- EWP har dåliga kontakt med ENERCON:s konstruktionsavdelning. Det minskar möjligheterna att direkt kunna modifiera konstruktioner som inte passar produktionen optimalt. Således kommer visst överarbete att göras.

#### *5.8.1.3 Möjligheter*

- Möjlighet att ytterligare öka kapacitet om t.ex. ytterligare politiska beslut tas som ökar efterfrågan på vindkraft.
- Klarar av snabba förändringar från marknaden rörande tornstorlek väldigt enkelt. Kort ledtid leder till ökad konkurrenskraft.

#### *5.8.1.4 Hot*

- Betongtorn kan tänkas ta stora delar av marknaden.
- Äger inte EWP marken till den nya fabriken kan dagens scenario återupprepa sig med en påtvingad flytt.
- Ingen alternativ produkt att tillverka i dagsläget om lönsamheten sjunker eller efterfrågan minskar pga. tekniska innovationer, politiska beslut etc. . Detta medför också att personalen inte kan omfördelas mellan olika avdelningar då alla ägg ligger i samma korg.

## **5.9 Tidig implementering**

Det är av yttersta vikt att EWP snarast börjar med att besluta hur den nya produktionen skall se ut och därefter genast börjar anpassa sig mot dessa uppsatta mål. Vikten av att genast försöka implementera delar av de nya filosofierna som rapporten har lagt fram aktualiseras av inlärningskurvan som beskrivs i teorikapitlet. Den menar generellt på att ”learning by doing” ger minskade kostnader. Det tar tid att implementera nya förslag innan de blir lönsamma.

Lämpligt vore att ett linpar byggs i Hall 4 som i stora drag liknar ett linpar från förslagen ovan. Denna tidiga implementering ger två ovärderliga fördelar inför uppstartandet av den nya anläggningen:

- Förslaget till uppdelning av arbetsmoment utvärderas på riktigt. Oavsett hur sofistikerat simuleringsverktyg som används går det aldrig att få en perfekt modell som förutsäger alla möjliga variabler som kan inverka negativt.
- Personalen och ledningen får möjlighet till en inlärningsperiod då det inte är lika viktigt att allt funkar direkt. Det är nu det finns tid att lära sig metoderna som föreslagit till perfektion.

För att kunna minska antalet defekta svep och sektioner avseende formavvikelse och svetsfel bör procedurer vid valsning och svetsning standardiseras. Ett lämpligt förfaringssätt är att utvalda erfarna valsare och svetsare tillsammans med insatt ledningspersonal bildar en arbetsgrupp. Denna arbetsgrupp ska utvärdera olika förfaringssätt vid valsning och svetsning för att kunna hitta den mest optimala tekniken för vardera station. Därefter ska förfarandet dokumenteras och standardiseras för att minska den variation av kvalitet och form på produkten som annars följer en specifik persons uppfattning om en korrekt produkt. Detta minskar även osäkerheten för ny personal om de har givna riktlinjer att följa och inte bara göra som personen de lärt sig av. Personliga åsikter om alternativa metoder ska uppmärksammas, utvärderas och provas av denna grupp men dock ej utföras på eget bevåg. För att inte störa produktionen vid utvärdering och testning är det lämpligt att dessa tester utförs på helger eller under semesterperioder.

Slutligen bör EWP vid implementeringen av föreslagna förfaringssätt initiera ständiga förändringar och börja analysera flödet kontinuerligt genom bland annat verktygen Poka Yoke, och SMED.

## **5.10 Paradigmskifte**

EWP har gått från att 1998 tillverka ett torn i veckan till att idag tillverka 6 torn i veckan och om fem år beräknar man göra minst 10 torn i veckan. När vi har varit runt i produktionen och på kontoret har det märkts att alla inte har samma uppfattning om vad som är möjligt och inte. Många är kvar i gamla tankegångar från forna Kockums. Det går inte att vara kvar i de gamla tiderna när utvecklingen går som den gör. Tankegångarna att de inte går att standardisera produktionen eftersom det är nästintill enbart handarbete och därmed kräver hantverksskicklighet är ett återkommande inslag. Tankegångarna stämmer såvida man är kvar i Kockums gamla tankemönster. Tiderna ändras och så måste även vindkrafttornstillverkningen. Paradigmskiftets tid är kommen. Som nämnt i teorin är detta en långdragen process som inte sker över en natt. Mycket arbete måste läggas ner från ledningens sida.



Det kan dock konstateras att denna rapport är ett tydligt tecken på att något håller på att hända inom EWP då de bett oss, utomstående, utreda hur fabriken kan se ut. Redan vid introduktionen av arbetet fick vi höra av vår handledare att det var ett av skälen till att vi blev involverade. Då de behövde få in nya och annorlunda tankar som inte var bundna till gamla invanda mönster och tankesätt.

Återigen måste ledningen inse problematiken av att en del har kvar sitt gamla tankesätt från Kockums och att det inte harmoniserar med de nya tankesätten som måste till. Teorin säger att två paradigmer inte kan existera samtidigt. Det går alltså inte att få en smidig organisation om det dras åt olika håll.

## **5.11 Holism för ökad kvalitet och ökad arbetsglädje**

I dagsläget ses ett stort behov av att öka kvalitén på det arbete som presterats. Anledningen är att minska de uppenbara defekterna som måste repareras men också för att minska det merarbete som uppstår vid mindre väl utfört förädlingsarbete.

Efter våra studier på företaget som involverat både produktionen och på kontoret, har vi märkt att attityden hos en del ur personalen har en bristande holistisk infallsvinkel. Vi menar på att en ökad helhetssyn för personalen är ett måste för att lösa kvalitetsbristerna. Det går inte att se sin operation som en isolerad händelse utan det måste belysas att det är viktig komponent för att tillverka vindkraftverk. Lika så måste det belysas att slutresultatet är beroende av att alla aktiviteter fungerar väl och att alla aktiviteter mer eller mindre är beroende av varandra. Således är varje operation en viktig och avgörande kugge för ett lyckat resultat.

EWP bör fokusera mer på att öka helhetssynen inom framförallt produktionen. Det är väldigt viktigt för att kunna höja kvalitén. En positiv bieffekt blir troligen som nämnt i teorin att personalens arbetsmotivation och arbetsglädje ökar då de ser sig själva som en viktig del i hela produktionen och inte som en enskild isolerad aktivitet i det stora hela.

För att öka det holistiska tänkandet föreslås därför att flödesgrupper etableras där lagarbete längs med förädlingskedjan är ett måste. Hur flödesgrupperna bör vara uppdelade har vi inga direkta åsikter om, dock bör de vara tillräckligt stora för att göra någon betydelse lika så får de inte vara allt för stora då konceptet faller. Det skall vara möjligt för samtliga i gruppen att lära sig samtliga arbetsmoment.

I värsta fall, om det visars sig att införandet av flödesgrupperna inte resulterar i ökad kvalitet. Bör det övervägas att införas ett incitamentsprogram för vissa flödesgrupper. Vi är av den mening att incitamentsprogram är bra såvida de inte nyttjas för att dölja ett underliggande problem. D.v.s. har företaget problem med kvalitet och holism bör de gå till botten med problemet och inte köpa sig fria. Vidare ses vissa komplikationer med incitamentsprogram, de är svåra att göra korrekta, det finns så gott som alltid något kryphål någon parameter som inte går

att beräkna i förväg. Risken för att programmet blir snedvridet och orättvist för vissa grupper är lätt hänt och därmed ökar risken för att vissa grupper känner sig utanför och undanskuffade. Det i sin tur kan leda till en oönskad stämning på företaget. Detta är de värsta scenariot som vi kan se. Därför råder vi EWP att först försöka lösa grundproblemet. Går det inte bör det övervägas att försöka implementera någon typ av incitamentsprogram.

Belöningsystemet bör bland annat införas hos valsare, långskarvsvetsare samt rundskarvsvetsare. Då dessa aktiviteter har visat sig inverka avsevärt på sektionernas kvalitet.

Belöningen för dessa grupper bör i huvudsak vara knytan till kvalitén på aktiviteternas utgående produkter. Produktionshastigheten skall inte vara inblandad i incitamentsprogrammet då det inte längre är av vikt att producera så mycket som möjligt utan istället producera exakt rätt mängd i rätt tid och till rätt kvalitet. Vidare kommer tiden att vara förutbestämda och inte möjliga att ”maska” ifrån, om det nu är ett problem i dagsläget. Momenten som skall göras är fastställda sedan innan.

Huruvida belöningen skall vara individuell eller arbetslagsbaserad har vi svårt att ta ställning till. Det optimala vore om det gick att ha kvalitetsincitamentet baserat på hela flödesgruppens arbete. Anledningen är att då hade ett underliggande incitamentet att lära av varandra instiftats. Samtidigt riskeras att konflikter uppstår då risken är att några inte håller den givna standarden och således sänker bonusen för de övriga i laget. Vidare kan det få problem då skiftgången i dagsläget inte är fast, vissa jobbar ständigt natt, vissa ständigt dag och vissa på rullande skift. Således kommer lagen bestå av olika personer.

Ett annat problem som kan skönjas är att ny personal kommer att bli illa behandlade och att ingen vill ha med dem i sitt arbetslag. Det kan dock botas genom att nyanställda inte får ta del av kvalitetsbonus förrän de har varit i produktionen ett visst antal månader. Därmed resulterar inte deras felsteg till neddragning av övriga i arbetslagets bonus.

Även bör övervägas att initiera en del av incitamentsprogrammet för samtliga aktiv produktionspersonal och ledning som baseras på företagets lönsamhet. Det för att få en laganda och en större uppslutning för gemensamma mål. För de flödesgrupper som nåddes ovan bör förutom kvalitetsbonusen även en del vara baserad på företagets lönsamhet. Exempelvis har de 50 procent av bonusen baserat på kvalitet och 50 procent baserat på företagets lönsamhet.

Som nämndes ovan är vi skeptiska till belöningsystem, men det bör förtydligas att det är endast då de nyttjas för att ge förbi ett större problem. Således ser vi inga hinder i att ett incitamentsprogram införs efter att de underliggande problemen lösts. Dock bör det ha i åtanke som nämnts ovan att det är lätt att det uppstå

oönskade konsekvenser men i gengäld kan de uppvägas av de positiva konsekvenserna.

## 6 Slutsatser och avslutande diskussion

*Nedan presenteras utredningen slutsatser. Först presenteras kort de slutsatser som drogs ur den detaljerade processgenomgången där efter följer slutsatserna från processanalysen utvidgningsmöjligheter samt vissa organisatoriska aspekter som bör beaktas. Slutligen följer en avslutande diskussion om vad som bör undersökas och utredas vidare.*

### 6.1 Slutsatser

Analysen av förfaringssätt vid tillverkning av vindkraftstorn har resulterat i nedanstående *Tabell 8* av slutsatser för varje individuell station samt där efterföljande löpande text för slutsatser av mer gemensam karaktär .

*Tabell 8 Sammandrag av de slutsatser som dragits vid varje studerad station*

<b><u>Aktivitet</u></b>	<b><u>Slutsatser</u></b>
<b>Förråd</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Minska lagret</li><li>- Öka samarbetet med leverantörerna</li><li>- Överväg en mobilkran för lastning och lossning</li></ul>
<b>Bläster</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Införskaffa en liggande bläster för att spara in byggnadskostnader samt för att få ett enklare flöde.</li></ul>
<b>Skärmaskin</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Införskaffa nya skärmaskiner som klara av att:<ul style="list-style-type: none"><li>- Bränna fasen samtidigt som själva plåten skärs</li><li>- Göra de hål som krävs till fundamenten.</li><li>- Plundras och matas under drift</li><li>- Bränna in mallar till monteringen</li></ul></li><li>-Övervakningen av skärmaskinerna bör centraliseras till en övervakningsplats.</li></ul>
<b>Vals</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Arbeta aktivt med att reducera valstiderna. Efterlikna DS-SM.</li></ul>

<b><u>Aktivitet</u></b>	<b><u>Slutsatser</u></b>
<b>Långskarvs svetsning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nyttja dagens stationsupplägg där en svetskran servar två rullbockar med svep.</li> <li>- Fundamentstillverkningen bör sker i direkt anslutning till långskarvssvetsningen.</li> </ul>
<b>Slipning av långskarv</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- För att minska belastningen på linorna bör slipningen av långskarvarna utföras i direkt anslutning till långskarvssvetsningen</li> </ul>
<b>Omvalsning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valsningen håller hög kvalitet om fem år så att ytterst få svep behöver omvalsas</li> <li>- Leder till att en separat maskin för omvalning är onödig.</li> <li>- Investera istället i överkapacitet vid ordinarie valsar</li> </ul>
<b>Dörrkarmsinsättning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiderna för dörrkarmstillverkningen är allt för långa,</li> <li>- Måste bryta ut momentet från linan..</li> <li>- Dörrkarman bör monteras in redan i Hall 1 vid långskarvssvetsningen. Vilket medför att tre svep sammanfogas för att därefter montera dörrkarmen som vanligt.</li> <li>- MAG-svetsning av dörrkarmen förhand är allt för tidsödande. Ett ökat samarbete med leverantörer bör göras för att utveckla en dörrkarmstraktor som klarar av pulversvetsning.</li> </ul>
<b>Station 1 - Häftning &amp; svetsning</b>	<p>Aktiviteter vid stationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Häftning</li> <li>- Utvändig rundskarvssvets</li> <li>- Invändig rundskarvssvets</li> </ul> <p>Häftning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vilken variant som skall nyttjas är ovisst. Står emellan ”DS-SM” eller EWP:s variant av häftning.</li> </ul> <p>Rundskarvssvetsning utvändigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Två svetskranar körs samtidigt parallellt med tornet.</li> <li>- Kranarna skall gå att rotera så de kan betjäna linan bredvid</li> </ul> <p>Invändig rundskarvssvetsning</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tre mobila svetstraktorer används samtidigt.</li> </ul>

<b><u>Aktivitet</u></b>	<b><u>Slutsatser</u></b>
<b>Station 2 – Kontroll, reparation &amp; slipning</b>	<p>Aktiviteter vid stationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontroll</li> <li>- Reparation</li> <li>- Slipning</li> </ul> <p>Reparation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Station 2 vid lina 1 och 2 reserveras till stora reparationer. Det medför att torn som inte skall slipas bör ta denna väg. Mindre reparationer finns det tid för vid stationerna på ordinarie linor</li> </ul> <p>Slipning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minst tre slipmaskiner bör bearbeta sektionen samtidigt.</li> </ul>
<b>Station 3 - Slipning, Montering &amp; Flänsfräsning</b>	<p>Aktiviteter vid stationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Invändig slipning</li> <li>- Montering av interiör</li> <li>- Planing av toppfläns</li> </ul> <p>Invändig slipning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beroende på hur de verkliga cykeltiderna ter sig kan det tänkas vara lämpligt att lägga invändig svetsning vid denna station.</li> </ul> <p>Montering av interiör:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiden för häftning halveras i och med att mallarna bränns in vid utskärningen av plåtarna.</li> </ul> <p>Planing av fläns:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mobil planingsutrustning skall användas för att minska ledtiden för topparna.</li> </ul>
<b>Station 4 - Blästring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sex blästringsboxar, en till varje lina.</li> <li>- Boxarnas bör tömmas helt automatiskt</li> <li>- Automatisk utvändig blästring i samtliga boxar</li> </ul>
<b>Station 5 - Målning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Det moment som tar längst tid.</li> <li>- Temperaturen i målningsboxarna bör vara 30 C°</li> <li>- EWP bör arbeta vidare med andra färger som har mindre torktid</li> <li>- Bör övervägas att införskaffa automatisk målning av utsidan av tornet.</li> </ul>

<b>Station 6 - Slututrustning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inget behov av några större förändringar.</li> <li>- Bör utvärderas ordentligt huruvida det är rent praktiskt möjligt samt ekonomiskt gångbart att utrusta samtliga torn på liknande sätt som E-82. De vill säga att kabelstegar etc. förbereds innan sektionen anländer för att minskas PIA.</li> <li>- Vid de tillfällen som det inte går att predicera vilken typ av transport som tornen skall färdas med till slutkund bör trekantiga fötter används.</li> </ul>
<b>Färdigvarulager</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Med rådande generösa policy jämte kunden kommer det krävas extremt stor area att förvara färdiga sektioner på. EWP bör om möjligt minska denna tiden. Möjligen genom att synliggöra förvaringskostnaderna för kunden.</li> </ul>
<b>Utgående leveranser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En dedikerad plats under den utomhusgående traversbanan vid Hall 8.</li> </ul>

Efter genomförd processanalys visade det sig att det endast behövs fem linor däremot är en extra lina en minimal kostnad om det visar sig att efterfrågan finns och därför föreslås att sex linor byggs då efterfrågan verkar öka väldigt kraftigt.

Med sex linor igång kan 39 sektioner tillverkas per vecka med tre skift, samt med femskift kan 59 sektioner tillverkas i veckan. Om femskift skulle bli aktuellt för företaget går det att dra ner antalet linor till endast fyra.

Processanalysen visar även på att målningen är den trångaste sektorn och därför skall den ha första prioritet om cykeltiderna skall sjunka. Vidare ses även möjlighet att balansera om station 1-3 för att eventuellt göra en större lucka i Station 2 för att möjliggöra reparationer av tornen.

Efter att ha analyserat olika typer av tillverkningslayouter framkom att en flödesorienterad layout är ett måste. Med ett flödestänk i åtanke ledde analysen fram till föreslagna layouten på ny fabrik som presenteras i *Figur 54*. I det föreslagna fallet blir det mellan 250-550m<sup>2</sup>/sektion och vecka (39-88 sektioner/vecka) samt en ledtid under fem dagar. Vidare minskas personalstyrkan per sektion och vecka från 9,4 till under 7,4 personer/vecka och sektion.

Vid eventuell utökning av produktionen är det möjligt att lägga in fler maskiner i Hall 1. Vidare bör det gå att sänka cykeltiderna till närmare tio timmar dock kommer det krävas mycket arbete och tid. Det stora problemet kommer att vara målningen om inte ny färg som torkar snabbare hittas. Slutligen om kan samtliga hallar breddas.

Efter analys av organisationen framkom att fabriken bör delas upp i flödesgrupper. Detta för att öka arbetsglädjen och flexibilitet hos personalen samt för att öka lönsamheten för EWP. För om kompetensen är väl utspridd i produktionen uppstår färre problem och ökad flexibilitet.

Ur ett lednings och organisationsperspektiv står EWP inför ett smärre paradigmskifte när de nu är igång med att verkligen ta sig ifrån enstyckstillverkningen för masstillverkning. Detta måste aktualiseras och arbetas hårt med så att alla invanda mönster bryts och anpassas till ett flödestänkande.

Slutligen bör EWP fortast möjligt initiera förändringsarbetet för att anpassa sig redan nu till det nya tillverkningssystemet som rapporten föreslagit. Här föreslås att i Hall 4 byggs en liknande linje som visats ovan, för att initiera försök och verifiera rapportens förslag praktiskt.

## **6.2 Förslag till vidare studier**

*Under arbetets gång har flertalet frågetecken uppkommit. Många av dessa kan ni läsa i analysen där underlag inte har funnits för att ge ett konkret förslag utan viss tvekan har funnits. Nedan sammanfattas dessa frågetecken och föreslås en vidare utredning. Nedan ges även några bredare förslag till vidare studier som är av större karaktär.*

### **6.2.1 Övergripande**

Simuleringarna som gjort har varit generaliserande och då inte i den meningen att det har hoppats över steg utan att vissa stationer har slagits samman samt är inte tiderna statistiskt säkerställda. Således är det av intresse att se hur resultatet hade sett ut med exakt data. Då hade det kanske visat sig att en lina hade kunnat gå att rationaliseras bort eller rent av att rapporten har varit allt för optimistisk. Även hade det varit av intresse att för varje station sätta samman en noggrann processanalys. Den övergripande processanalysen som gjorts bör vara vägledande för att prioritera vilka moment som bör angripas först.

Vidare vore det av intresse att en totalkostnadsanalys görs av förslaget för att se de verkliga besparingarna i faktiska kronor. Vidare vore det också intressant att se hur väl ståltorn som produceras i den nya fabriken står sig prismässigt mot betongtorn.



## 6.2.2 Stationsspecifika förslag till vidare studier

Tabell 9 Stationsspecifika förslag till vidare studier.

<b>Förråd</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Undersök vidare hur stor påverkan havet har på korrosionstakten på plåtarna.</li><li>- Utvärdera huruvida ett införskaffande av en mobilkran för lossning av plåt samt till hjälp vid lastning av torn är lönsamt.</li></ul>
<b>Vals</b>	Fortsätt utred hur valsningen kan bli effektivare med ökad kvalitet
<b>Häftning</b>	Undersök vidare om DS-SM:s variant på häftningsförfarande är att föredra framför EWP:s förfarande i dagsläget. Dvs. utred om förfarandet går att vidareutveckla som nämnts i analysen samt gör en totalkostnadsanalys.
<b>Blästring</b>	Gör en totalkostnadsanalys mellan alternativen halvautomatisk tömning av boxarna och hel automatisk tömning.
<b>Målning</b>	Vidare arbete krävs för att finna färger som torkar fortare. Lika så bör det undersökas möjligheterna att ha automatisk utvändig målning.
<b>Slututrustning</b>	Går det att anamma samma förfaringssätt med interiörinsättning som vid tillverkning av E-82.

# 7 Källförteckning

## 7.1 Publicerade Källor

### 7.1.1 Literatur

Ax et al. (2002) Den nya ekonomistyrningen. Liber Ekonomi.

Bergman och Klefsjö (2001). Kvalitet från behov till användning. Studentlitteratur, Lund

Bergenståhl och Perborg (2001) Industriell anläggningsteknik . KFS AB

Björklund, Paulsson (2003) Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera. Lund, Studentlitteratur.

Gareth (1999), Organisationsmetaforer. Studentlitteratur, Lund

Greve (2003) Modeller för finansiell planering och analys. Studentlitteratur, Lund

Hill (2000) Manufacturing strategy – Text and cases 2:e. PALGRAVE

Palgrave Hines et al. (2000) Value Stream management – Strategy and Excellence in the Supply chain. Pearson education llimited.

Jacobsen (2000) Vad, hur och varför? – Om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen. Studentlitteratur, Lund

Kahlke och Schmidt (2000) Arbetsanalys och personbedömning – att öka träffsäkerheten vid urval och rekrytering. Studentlitteratur, Lund

Kurskompendium i Materialhantering VT-2007 av Institutionen för teknisk ekonomi och logistik vid maskinsektionen LTH

Ljungberg och Larsson (2001) Processbaserad verksamhetsutveckling. Studentlitteratur, Lund

Lumbsten (2005) Logistikens grunder, Studentlitteratur

Mattsson och Jonsson (2003) Produktionslogistik. Studentlitteratur, Lund

Merchant et al. (2003) Management control systems- Performance measurement, evaluation and incentives. Pearson education Limited.

Olhager (2000) Produktionsekonomi, Studentlitteratur, Lund

Oskarsson et al. (2003) Modern logistik – för ökad lönsamhet. Liber AB

Philip et al.(2002) Managing the global supply chain. Copenhagen Business School Press Books International Inc.

Suzaki (1987) New Manufacturing Challenge - Techniques for Continuous improvement. The free press, A division of Simon & Schuster Inc.

Ståhl, Industriella Tillverkningsystem. KFS AB, Lund

Walker (1999) Operations Management- A Supply Chain Approach

Womack et al. (1991) The machine that changed the world – the story of lean production. Macmillan Publishing Company.

### **7.1.2 Artiklar**

Poka-yoke designs make assemblies mistakeproof – Paul Dvorak Machine Design; Mar 10, 1998; 70,4; ABI/INFORM Global pg.183

Process improvement by poka-yoke - Work Study Volume 48 Number 7 1999 ISSN 0043-8022

The 10 step to lean production – Steve L Hunter. FDM; Nov 2003;75,16;ABI/INFORM Global pg. 22

Energiläget 2006 ET 2006:43

## **7.2 Elektroniska källor**

[www.ugs.com/products/tecnomatix/interactive/main.html](http://www.ugs.com/products/tecnomatix/interactive/main.html) 2007-02-15

[www.imaginethtatinc.com/prods\\_pricing.html](http://www.imaginethtatinc.com/prods_pricing.html) 2007-02-15

[www.enercon.com](http://www.enercon.com) 2007-02-30

[www.vestas.com](http://www.vestas.com) 2007-02-30

[www.aftonbladet.se/vss/klimathotet/story/0,2789,1018586,00.html](http://www.aftonbladet.se/vss/klimathotet/story/0,2789,1018586,00.html) 2007-04-17

[ec.europa.eu/sverige/news/topics/environment/news\\_date\\_713\\_sv.htm](http://ec.europa.eu/sverige/news/topics/environment/news_date_713_sv.htm) 2007-04-17

[www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/gasskarning.4.ec944110677af1e8380009764.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/gasskarning.4.ec944110677af1e8380009764.html) 2007-04-18

[www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/plasmaskarning.4.ec944110677af1e8380009776.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/plasmaskarning.4.ec944110677af1e8380009776.html) 2007-04-18

[www.faccin.com](http://www.faccin.com) 2007-04-18

[www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/magmiggasmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009917.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/magmiggasmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009917.html) 2007-04-18

[www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/mmamanuellmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009888.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/mmamanuellmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009888.html) 2007-04-19

[www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/pulverbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009974.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/pulverbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009974.html) 2007-04-19

[www.vindkompaniet.se/format/fakta\\_vindkraft.pdf](http://www.vindkompaniet.se/format/fakta_vindkraft.pdf) 2007-05-10

[products.esab.com/Templates/T041.asp?id=9071](http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=9071) 2007-05-13

[products.esab.com/Templates/T041.asp?id=142223](http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=142223) 2007-05-13

[www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/mejsling.4.ec944110677af1e8380009804.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/mejsling.4.ec944110677af1e8380009804.html) 2007-05-13

[www.wheelabratorgroup.com/xq/asp/bf.brands/f.1/c.32/e.226/b.7/qx/br\\_product.htm](http://www.wheelabratorgroup.com/xq/asp/bf.brands/f.1/c.32/e.226/b.7/qx/br_product.htm) 2007-05-18

[www.abus-kransystem.se/travers/data\\_tvabalk.html](http://www.abus-kransystem.se/travers/data_tvabalk.html) 2007-05-18

[www.straaltechniek.net/en/product.asp?id=54](http://www.straaltechniek.net/en/product.asp?id=54) 2007-05-18

[www.idsi.org/pics/pic\\_overhead\\_crane.jpg](http://www.idsi.org/pics/pic_overhead_crane.jpg) 2007-05-18

[www.konecranes.com/portal/equipment/harbour\\_and\\_shipyard\\_cranes/shipyard\\_cranes/](http://www.konecranes.com/portal/equipment/harbour_and_shipyard_cranes/shipyard_cranes/) 2007-05-18

[www.streetcrane.co.uk/crane\\_galleries/portal/portalcranes.html](http://www.streetcrane.co.uk/crane_galleries/portal/portalcranes.html) 2007-05-19

[products.esab.com/Templates/T041.asp?id=49622](http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=49622) 2007-05-20

[www.earth-policy.org/Updates/2006/Update52\\_data.htm#graph1](http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update52_data.htm#graph1) 2007-05-20

[www.enercon.nu/](http://www.enercon.nu/) 2007-05-20

[www.esab.se/se/se/news/upload/ESAB\\_nytt\\_191\\_final.pdf](http://www.esab.se/se/se/news/upload/ESAB_nytt_191_final.pdf) 2007-05-20

[www.ds-sm.dk/sw17261.asp](http://www.ds-sm.dk/sw17261.asp) 2007-05-20

[www.ds-sm.dk/graphics/DS\\_SM/Profil/sm\\_praesentation\\_dk.pdf](http://www.ds-sm.dk/graphics/DS_SM/Profil/sm_praesentation_dk.pdf) 2007-05-30

[esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126920.pdf](http://esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126920.pdf) 2007-05-30

[esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126920.pdf](http://esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126920.pdf) 2007-05-30

[http://www.vipp.nu/vipp-guiden/3\\_Den\\_industriella\\_processen/Cykeltid.htm](http://www.vipp.nu/vipp-guiden/3_Den_industriella_processen/Cykeltid.htm) 2007-06-08

## **7.3 Muntliga källor**

Wolfgang Hahn kvalitetsansvarig SIAG Leipzig

Jens Holk Nilssen Technical deviser DS-SM

Jörgen Kilian försäljare LB Tekniklyft AB

Mario Lenz (Kvalitetsingenjör) SAM Magdeburg

Mayhyar Mansoori Produktionskoordinator

Mickael Månsson inköpare EWP

Peter Overup Produktionskoordinator

Magnus Sachse Måleriförman EWP

Frank Schulze Tekniker SIAG Finsterwalde

Sven Sandberg inköp och beredningsansvarig EWP

Thies Sievrs försäljningsansvarig SIAG Leipzig

## **7.4 Studerade Fallföretag**

EWP Windtower Production AB  
Stora Varvsgatan 14  
211 19 Malmö

DS SM A/S  
Værksvej 5  
DK-6230 Rødebro

SAM Stahlurm- & Apparatebau  
Magdeburg GmbH  
Schilfbreite 2  
39120 Magdeburg

SIAG Anlagenbau Finsterwalde GmbH  
Industriegebiet Massen  
03238 Finsterwalde-Massen

SIAG Tube & Tower GmbH  
Kamenzer Straße 3  
04347 Leipzig

# Bilaga A – Tillverkningsmetoder

## 1 Tillverkningsmetoder

*Nedan beskrivs de huvudsakliga tillverkningsmetoderna som används hos EWP idag samt några alternativa metoder för tillverkning av vindkrafttorn.*

### 1.1 Automatiserad Blästring

För blästring av grovplåt finns två modeller av bläster. Det som skiljer dem åt är plåtens placering vid själva blästringsoperationen. Med en liggande bläster matas plåten in liggande. En liggande bläster är mer utrymmeskrävande och behövs sänkas ner i fabriksgolvet om arbetshöjden skall vara normal (dock inget krav) En liggande bläster kräver i normalfall en stor källare. Anledningen till detta är att då en plåt blästras liggande måste det finnas en viss vinkel från sidorna på blästern till botten där återvinningen av blästringsmediet finns för att detta ska ske problemfritt. Med en bläster som kan ta 4 meter breda plåtar blir detta några meter under plåtens plan.<sup>222</sup>

Den andra typen av bläster är en stående bläster. Denna behöver inte sänkas ner i fabriksgolvet men är generellt sett högre än en motsvarande liggande bläster. Med denna typ av bläster måste dock plåtarna resas innan de matas in i maskinen med en typ av hydraulisk rullbana och därefter läggas ner igen med en annan rullbana.<sup>223</sup>

### 1.2 Skärandebearbetning

### 1.3 Gasskärning

Vid gasskärning utnyttjas den låga som uppstår vid förbränning av acetylen och syrgas till att förvärma materialet (andra gaser kan också användas så som butan, propan men de ger lägre värme och därmed lägre hastighet). Därefter skickas en stråle av syrgas genom lågan och det är den som utför själva skärprocessen. Syrgasen får metallen att förbrännas och skickar metalloxiden ur snittet i form av slagg. Gasskärning klarar av att skära plåtar upp till en tjocklek på 2000 mm i extremfallet.<sup>224</sup>

---

<sup>222</sup> <http://www.straaltechnik.net/en/product.asp?id=54> 2007-05-18

<sup>223</sup> [http://www.wheelabratorgroup.com/xq.aspx/bf.brands/f.1/c.32/e.226/b.7/qx/br\\_product.htm](http://www.wheelabratorgroup.com/xq.aspx/bf.brands/f.1/c.32/e.226/b.7/qx/br_product.htm) 2007-05-18

<sup>224</sup> <http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/gasskarning.4.ec944110677af1e8380009764.htm>  
| 2007-04-18

## 1.4 Plasmaskärning

Plasmaskärning använder en elektrisk ljusbåge mellan plåten som ska skäras och en elektrod för att få hög temperatur i skärprocessen. Elektroden består av ett elektriskt ledande material med mycket hög smälttemperatur (tex. volfram) och runt elektroden finns en dysa (hölje) i vilken det skickas gas som genom den extrema temperaturen blir plasma. Det är plasmagasen som blåser bort det smälta materialet. Skärhastigheten är högre än för gasskärning men tjockleken på plåtarna bör ej överskrida 30 mm för EWPs plåtar och kvalitetskrav men har ett maximalt brändjup på ca 80 mm.<sup>225</sup>

### 1.4.1 Valsning

Vid valsning av plåt till konisk form är det vanligaste alternativet en fyrarullars vals. Två rullar är placerade lodrätt och det är dessa som klämmer plåten mellan sig och driver plåten framåt vid valsningen. Två valsrullar av något mindre dimension sitter placerade på vardera sidan om de vertikala valsrullarna. Det är dessa två mindre valsrullarna som står för själva krökningen av plåten och dessa kan även snedställas mot de två drivande rullarna för att tvinga plåten till sin komiska form.<sup>226</sup>

### 1.4.2 Svetsning

## 1.5 Metal Active Gas

Metal Active Gas (MAG-svetsning) Tillsatsmaterialet matas fram automatiskt i form av en tråd, som kan vara solid eller ihålig (rörtråd). Ljusbågen omges av en skyddsgas huvudsakligen bestående av argon och koldioxid men kan även innehålla helium, syre och väte. Fördelarna med MAG är:<sup>227</sup>

- Inga avbrott för elektrodbytten så som vid MMA
- Mindre formförändringar på grund av krympning jämfört med MMA
- Inget/litet behov av slagging. (minimala restprodukter)
- Mindre fogvolym jämfört med MMA pga. klenare elektrod

---

<sup>225</sup> <http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/plasmaskarning.4.ec944110677af1e8380009776.html> 2007-04-18

<sup>226</sup> <http://www.faccin.com> 2007-04-18

<sup>227</sup> <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/magmiggasmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009917.html> 2007-04-18



## 1.6 Manuell Metal Arc

Manuell Metal Arc (MMA-svetsning, ”pinnsvets”) kan drivas av både lik- och växelström men det vanligaste är likström. Tillsatsmaterialet är en fast elektrod som förbrukas. Runt elektroden finns ett hölje som smälter av ljusbågen och bildar en skyddande slagg över svetsen. MMA-svetsning används vid vissa delar av utrustningen av tornen samt vid vissa reparationsarbeten.<sup>228</sup>

- Låg investeringskostnad
- Kan användas i alla svetslägen, horisontellt, vertikalt samt underifrån.(Vid rätt elektrodval)
- Lätta att byta elektrod och således enkelt att byta tillsatsmaterial.

## 1.7 Pulverbågssvetsning

Pulverbågssvetsning är en högproduktiv, mekaniserad svetsmetod, utföres med 1-3 kontinuerliga elektroder. Ljusbågen eller ljusbågarna brinner under ett lager svetspulver som smälter närmast ljusbågen och bildar slagg på svetsen. Det osmälta pulveröverskottet återanvänds.

Fördelarna med pulverbågssvetsning är.<sup>229</sup>

- hög produktivitet
- djup inträngning
- mindre krav på operatörens/svetsarens skicklighet

## 1.8 Svetstraktor

En svetstraktor (*se Figur 56 Svetstraktor*) är en mobil pulverbågssvets som används där en svetskran inte kan användas beroende på tillgänglighet eller begränsat utrymme. En svetstraktor använder samma typ av strömkälla som en svetskran men svetsråd och svetspulver finns på rulle respektive behållare på traktorn.<sup>230</sup>

---

<sup>228</sup> <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/mmamanuellmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009888.html> 2007-04-19

<sup>229</sup> <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/pulverbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009974.html> 2007-04-19

<sup>230</sup> <http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=9071> 2007-05-13



Figur 56 Svetstraktor<sup>231</sup>

En typ av svetstraktor går att montera direkt på dörrkarmen för svetsning (se Figur 57 Dörrkarmsvets), dock är dessa endast MAG-svetsar.



Figur 57 Dörrkarmsvets<sup>232</sup>

## 1.9 Svetskran

En svetskran består av en pulverbågssvets monterad på en pelare med en utskjutbar kranarm. Både strömkällor, trådrulle och svetspulver finns på en vagn som pelaren sitter fast i. Detta medger kontinuerlig svetsning med flera rullar svetstråd om vardera upp till 1000 kg.<sup>233</sup>

## 1.10 Kolbågning

Kolbågning är egentligen en förkortning av kolbågsmejsling eller bågluftmejsling. Mejsling är en effektivare avverkningsmetod än slipning då rotsidan ska rensas för att minimera risken för svetsdefekter eller en defekt upptäckts och ska repareras. Mejslingen är till utförandet mycket lik MMA svetsning. En elektrod av kol eller grafit används för att överföra strömmen till arbetsstycket och vid kontaktpunkten

---

<sup>231</sup>[http://esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126\\_920.pdf](http://esabsp.esab.net/templates/docOpen.asp?file=files/Brochures/WeldingAutomation/XA00126_920.pdf) 2007-05-30

<sup>232</sup> Ibid.

<sup>233</sup> <http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=142223> 2007-05-13

smälter metallen och blåses bort av en kraftig luftström som kommer från ett munstycke på elektrodhållaren.<sup>234</sup>

Kolbågning är i många avseende icke önskvärt framför allt på grund av arbetsmiljöskäl, det låter mycket samt ger ifrån sig kraftig rökutveckling och gnistor från elektroden.<sup>235</sup>

## 1.11 Lyftanordningar – Traverskran & Bockkran

*För att lyfta tyngre produkter som t.ex. sektioner till ett vindkraftverkstorn inom en produktionsanläggning finns en flertalet alternativa lyftanordningar som presenteras nedan.*

### 1.12 Traverskran

Traverskranen (se Figur 58 Traverskran) är en av de vanligaste hos EWP. Lyftanordningarna och består av en eller två parallella traversbalkar som löper längs fasta traversbanor. Själva lyftkroken löper längs med traversbalken och därmed kan hela ytan som täcks av kranen få tillgång till lyftkapaciteten. Traverser finns för både inomhus och utomhusanvändning. Traverser färdas med en normal maximalhastighet på 40m/min<sup>236</sup>. Det som huvudsakligen begränsar den maximala lyftkapaciteten är spännvidden på traversbalken. Standardmodeller finns för vikter upp till 100 ton och spännvidder upp till 36 meter (ej kombinerat). Större traverser kan specialtillverkas.<sup>237</sup>

---

<sup>234</sup> [http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/mejsling\\_4.ec944110677af1e8380009804.html](http://www.svets.se/tekniskinfo/termiskskarning/mejsling_4.ec944110677af1e8380009804.html)  
2007-05-13

<sup>235</sup> Ibid.

<sup>236</sup> Jörgen Kilian försäljare ...

<sup>237</sup> [www.abus-kranssystem.se/travers/data\\_tvabalk.html](http://www.abus-kranssystem.se/travers/data_tvabalk.html) 2007-05-18



*Figur 58 Traverskran<sup>238</sup>*

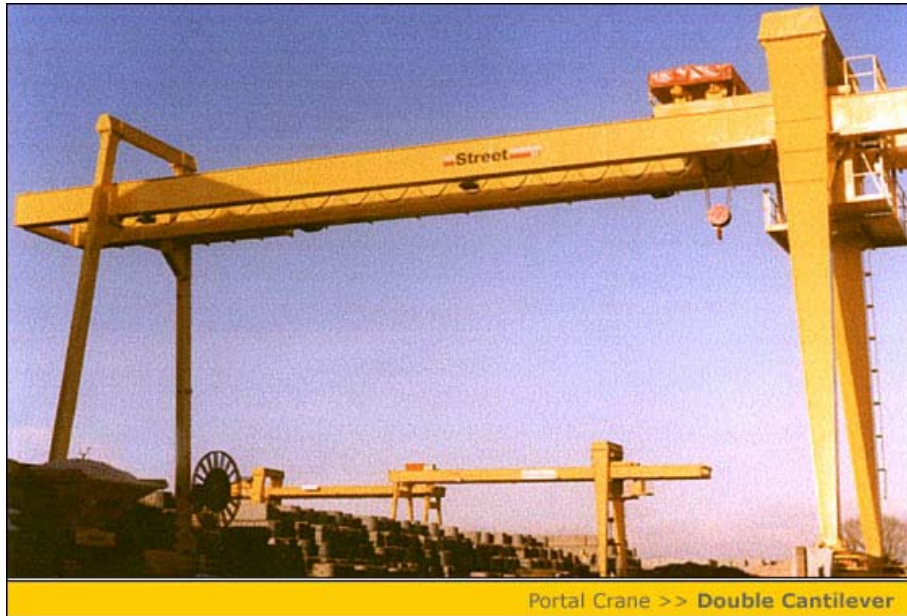
### **1.13 Portalkran**

Portalkran eller bockkran (se *Figur 59 Bockkran*) är en annan typ av lyftinrättning för tyngre lyft. Det som skiljer en portalkran från en travers är att en portalkran går på räls på marken och alltså behövs inte pelare för att bära upp traversbalken. Portalkranar finns i alla storlekar och de största kan lyfta över 1200ton och har en spännvidd på upp till 210 meter.<sup>239</sup>

---

<sup>238</sup> [http://www.idsi.org/pics/pic\\_overhead\\_crane.jpg](http://www.idsi.org/pics/pic_overhead_crane.jpg) 2007-05-18

<sup>239</sup> [http://www.konecranes.com/portal/equipment/harbour\\_and\\_shipyard\\_cranes/shipyard\\_cranes/](http://www.konecranes.com/portal/equipment/harbour_and_shipyard_cranes/shipyard_cranes/)  
2007-05-18



*Figur 59 Bockkran<sup>240</sup>*

En annan typ av lyftanordningar är en kombinerad traverskran (se Figur 60 Kombinerad travers och portalkran) och portalkran där traversbalken i ena sidan sitter upphängd som en travers och den andra sidan är upphängd som en portalkran<sup>241</sup>

---

<sup>240</sup> [http://www.streetcrane.co.uk/crane\\_galleries/portal/portalcranes.html](http://www.streetcrane.co.uk/crane_galleries/portal/portalcranes.html) 2007-05-19

<sup>241</sup> Ibid.



Figur 60 Kombinerad travers och portalkran<sup>242</sup>

## 1.14 Övrig relevant tekniks utrustning för vindkrafttornstillverkning

### 1.15 Rullbock

Vid svetsning av stora cirkulära objekt som tex. sektioner till vindkraftverkstorn krävs rullbockar (se Figur 61 Rullbockar av självjusterande typ). En rullbock består av två eller fyra hjul som fixerar sektionen över en tänkt centrumlinje. På modellerna med två hjul ställs avståndet mellan hjulen in manuellt medan modellerna med fyra hjul har en boggiupphängning av hjulen så att de automatiskt ställer in sig till sektionens diameter. På rullbockarna finns drivning för att kunna rotera sektionen under rundskavssvetsning och utrustning. Rullbockar finns i storlekar som klarar av laster upp till 150 ton<sup>243</sup>.

---

<sup>242</sup> [http://www.streetcrane.co.uk/crane\\_galleries/portal/portalcranes.html](http://www.streetcrane.co.uk/crane_galleries/portal/portalcranes.html) 2007-05-19

<sup>243</sup> <http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=49622> 2007-05-20



Figur 61 Rullbockar av självjusterande typ<sup>244</sup>

## 1.16 Fit up bock

Fitups liknar rullbockar men med den skillnaden att hjulen är höj och sänkbara individuellt för att kunna positionera ett enskilt svep mot en sektion vid häftningen då resten av sektionen ligger på rullbockar. Höj och sänkmekanismen är hydraulisk och justeras manuellt eller mekaniskt.

## 1.17 Flänsfräs

Bearbetningen kan göras med fräs eller svarv.

Vid bearbetning med fräs används ett stort fräshuvud som tar hela flänsens bredd samtidigt som fräsen vandrar runt fläsen och efter ett eller fler varv beroende på önskad avverkning har förhoppningsvis önskad planhet uppnåtts.

Bearbetning med svarv tar generellt mycket längre tid. Bearbetningen sker endast med ett skär som sitter på en hållare som måste gå runt hela fläsen ett mycket stort antal gånger.

Skärhastigheten för svarven ligger långt under fräsen där skärhastigheten lätt kan justeras med varvtalet på motorn som driver fräsen.

### 1.17.1 Rälsar

Vid förflyttning av sektioner längs en produktionslina måste rullbockar och fituper ha någon sorts räls att gå på. Beroende på förutsättningarna i fabrikslokalen finns några olika alternativ.

## 1.18 Järnvägsräls

Järnvägsräls är ett bra alternativ då rälsen i sig själv är styv och inte så känslig för små variationer i golvets planhet. Om rälsen läggs på ett plant betonggolv kan den

---

<sup>244</sup> <http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=49622> 2007-05-20



relativt enkelt flyttas för att passa andra spårvidder och layout typer. Det som är negativt med rälsar är att de bygger på höjden och det kan vara komplicerat att köra över dessa med truck.

Ett alternativ är att ha rälsarna nedsänkta i skåror i fabriksgolvet. Flexibiliteten försämras något men alternativet att lägga räls ovanför finns kvar.

## **1.19 Plattjärn**

Istället för att ha järnvägsräls kan plattjärn läggas direkt på fabriksgolvet. Plattjärn är ingen styv konstruktion och kommer att följa golvets ojämnheter vid belastning om den inte är ordentligt underbyggd. Denna lösning bygger dock minimalt på höjden och är inget problem att köra över med truck.

## **1.20 Plåtar**

Det tredje alternativet är att grova plåtar med samma bredd som spårvidden på rullbockarna läggs direkt på golvet och häftas ihop. Även denna lösning bygger minimalt på höjden och kan lätt köras över med truck. Fördelen med denna lösning är att plåtarna relativt enkelt kan flyttas runt vid modifiering av linerna och att spårvidden inte ändras.



## Bilaga B - Logistikbegrepp

Ledtid - är den tid det tar från lagd order till levererad order. Ledtidsbegreppet kan används både på en övergripande macronivå men även på en micronivå. Det vill säga att ledtiden kan beskriva tiden från det att ett företag har beställt en produkt till dess att produkten har anlänt till företaget. Även kan ledtiden beskriva tiden för en produkt att gå från förråd till färdigvarulager. Dock skall det poängteras att vid användandet av ledtid bör det tydligt markeras från vilka två punkter som måttet avses beskriva.<sup>245</sup>

Cykeltid - är den totala tid det tar från att maskinen har producerat en produkt tills nästa produkt är färdigställd. Cykeltidsbegreppet kan användas både i små och stora termer så som cykeltid för hela stationer som involverar flera operationer men även för enskilda maskiner.<sup>246</sup>

I en linjebaserad produktionslayout bestämmer linans längsta cykeltid takten för hela linan. Det vill säga vilken produktionsvolym som kommer att produceras. Detta då det vid varje ny cykeltid produceras en ny produkt och linan kan inte gå fortare än den långsammaste operationen.<sup>247</sup>

Förråd – benämns de ”lager” som företaget har sitt utgångs-förbruknings och tillsatsmaterial i. Exempelvis i EWP:s fall plåtförråd.<sup>248</sup>

Produkter i arbete (PIA) – innefattar alla de produkter som låses i de bearbetande maskinerna eller lagerpunkter precis framför dessa.<sup>249</sup>

Färdigvarulager – Detta lager avser produkter som är färdiga för leverans. Således är en distinktion gjord mellan förråd och lager dock bör det nämnas att lager oftast används även för benämning av förråd.<sup>250</sup>

Värdeadderande aktiviteter – är aktiviteter som värdesätts av kunden. Exempel är målning, inköp av material, bearbetning av halvfabrikat. Motsatsen är icke värdeskapande aktiviteter och dessa är exempelvis reparationer av utrustning, omarbete, lagring av material omställning av maskiner.<sup>251</sup>

---

<sup>245</sup> Lumbsten (2005) Logistikens grunder

<sup>246</sup> [http://www.vipp.nu/vipp-guiden/3\\_Den\\_industriella\\_processen/Cykeltid.htm](http://www.vipp.nu/vipp-guiden/3_Den_industriella_processen/Cykeltid.htm) 2007-06-08

<sup>247</sup> Ibid.

<sup>248</sup> Lumbsten (2005) Logistikens grunder

<sup>249</sup> Ibid.

<sup>250</sup> Ibid.

<sup>251</sup> Ax et al. (2002) Den nya ekonomistyrningen

## Bilaga C– Stationernas bredd, längd & höjd

Nedan i *Tabell 10* presenteras de mått som använts vid skisserna för de olika stationerna, måtten är inte minimala utan önskvärda. Således går det att reducera ytterligare men det krävs ingående studier vid varje komponent.

*Tabell 10 Stationernas bredd, längd & höjd*

	Längd	Bredd	Höjd	Lyftkapacitet (ton) & Area
<b>Plåtförråd</b>	60	32	8	1920 m <sup>2</sup>
Rullbana -> förråd		4,5		
Travers	70	34		20 ton
<b>Blästring</b>	46	8	7,5	
- Rullbord in	31	5	2	
- Bläster	10	8	6	
- Rullbord ut	17	5	2	
<b>Hall 1</b>	36	170	10	6120 m <sup>2</sup>
Travers Hall 1	36			20 ton
<b>Skärning</b>	38	7	3	
<b>Fasning</b>	rullbord vid valsning			
<b>Valsning</b>	27	7	10	
-rullbord	17	3	-	
-vals	10	7	10	
<b>Långskarvsvetsning</b>	70	36		
-svep plats	5	5	10	
-kran plats	9	5	10	
-Flänspåsettning	10	10		
<b>Hall 2</b>	135	50		6750 m <sup>2</sup>
Travers	135	45	50/travers	
Rullband svep	60	5	10	
Övrig buffertplats	9	50		
<b>Station 1-3</b>			10-20	
- normal plats	30	5		
- bred plats 1	30	10		
- bred plats 2	30	7		

- Kranräls	Hela vägen genom Hall 2	3		
<b>Hall 3</b>	65	50		3250 m <sup>2</sup>
<b>Station 4-5</b>				
- normal plats	33	7	7	
- bred plats 1	33	11	10	
- bred plats 2	33	8	7	
Kompressorum etc	Beläget utomhus			
<b>Hall 8</b>	157	80	25	12562 m <sup>2</sup>
<b>Station 6</b>	50	80	25	250 ton / travers
Lagring Hall 8	107	80	25	
Utomhuslagring	157	33	25	50 ton / travers 5180 m <sup>2</sup>
<b>Verkstad</b>	30	40	10-	1200 m <sup>2</sup>
<b>Förråd</b>	70	30	10-15	2100 m <sup>2</sup>
<b>Total area</b>				39100 m <sup>2</sup>
<b>Area utan lagringsplats och förråd (inkl. verkstad)</b>				21300 m <sup>2</sup>

## Bilaga D – Generella prisuppgifter

Nedan i *Tabell 11* presenteras generella prisuppgifter. Uppgifterna är kvalificerade uppskattningar från de refererade uppgiftslämnarna.

*Tabell 11 Generella prisuppgifter*

<b>"Maskin" installerade och klara</b>	<b>Tusen SEK</b>		
Liggande bläster <sup>252</sup>	4500		
Skärmaskin <sup>253</sup>	5500		
vals 4 m <sup>254</sup>	5500		
svetskran twintandem <sup>255</sup>	1900		
rullbock 70 ton <sup>256</sup>	380		
fit up/par <sup>257</sup>	250		
blästerbox automattömning <sup>258</sup>	3000		
automatisk blästring utsidan <sup>259</sup>	1200		
<b>Traverser</b>			
Travers 25 ton 30 m bred <sup>260</sup>	600		
Travers 40 ton 17m bred <sup>261</sup>	900		
<b>Mobilkran</b>			
10 ton hyra/h framkörningskostnad	1,35	2	
30 ton hyra/h framkörningskostnad	3,5	18	
10 tons mobilkran	5000		
<b>Lokaler</b>			
Hallyta/m <sup>2</sup> <sup>262</sup>	12		
Förrådsyta/m <sup>2</sup> <sup>263</sup>	6		
<b>Löner</b>			
Produktionspersonals årslön <sup>264</sup>	400	38h/veck	1650h/år

<sup>252</sup> Mickael Månsson. Inköpare EWP

<sup>253</sup> Bertil Grip. Beredare EWP

<sup>254</sup> Ibid.

<sup>255</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

<sup>256</sup> Ibid.

<sup>257</sup> Ibid.

<sup>258</sup> Mickael Månsson. Inköpare EWP

<sup>259</sup> Ibid.

<sup>260</sup> Jörgen Kilian säljare LB TeknikLyft AB

<sup>261</sup> Mahyar Mansoori. Produktionskoordinator. EWP

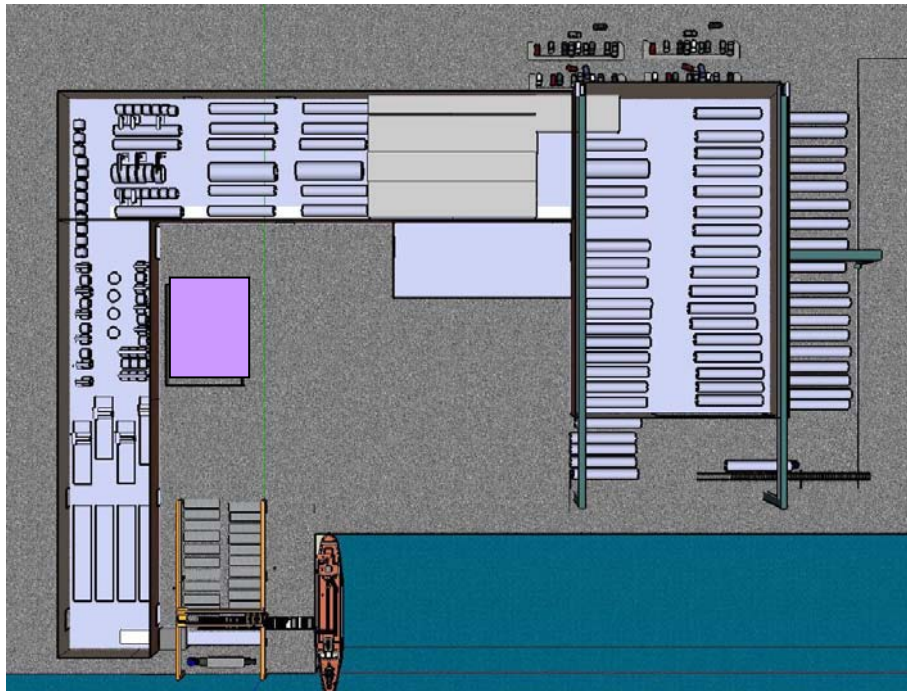
<sup>262</sup> Ibid.

<sup>263</sup> Ibid.

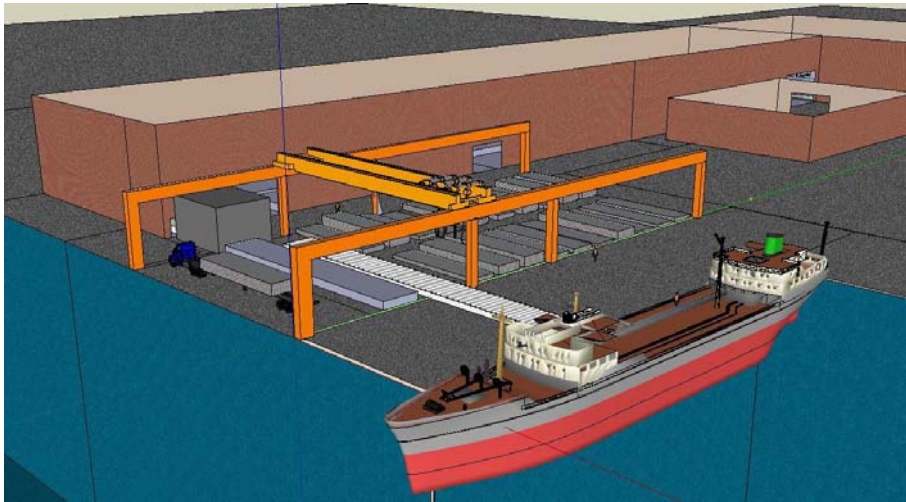
<sup>264</sup> Ibid.

## Bilaga E – 3D-bilder på fabrikslayouten

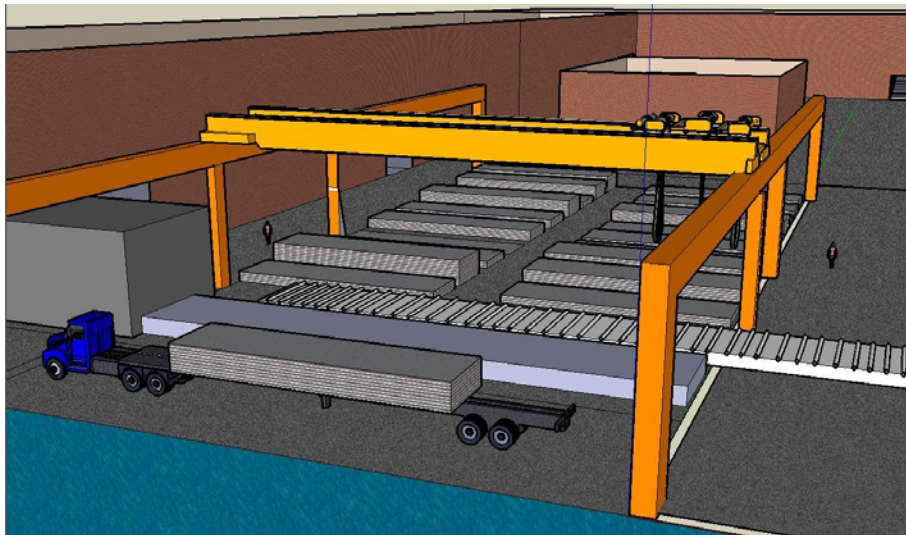
Nedan i *Figur 62* - *Figur 74* visas 3D-bilder på fabriksförslaget. Förhållandena mellan byggnaderna och maskinerna är verkliga. Operationsföljden är den samma som beskrivits i processanalysen i *Tabell 7*.



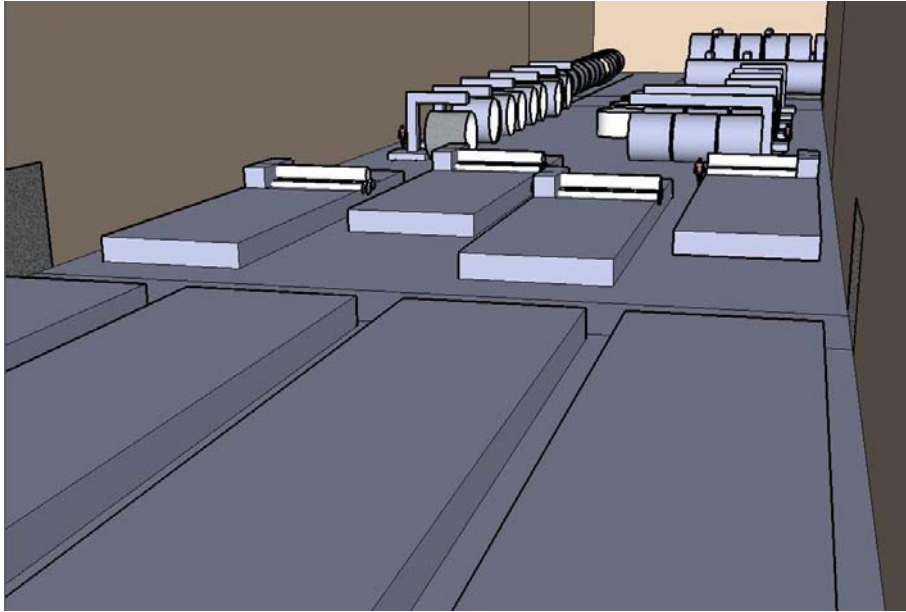
*Figur 62* Översiktlig fabrikslayout



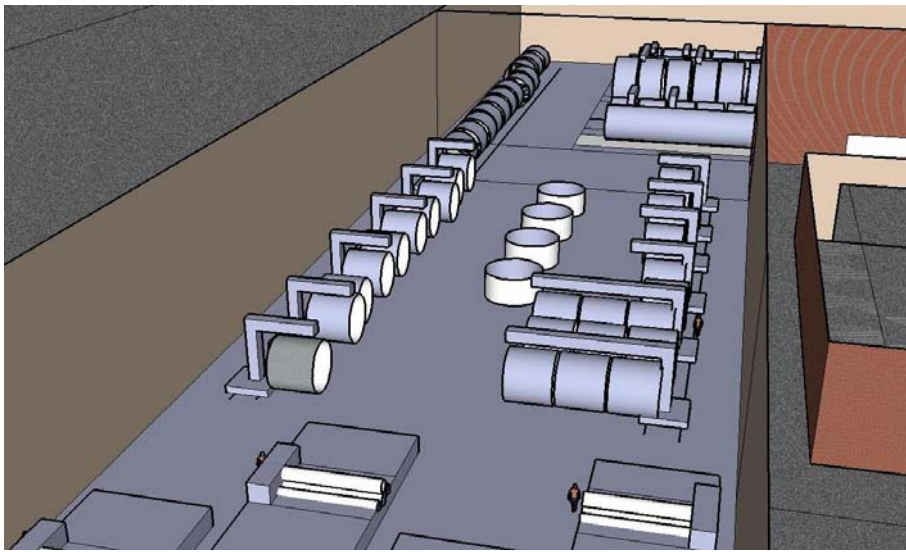
*Figur 63 Intransport till plåtförrådet*



*Figur 64 Närbild plåtförrådet*

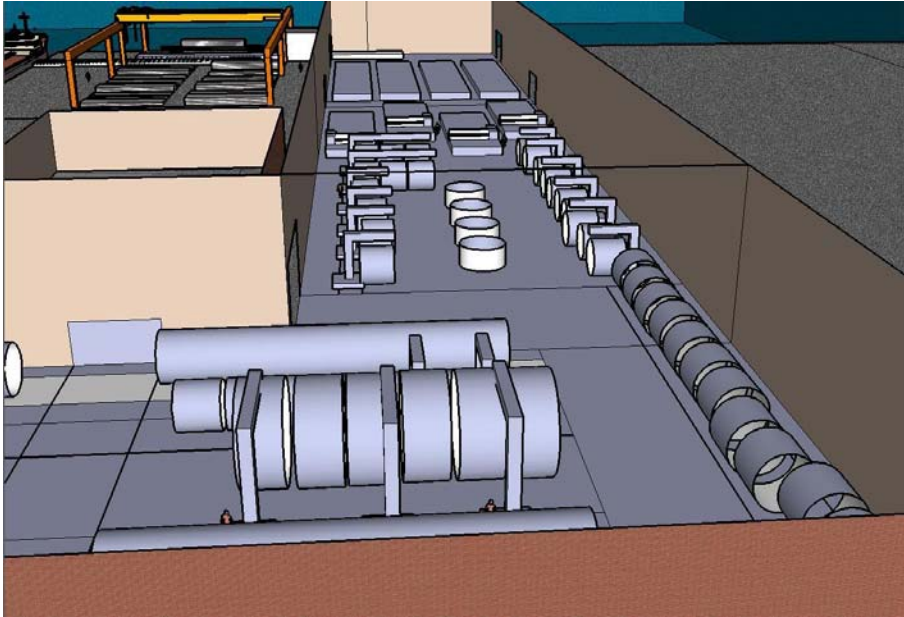


*Figur 65 Bild inuti Hall 1 (Skärning valsning långskarvsvetsning)*

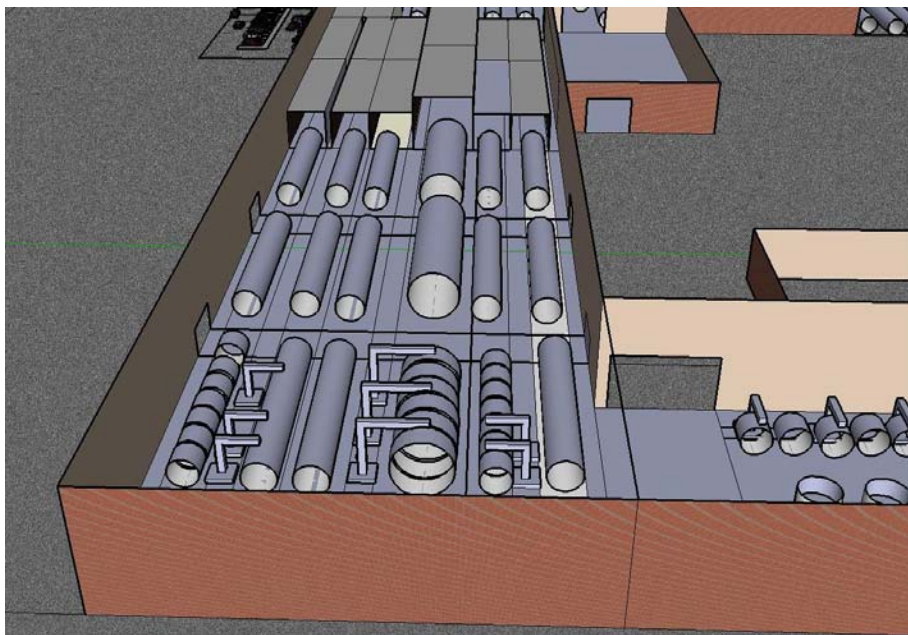


*Figur 66 Närbild långskarvsvetsning, fundamentstillverkning och dörrkarminsättning*



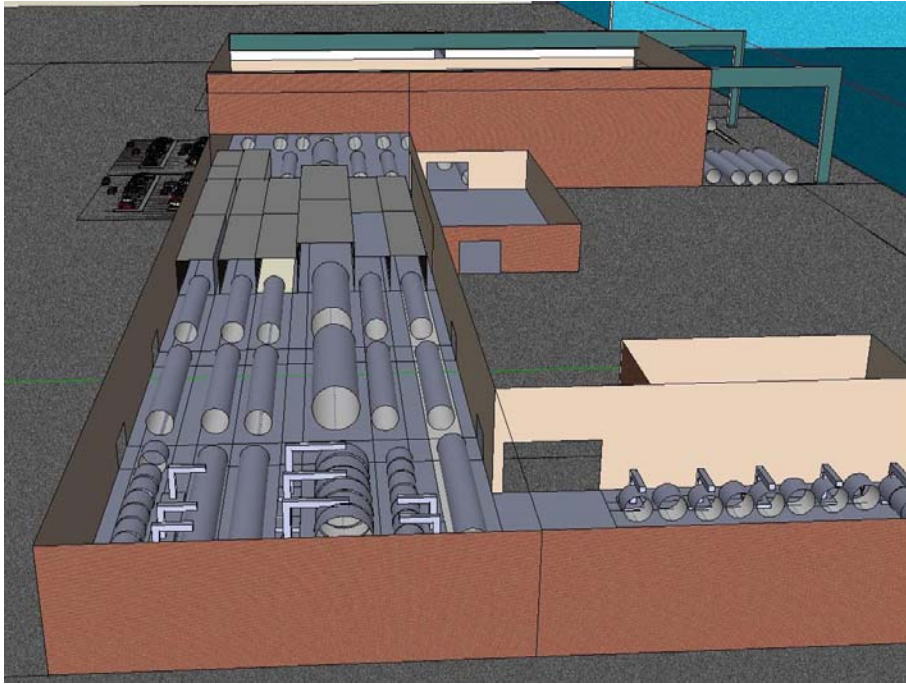


*Figur 67 Hall 1*

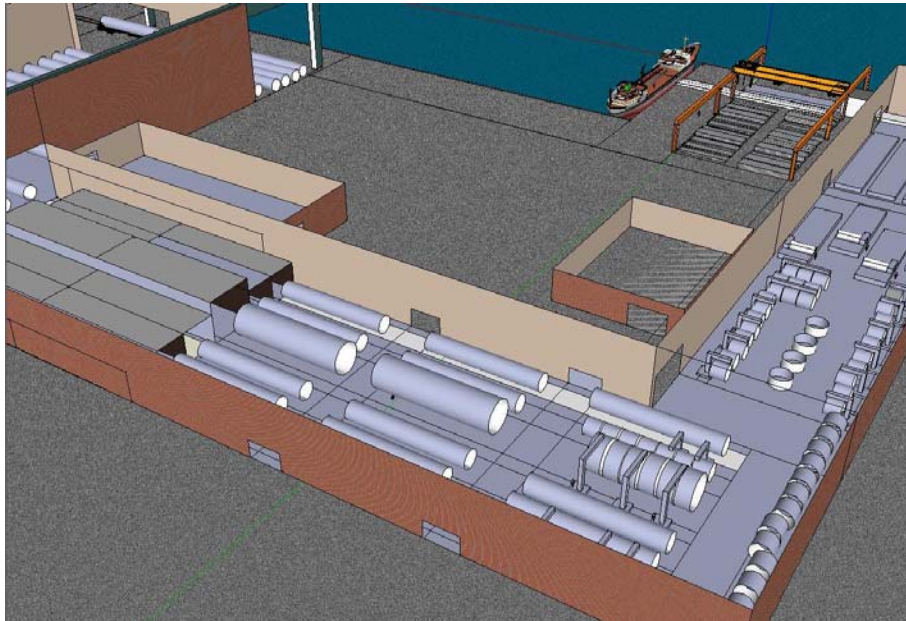


*Figur 68 Hall 2 och Hall 3*





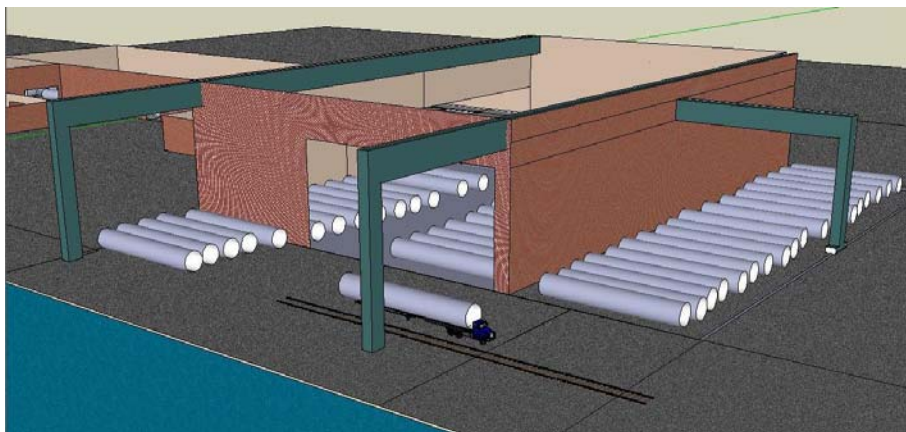
*Figur 69 Hall 2 & Hall 3*



*Figur 70 Hall 1-3*



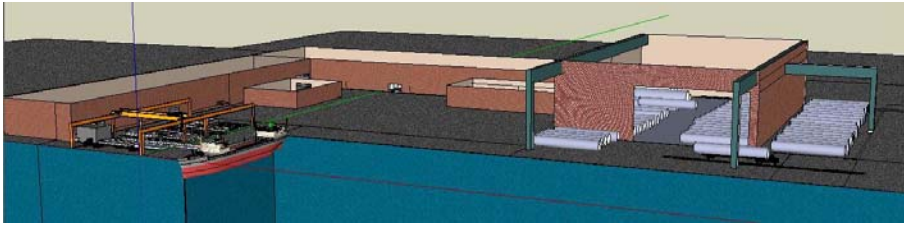
*Figur 71 Hall 8*



*Figur 72 Hall 8 samt Utomhuslagring*



*Figur 73 Fabriksbyggnaden sett bakifrån*



*Figur 74 Fabriksbyggnaden sett framifrån*

# Bilaga F – Intervju & Observationsguide

*Nedan följer exempel på tre typer av intervjuer, först med en tjänstemännen, där på med en operatör samt slutligen ett exempel från intervju och observation*

## **Intervjuguide Inköp och beredning**

<b><u>Avdelning:</u></b>	Inköp och beredning
<b><u>Intervjuperson:</u></b>	Sven Sandberg
<b><u>Befattning:</u></b>	Inköp och beredningsansvarig

### Frågor:

Befattning och arbetsuppgifter?

Vilka produkter har längst ledtid?

Max/min/säkerhetslager?

Hur ofta uppstår brist?

- Vad beror det på?

Vilka transportmedel använder vid intransporter?

Vilka lossningsanordningar använder ni för lossning?

Hur ställer ni er till outsourcing?

*(Frågorna ovan har fungerat som öppningsfrågor, beroende på svara har vi gått djupare in på vissa av dem)*

## **Intervjuguide Fogberedning**

**Station:** Fogberedning  
**Intervjuperson:** Ohlsson  
**Befattning:** Operatör

### Frågor:

Vilka moment genomförs på fogberedningen?  
Hur lång tid tar en genomsnittsplåt?  
Hur tror ni man kan effektivisera fogberedningen?  
Hur länge har du jobbat här?  
Hur är skiftgången?

*(Frågorna ovan har fungerat som öppningsfrågor, beroende på svara har vi gått djupare in på vissa av dem)*

### **Observationsguid Fogberedning**

Hur fungerar operationen rent fysiskt?  
Verkar Ohlssons givna uppgifter stämma?

*(Både under och efter observationen funderas över de sju stegen som beskrivs i teorin för effektivisering av operationer och flöden: Eliminera, Förenkla, Integrera, Parallellisera, Synkronisera, Förbereda & Kommunicera)*

## **Intervjuguide och Observations, SAM Magdeburg**

**Företag:** SAM Magdeburg

**Namn:**

**Arbetsbeskrivning:**

**Frågor:**

Hur länge har SAM verkat inom vindkraftbranschen?

Åt Vilka producerar ni torn?

Hur ser er vindkrafttornsflora ut?

Hur många sektioner/vecka tillverkas?

Hur är skiftgången?

Vad är ledtiden för en sektion?

Tillverkar ni annat än vindkrafttorn?

Hur sker era transporter både in och utgående?

Vilka starka och svaga sidor ser ni hos er produktion?

*(Frågorna ovan har fungerat som öppningsfrågor, beroende på svara har vi gått djupare in på vissa av dem)*

### **Observationsguid DS-SM (De moment som vi inte förstod frågade vi om)**

Plåtförråd

Blästring

Skärning

Fogberedning

Valsning

Långskarvssvetsning

Omvalsning

Häftning

Invändig & utvändig svetsning

Slipning

Montering

Blästring

Målning

Slututrustning

Övrigt:

- Fundamentstillverkning

- Interna transporter

*(Både under och efter observationen funderas över de sju stegen som beskrivs i teorin för effektivisering av operationer och flöden: Eliminera, Förenkla, Integrera, Parallellisera, Synkronisera, Förbereda & Kommunicera)*