

## Förord

Detta arbete skrevs som en del av vår utbildning till civilingenjör i industriell ekonomi respektive maskinteknik vid LTH. Vi har genom detta arbete kommit ytterligare ett steg närmare en civilingenjörsexamen.

Först och främst ett stort tack till SCA Cellplast och dess VD Magnus Carlsson som initierade detta examensarbete, och vår handledare vid institutionen för förpackningslogistik vid LTH, Ola Johansson. Vi skulle även vilja rikta ett stort tack till Daniel Hellström för hans ovärderliga hjälp med AutoMod. Vi vill också passa på att tacka Joakim Regnander, Patrik Ljungdahl samt Björn Lindén, samliga vid SCA Cellplast för att de svarat på alla tänkbara frågor vi ställt.

Lund 2007-05-25

David Anselmsson

Olof Borg

## Sammanfattning

För en tid sedan så bestämde sig SCA Cellplast, som producerar cellplast huvudsakligen till förpackningar, för att lägga ner en av sina tre fabriker i Sverige. Syftet med detta var att man skulle få bättre kostnadseffektivitet i sin produktion. Som en konsekvens av detta så flyttades ett antal maskiner ner till SCA Cellplasts fabrik i Värnamo, en fabrik som till följd av detta blev väldigt trång och fick en försämrad leveransprecision. Man kontaktade med anledning av problemen som uppstod institutionen för förpackningslogistik vid LTH med ett förslag på ett examensarbete för att utreda dessa.

Efter att ha besökt fabriken i Värnamo och pratat med SCA Cellplasts VD Magnus Carlsson och vår handledare Ola Johansson på institutionen för förpackningslogistik vid LTH så bestämde vi oss för att genomföra en simuleringsstudie av produktionen för att kunna öka produktionsvolymen med ca femton procent.

Studiens fokus ligger på att identifiera flaskhalsar i produktionen och att undersöka hur dessa kan elimineras och huruvida maskinkapaciteten kan medge den efterfrågade ökningen i produktionsvolym. Förutom detta så har vi undersökt vad som händer då man minskar ställtiderna som i dagsläget både är stora och varierar kraftigt. Om man minskar dessa och dess varians så kan man öka flexibiliteten i produktionen avsevärt och kan arbeta mera enligt den japanska produktionsfilosofin.

Våra resultat tyder på att man mycket väl med bibehållen maskinpark kan uppnå en femtonprocentig ökning av produktionsvolymen. Men det krävs en del åtgärder från SCA's sida. Man måste komma till rätta med den stora varians som idag finns i produktionen och det bästa sättet att komma till rätta med det problemet är att i en högre grad dokumentera avvikelserna och förbättra rutinerna. Dessutom så bör man förbättra rutinerna vid verktygsbyten i maskinerna. På så vis kan man få ner ställtiderna.

## **Abstract**

A while ago SCA Cellplast, who produces foamed plastic mainly for packagings, decided to close down one of their plants in Sweden. The purpose of this was to achieve better cost efficiency in their production. As a consequence of this decision several machines were moved to SCA Cellplasts factory I Värnamo. The factory in Värnamo became very constricted because of this and their delivery time precision started to suffer. In order to analyse and sort out these problems they contacted the division of packaging logistics at LTH with the suggestion of this as the subject for a masters thesis.

After visiting the plant in Värnamo and talking to the general manager of SCA Cellplast Magnus Carlsson and our supervisor from the division of packaging logistics at LTH, Ola Johansson. We decided to conduct a simulation study of the production at the factory in Värnamo. The main goal of the study was to enable an increase of the production volumes by fifteen percent.

The focus of the study is to identify bottlenecks in the production and analyse how these can be eliminated and if the available machine capacity can accommodate the increase in production volumes. We have also looked at what would happen if they were able to reduce the setup times. Today these are very long and varies significantly. If these setup times and their variance were to be reduced this would mean a greater flexibility in the production and would enable SCA to produce more in accordance with the Japanese production philosophy.

Our results imply that SCA with retained machine park can achieve an increase in production volumes of fifteen percent. But this increase would require some changes for SCA. They would have to reduce today's large variance in their production. This could possibly be achieved by documenting the discrepancies in the production to a greater extent and improve their routines. Reduction of the setup times could be achieved by improving the routines when changing tools in the machine, as well as to a greater extent preparing these in advance.

## Innehållsförteckning

Förord.....	i
Sammanfattning .....	ii
Abstract .....	iii
Innehållsförteckning .....	iv
1 Inledning .....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Problematisering .....	2
1.3 Avgränsningar .....	2
1.4 Mål.....	2
1.5 Målgrupp .....	2
2 Metod.....	3
2.1 Olika typer av studier.....	3
2.1.1 Vår studie .....	3
2.2 Epistemologi.....	3
2.2.1 Positivism.....	4
2.2.2 Hermeneutiken .....	4
2.2.3 Fenomenologi.....	4
2.2.4 Arbetets kunskapssyn.....	4
2.3 Vetenskapligt synsätt .....	4
2.3.1 Analytiskt synsätt .....	5
2.3.2 Systemsynsätt.....	5
2.3.3 Aktörsyssättet .....	5
2.3.4 Vårt synsätt.....	5
2.4 Metodansats .....	6
2.4.1 Induktion .....	6
2.4.2 Deduktion .....	6
2.4.3 Abduktion.....	6
2.4.4 Vår metodansats .....	6
2.5 Kvantitativa och kvalitativa studier .....	7
2.5.1 Kvantitativa studier .....	7
2.5.2 Kvalitativa studier .....	7
2.6 Trovärdighet .....	7
2.6.1 Validitet .....	8
2.6.2 Reliabilitet .....	8
2.6.3 Objektivitet.....	8
2.7 Datainsamlingsmetoder .....	8
2.7.1 Litteraturstudier .....	8
2.7.2 Intervjuer .....	9
2.7.3 Observationer .....	9
2.7.4 Experiment .....	9
2.8 Källkritik.....	9
2.9 Tillvägagångssätt .....	10

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

3 Teori.....	12
3.1 Just In Time .....	12
3.1.1 Tre dimensioner av konkurrensmedel .....	13
3.1.3 Minskning av ställtider.....	14
3.1.4 Orderkvantitet.....	15
3.1.5 Push-Pull .....	16
3.2 Simulering .....	19
3.2.1 Introduktion.....	19
3.2.2 Discrete-Event Simulation .....	20
3.2.3 Stegen i ett simuleringsprojekt.....	21
3.2.4 Problemformulering .....	21
3.2.5 Planering av simuleringsprojektet.....	21
3.2.6 Modellering .....	21
3.2.7 Datainsamling.....	21
3.2.8 Programmering.....	22
3.2.9 Verifiering .....	24
3.2.10 Validering.....	25
3.2.11 Experimentell design.....	28
3.2.12 Körning och analys.....	28
3.2.13 Utvärdera om det krävs fler körningar .....	28
3.2.14 Dokumentation .....	28
3.2.15 Implementering .....	28
3.3 Box-Cox transformering .....	29
4 Empiri.....	30
4.1 Företagsbeskrivning.....	30
4.2 Beskrivning av produktionen.....	30
4.2.1 Råmaterial .....	31
4.2.2 Maskinerna .....	31
4.2.3 Packning, ugn och ompackning.....	32
4.2.4 Lager.....	32
4.3 Indata .....	33
4.3.1 Lokalen.....	33
4.3.2 Maskiner.....	33
4.3.3 Packning och ompackning.....	33
4.3.4 Ugn, sträckfilmning och bandning .....	34
4.3.5 Truckar .....	34
5 Analys .....	35
5.1 Simulering .....	35
5.1.1 Modellering och datainsamling .....	36
5.1.2 Databearbetning .....	37
5.1.3 Verifiering av modellen.....	38
5.1.4 Validering av modellen .....	38
5.2 Flaskhalsanalys .....	39
5.2.1 Maskinerna .....	39
5.2.2 Operatörerna.....	41
5.2.3 Ugnen .....	44

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

5.2.4 Lagret .....	45
5.3 Förändring av ställtider och orderstorlekar.....	46
5.4 Variansen i produktionen.....	49
6 Slutsatser .....	50
6.1 Resultat .....	50
6.1.1 Maskinerna .....	50
6.1.2 Operatörerna.....	50
6.1.3 Ugnen .....	51
6.1.4 Ställtiderna .....	51
6.1.5 Lagret .....	51
6.2 Slutsatser.....	52
7 Referenser .....	53
7.1 Litteratur .....	53
7.2 Muntliga källor .....	54
7.3 Artiklar.....	54

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

I ett försök att göra produktionen av cellplast mera kostnadseffektiv har SCA Packaging valt att lägga ner sin fabrik i Skänninge. Detta har lett till att fabriken i Värnamo har fått i uppgift att försöka möta upp med en ökad produktionsvolym.

SCA har för att kunna öka produktionsvolymen flyttat sju maskiner från den stängda fabriken till Värnamo vilket i kombination med en nyinvestering i en ugn har lett till att man idag har väldigt lite fria ytor kvar i fabriken. Man vill inte heller bygga ut fabriken och på så sätt öka ytorna. Anledningen till detta är att SCA har som policy att hyra sina produktionslokaler medan man äger fastigheten i Värnamo och därför inte vill bygga ut den. Dessutom är det så att det idag inte finns någon möjlighet att expandera på den befintliga tomten. SCA Cellplast i Värnamo tillverkar olika cellplastprodukter, i huvudsak Expandable Polystyrene (EPS) och Expandable Polypropylen (EPP). Produktmixen består av allting ifrån stötskydd i förpackningar till nackskydd för bilar. Utmärkande för produkterna är att de är mycket skrymmande i förhållande till sitt värde. Detta medför att SCA i största möjliga mån vill undvika att lagerhålla produkterna.

I dagsläget upplever SCA att man har en tillräcklig maskinkapacitet för att möta efterfrågan från sina kunder. Problemet enligt SCA är att man för närvarande har för höga lagernivåer. Man lastar och skickar idag någonstans mellan 5 och 10 lastbilar per dag men trots detta så hamnar en stor del av produkterna på lagret innan de skickas iväg. Det finns flera potentiella flaskhalsar i produktionen efter maskinerna. En av dessa är att vissa produkter måste torkas eller värmebehandlas i ett antal timmar i en ugn. Ugnen som används till att torka produkterna har vid tillfällena varit överfull och det finns anledning att misstänka att ugnens kapacitet inte är tillräcklig. Dessutom måste man i stor utsträckning packa produkterna i speciella vagnar för att behandla dem i ugnen vilket leder till att man i ett senare skede måste packa om produkten inför leverans till kund. Ett ytterligare potentiellt problem är att den produktionsutrustning man idag använder har långa ställtider vilket innebär att man tvingas köra långa serier vilket i sin tur driver upp lagernivån. För att korta ner ställtiderna så håller man på att ersätta ett antal av de gamla maskinerna mot nya med väsentligt kortare ställtider som skulle göra det möjligt att producera i mindre serier.

Ovanstående har lett till att man på senare tid har varit tvungen att fokusera på att lösa kortsiktiga problem men inte haft tid att ta tag i de strukturella och strategiska problemen som kvarstår.

## **1.2 Problematisering**

För att SCA Cellplast i framtiden skall kunna hålla sina leveranstider vars precision redan börjat sjunka måste man se till så att produktionsflödet flyter bättre än idag. Fabriken i Värnamo är som tidigare beskrivits ganska trång vilket innebär att flödet blir än viktigare. Uppgiften blir att undersöka var i flödet flaskhalsarna finns och hur man skall kunna minimera deras negativa inverkan på produktionsflödet.

## **1.3 Avgränsningar**

Fokus kommer att ligga på produktionsflödet och produktionsplanering. Även om det finns andra delar av produktionen som skulle kunna möjliggöra en ökning av produktionsvolymen såsom materialförsörjningen eller lagerstyrning så bedömer SCA att dessa delar inte är lika viktiga. Utifrån detta har vi gjort bedömningen att tiden inte kommer att räcka till för att vi skall kunna titta på dessa delar.

## **1.4 Mål**

Målet för examensarbetet är att genom förändringar av produktionsflödet i SCA Cellplasts fabrik i Värnamo möjliggöra en 15 procentig ökning av produktionsvolymen utan några större förändringar av den befintliga fabrikslayouten.

## **1.5 Målgrupp**

Tilltänkta läsare av detta arbete förväntas vara SCA Packaging i allmänhet och direkt berörda på SCA Cellplast i synnerhet. Då det rör sig om ett examensarbete är det också troligt att anställda på intuitionen för Förpackningslogistik kommer att ta del av vårt arbete liksom framtida elever med liknande inriktning.



## 2 Metod

När man utför en studie likt ett examensarbete är det viktigt att kunna visa på att man har haft en tanke bakom sitt tillvägagångssätt. I detta kapitel så skall vi redogöra för vilka alternativa synsätt och angreppssätt som finns att tillgå och varför vi valt som vi gjort. Dessa medvetna val gör att styrkan hos studien ökar och att läsaren också kan bilda sig en uppfattning den vetenskapliga metod som använts.<sup>1</sup>

### 2.1 Olika typer av studier

Beroende på hur mycket information och kunskap det finns kring ett ämne brukar man skilja på 4 olika typer av studier: *explorativa*, *deskriptiva*, *explanativa* och *normativ*.<sup>2</sup>

Explorativa eller undersökande studier används då man har liten eller dålig kunskap inom området. Syftet med en explorativ studie är att skaffa sig en grundläggande förståelse på området.

Deskriptiva eller beskrivande studier används då man har en grundläggande förståelse för området. En beskrivande studies syfte är att beskriva området men inte skapa någon ytterligare förståelse för ämnet. Exempelvis en insamling av data.

Explanativa eller förklarande studier syftar inte bara till att beskriva ett område utan även öka förståelsen för området och de relationer som finns.

Normativa studier används för att när det redan finns kunskap inom forskningsområdet och används för att ta fram handlingsförslag. Normalt sett så försöker man redogöra för ett antal olika handlingsalternativ och dess konsekvenser.

#### 2.1.1 Vår studie

Eftersom vår studies syfte har varit att vägleda SCA Cellplast i hur de ska kunna förbättra sin produktion och att det finns en mycket tillämpbar kunskap och forskning inom produktions och logistikområdet så är vår studie en normativ studie.

## 2.2 Epistemologi

Det finns ett antal olika filosofier om vad kunskap är och hur den uppkommer och vi skall väldigt kort gå igenom ett par av dessa för att fastställa grunden för de olika vetenskapliga synsätten.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Björklund M, Paulsson U. (2003) *Seminarieboken*

<sup>2</sup> Wallén G. (1996) *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*

### **2.2.1 Positivism**

Positivismen bygger på att all kunskap skall vara empiriskt verifierbar. Ur denna syn formulerade man den så kallade ”verifierbarhetssatsen” som förenklat innebär att endast teorier som kan mätas och bekräftas av verkligheten hör hemma inom vetenskapen. Detta innebär draget till sin spets att allt som inte är vetenskaplig kunskap inte är kunskap alls och därför bör anses såsom irrationell. Således är positivismen inte alltid lämplig, exempelvis vid sociala studier, och man förlorar lätt helhetsperspektivet.

### **2.2.2 Hermeneutiken**

Hermeneutik har sitt ursprung i bibel- och annan texttolkning och kan översättas till tolkningslära. Hermeneutiken handlar alltså om att tolka innebörden av texter och symboler i vid mening, exempelvis att uttolka traditioner och praxis. Man försöker också förstå djupare sammanhang än de som direkt framträder. Man kan sammanfatta hermeneutiken som en kommunikationslära. Den kan idag ses som ett komplement till positivismen inom områden såsom psykologi, dock så kan man inte ersätta positivismen rakt av med hermeneutiken.

### **2.2.3 Fenomenologi**

Fenomenologi handlar om det vi direkt upplever och förnimmer. Alltså är det enda man säkert vet det som man omedelbart upplever och inte som inom positivismen att kunskapen skall prövas mot yttervärlden.

### **2.2.4 Arbetets kunskapssyn**

Då det som vi studerat är av teknisk och mätbar natur så faller det sig ganska naturligt med att ha en positivistisk kunskapssyn. Arbetet har präglats av att få fram mätbara och verifierbara fakta som utgångspunkt för att kunna styrka analys och slutsatser. Det finns naturligtvis sociala aspekter i en produktionsmiljö som styrs av människor och hur de interagerar. Sociala faktorer har dock legat utanför den här studiens område och därför så har inte den hermeneutiska epistemologin varit aktuell.

## **2.3 Vetenskapligt synsätt**

Det vetenskapliga synsättet som man väljer att använda sig av beror till stor del på vilken syn på vad kunskap är. De olika synerna på kunskap finns beskrivna i föregående avsnitt och dessa är i viss mån kopplade de synsätten som nedan beskrivs.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Wallén G. (1996) *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*

<sup>4</sup> Björklund M, Paulsson U. (2003) *Seminarieboken*

### **2.3.1 Analytiskt synsätt**

Det analytiska synsättet innebär att man försöker beskriva omvärlden så objektivt och fullständigt som möjligt. Man bortser från subjektiva värderingar och anser att kunskapen är oberoende av betraktaren och man letar efter orsak-verkan samband. Verkligheten kan enligt det analytiska synsättet delas upp i flera olika delar och summan av dessa delar är samma som helheten. Det analytiska synsättet är starkt kopplad till den positivistiska vetenskapsfilosofin.

### **2.3.2 Systemsynsätt**

Systemsynsättet skiljer sig inte från det analytiska synsättet i det att man försöker även här beskriva verkligheten på ett objektivt sätt. Skillnaden ligger i att man anser att det kan finnas synergieffekter som innebär att helheten mycket väl kan vara större än summan av delarna. Alltså blir relationerna och sambanden mellan delarna viktigare enligt systemsynsättet på grund av dessa synergieffekter. Systemsynsättet är således en blandning mellan positivismen och den hermeneutiska vetenskapsfilosofin.

### **2.3.3 Aktörssynsättet**

Enligt aktörssynsättet är verkligheten en social konstruktion som både påverkas och påverkar observatören. Alltså är beskrivningen av verkligheten beroende på observatörens kunskap och värderingar. Aktörssynsättet är nära knuten till den hermeneutiska vetenskapsfilosofin i och med att de inte syftar till en objektiv beskrivning av verkligheten.

### **2.3.4 Vårt synsätt**

I vårt examensarbete så har vi försökt att hålla oss till ett analytiskt synsätt. Problemet som vi försökt lösa har varit av en internlogistisk karaktär och trots att det finns en rad stokastiska element inblandade i processen styrs den ändå på ett deterministiskt sätt av cykeltiderna. Eftersom det flesta arbetsmoment är monotona och avskalade finns det inte heller något större utrymme för stora avvikelser. De få intervjuer som gjorts har primärt utförts för att styrka den data vi redan samlat in och frågeställningen har inte blandat in några sociala värderingar.

Det är svårt att skilja mellan det analytiska och systemsynsättet eftersom problemet vi har betraktat till stor del har bestått av olika delar, som vi i grunden skall betrakta helheten av. Men eftersom vi hela tiden eftersträvat att hålla oss till objektivt mätbara data så tycker vi att det är korrekt att anse att arbetet följer ett analytiskt synsätt.

## 2.4 Metodansats

Val av metodansats beror på hur man uppfattar förhållandet mellan de olika abstraktionsnivåerna, teori och empiri. Det finns framförallt tre olika ansatser som man bör nämna: *induktion*, *deduktion* och *abduktion*. Dessa beskrivs nedan.<sup>5</sup>

### 2.4.1 Induktion

Vid induktion så startar man i empirin och försöker identifiera mönster som man sedan kan sammanfatta i teorier. Dessa försöker man sedan generalisera till även andra fenomen än de man faktiskt observerat. Induktion bygger på att man förutsättningslöst insamlar data. Detta är dock i grunden omöjligt efter som valet av data som samlas beror på tidigare kunskap och förutsättningar.

### 2.4.2 Deduktion

Vid hypotetisk-deduktion utgår man från en ansats baserat på den tillgängliga teorin vilken sedan testas empiriskt om den kan förkastas eller inte. Man kan säga att man först induktivt bildar sig en teori för att sedan med hjälp av deduktion försöka applicera denna teori på andra områden.

### 2.4.3 Abduktion

Abduktion kan till skillnad från deduktion eller induktion inte användas på ett schematiskt vis. Metoden nyttjas exempelvis inom diagnostisering där man har ett symptom men flera sjukdomskällor att välja mellan. Således får man testa flera olika hypoteser för att kunna utesluta vilka som är falska. Abduktionen förflyttar sig mellan deduktionens krav på initial kunskap och test av teorier samtidigt som själva förfarandet ligger närmare induktionen i och med att man samlar på sig empirisk erfarenhet för komma fram till en slutsats.

### 2.4.4 Vår metodansats

Vid arbetets början hade vi studerat de relevanta vetenskapliga teorierna men själva uppgiften kan liknas vid att finna källan till ett symptom och således har vi nyttjat vår modell för att avfärda och testa ny teorier som slutligen ska ge svar på vår frågeställning. Eftersom vi inte förutsättningslöst samlat in data för att kunna utveckla en teori så har vi inte använt oss av induktion i vårt arbete. Ej heller har vi utgått från en teori som vi senare med hjälp av empirin försökt förkasta, alltså har vi inte jobbat efter en deduktiv ansats. Vår metodansats har snarare varit en abduktiv ansats eftersom vi utgått från de upplevda problem som SCA ansågs sig ha då vi samlade in data och sedan försökt hitta teorier som skulle kunna råda bot på dessa. Vi har således

---

<sup>5</sup> Wallén G. (1996) *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*

förflyttat oss mellan abstraktionsnivåerna teori och empiri vilket stämmer överens med abduktion.

## 2.5 Kvantitativa och kvalitativa studier

### 2.5.1 Kvantitativa studier

Då en studie omfattar numeriskt mätbar data är det en kvantitativ studie. Dessa data kan exempelvis bestå av enkätundersökningar eller liknande. Man måste ofta statistiskt analysera den numeriska data som man får fram och kvaliteten på studien beror till stor del på denna analys. En kvantitativ studie har ett begränsat användningsområde eftersom all typ av data inte är numeriskt mätbar.<sup>6</sup>

### 2.5.2 Kvalitativa studier

När man till skillnad från i en kvantitativ studie måste förlita sig på icke mätbara data så är det lämpligare att genomföra en kvalitativ studie. I en kvalitativ studie så använder man sig mer av observationer och intervjuer. Det är bland annat vanligt att man använder sig av skalor och index för exempelvis enkätundersökningar. Eftersom det är svårt eller omöjligt att få tag på objektiva data i en kvalitativ studie så är det ytterst viktigt att man motiverar sina resultat väl. Ett resultat från en kvalitativ studie är betydligt svårare att generalisera än de från en kvantitativ studie.<sup>7</sup>

Eftersom vi valt att anta ett analytiskt synsätt så är det ganska naturligt att vi försökt undvika kvalitativa studieinslag. Det har förvisso förekommit intervjuer som varit ostrukturerade och gett stort handlingsutrymme för intervjuobjekten och då varit av mera kvalitativ natur. Dock så har vi försökt att verifiera det som framkommit i dessa intervjuer med verifierbar mätdata. Som nämnt i ovanstående avsnitt har vi i denna studie begränsat oss till att titta på vad vi kan mäta med säkerhet och att behandla sådana data som vi är kvalificerade att tolka. De resultat som vi fått fram genom simulering blir också av kvantitativ natur och vi anser att vi till stor del använt oss av kvantitativa studiemetoder i vårt arbete.

## 2.6 Trovärdighet

Det finns huvudsakligen tre olika typer av aspekter på en studies trovärdighet. Dessa är: *validitet*, *reliabilitet* och *objektivitet*. Vi skall i nedanstående avsnitt kortfattat gå igenom dessa begrepp.

---

<sup>6</sup> Björklund M, Paulsson U. (2003) *Seminarieboken*

<sup>7</sup> Wallén G. (1996) *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*

### 2.6.1 Validitet

Med validitet menas att man enbart mäter det som man verkligen vill mäta. Det vill säga att ens mätinstrument inte ger några systematiska fel. Detta går ofta att undvika genom att man tydligt definierar sina begrepp och att man har en klar bild av hur olika orsak-verkan samband ser ut. Detta påverkar till stor del hur man planerar och genomför experiment.<sup>8</sup> Vi kommer senare i teoridelen att behandla validiteten på vår simuleringsstudie mera specifikt.

### 2.6.2 Reliabilitet

Reliabilitet innebär att flera mätningar på samma objekt ger samma resultat. Till skillnad från validitet som anses vara ett mått på bristen på systematiska fel så brukar man definiera reliabilitet som bristen på slumpmässiga fel. Man kan exempelvis i många fall räkna på en mätningens reliabilitet genom att upprepa mätningen och räkna ut korrelationen mellan mätningarna.<sup>9</sup>

### 2.6.3 Objektivitet

Med objektivitet menas att man skall undvika att låta sina värderingar påverka studien. Exempelvis skall man inte använda sig av värdeladdade ord, eller att snedvridet faktaurval. Det är svårt att få en fullständigt objektiv studie om man inte använder enbart positivistiska metoder.<sup>10</sup>

## 2.7 Datainsamlingsmetoder

Det finns en rad olika metoder för att samla in data till sin studie. Vi skall bara kort gå igenom en del av dessa metoder och belysa en del av deras styrkor och svagheter. De olika metoderna kan i viss mån hänföras till olika typer av studiemetoder.<sup>11</sup>

### 2.7.1 Litteraturstudier

En litteraturstudie består av att man helt enkelt läser in litteratur på området som man valt att studera. Med litteratur i detta sammanhang så avser man all form av skriftliga uppgifter. Resultatet av en litteraturstudie, alltså den kunskap eller information man forskansat sig, är *sekundärdata* eftersom litteraturen troligtvis inte exakt berör den studie som man själv genomför. Det är också viktigt att inse att man inte alltid får en helhetsöverblick av den tillgängliga litteraturen utan att man eventuellt enbart läser en del av den. Därför är det viktigt att man är källkritisk och undviker ett snedvridet urval. Fördelen med litteraturstudier är att man på en ganska kort tid och med en begränsad budget kan skapa sig en god bild av det berörda området. Detta i sin tur

---

<sup>8</sup> Wallén G. (1996) *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*

<sup>9</sup> Ibid

<sup>10</sup> Björklund M, Paulsson U. (2003) *Seminarieboken*

<sup>11</sup> Björklund M, Paulsson U. (2003) *Seminarieboken*

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

förenklar den senare processen eftersom man kan inrikta sig på mera specifika områden.

### 2.7.2 Intervjuer

En intervju är en utfrågning som i regel sker genom direktkontakt mellan den som intervjuar och intervjuobjektet, men kan även ske exempelvis via telefon. En intervju kan ske på många sätt, den kan dels vara *ostrukturerad* då sker den som ett vanligt samtal där frågorna uppkommer efterhand. En annan vanlig form är den *strukturerade* intervjuformen då frågorna är förutbestämda och kommer i en på förhand bestämd ordning. Fördelarna med intervjuer är att de data som man erhåller är *primärdata* detta eftersom de berör det specifika problemet man försöker analysera. Nackdelen är att man inte får bättre svar än de frågor man ställer. Vidare är det svårt att hålla sig helt objektiv och undvika att lägga värderingar i sina frågor vilket naturligtvis påverkar de svar man får.

### 2.7.3 Observationer

Att genomföra observationer innebär att man observerar och nedtecknar objektet för sin studie. Detta kan vara en ganska tidskrävande och monoton process. Observationen kan antingen vara en deltagande observation då observatören deltar i den aktuella händelsen eller så kan observatören enbart betrakta händelsen utifrån. Detta kan då ske antingen i smyg eller genom att deltagarna är medvetna om observationen och eventuellt i förväg meddelade om denna. Huruvida deltagarna är medvetna om observationen eller inte påverkar eventuellt resultatet av denna genom att resultatets validitet och reliabilitet kan bli lidande.

### 2.7.4 Experiment

Ett experiment består av att man testar en tes i en modell som skall efterlikna den specifikt relevanta verkligheten. Modellen i sig är alltså en förenkling av verkligheten och det är viktigt att se till så att man inte förenklar bort relevanta faktorer. Fördelarna med denna metod är att man kan upprepa sitt experiment och på så sätt enkelt kontrollera dess reliabilitet, samt har stor kontroll över sina variabler.

## 2.8 Källkritik

Källkritik är något som kommer från den hermeneutiska kunskapsuppfattningen och används vanligen för att analysera en källas korrekthet och trovärdighet. En källa kan antingen vara en berättande källa eller en kvarleva. En berättande källa innebär att det är någon som återger sin version av en händelse och är därför i viss mån en subjektiv källa. En kvarleva å andra sidan är en källa som inte är utsatt för någon subjektiv påverkan eller tolkning. Därför anses allmänt en kvarleva vara högre värderad än en berättande källa. Då man granskar berättande källa måste man alltid ha i beaktande vilket syfte källan har med att delge informationen och huruvida denna har någon

anledning att snedvrída denna. I allmänhet så är det så att en källas avstånd till den aktuella händelsen, d.v.s. hur många led som informationen passerat och hur lång tid som gått sedan händelsen skedde påverkar informationens korrekthet.<sup>12</sup>

## 2.9 Tillvägagångssätt

Inledningsvis så satte vi oss ner tillsammans med våra handledare på SCA och LTH för att bestämma vilket syfte examensarbetet skulle ha. Därefter började vi staka ut hur vi praktiskt skulle gå till väga med att uppnå syftet. Det framgick ganska snart att vi skulle genomföra en simuleringsstudie för den nuvarande produktionen och för att kunna testa möjliga förändringar.

Vi påbörjade därefter våra litteraturstudier inom områdena logistik, produktionslära och simulering. Dessutom besökte vi SCA i Värnamo för att intervjua berörda personer för att få deras bild av hur produktionen då fungerade. Eftersom vi försökte få en så komplett och korrekt kunskap som möjligt så intervjuade vi flera personer på olika positioner i företaget. Intervjuerna skedde helt ostrukturerat för att vi skulle kunna få en bredare förståelse för intervjuobjektets synpunkter. Den bild av produktionen som kom fram under dessa intervjuer låg sedan till grund för de mätningar och observationer som gjordes i produktionslokalen i Värnamo. Vi försökte även genom dessa bekräfta så mycket som möjligt av det som framkommit under intervjuerna. De data som vi inte kunde verifiera med mätdata försökte vi få bekräftade av flera oberoende källor. Resultatet användes sedan då vi tog fram vår simuleringsmodell.

Efter att vi studerat litteraturen och börjat bekanta oss med den simuleringsprogramvara som vi skulle komma att använda så vidtog datainsamlingen. Denna bestod till stor del av observationer då vi med hjälp av tidtagarur uppmätte tider i produktionen. Dessutom extraherade vi stora mängder data från deras ERP-system gällande deras lagertransaktioner under november 2006. ERP betyder Enterprise Resource Planning och är ett system för att lagra och behandla all data företaget jobbar med. Systemet kan i vissa fall vara uppkopplat till ett nätverk med kunder och underleverantörer. Valet av november 2006 som utgångspunkt för studien gjordes i samråd med SCA Cellplasts VD Magnus Carlsson då denna månad var typisk för deras verksamhet. Att inte en senare månad valdes beror på att SCA Cellplasts andra fabrik i Sverige, den i Urshult, brann ner vilket satte ytterligare press på en redan ansträngd produktion. Dessutom sammanfattade vi data från alla de tillverkningsorder som gavs under berörd månad. Dessa gav oss inte bara kunskap om hur ordern såg ut utan även den faktiska produktionstiden. Detta innebar att vi hade den data som vi senare skulle behöva för att kunna genomföra en korrekt validering av vår simuleringsmodell.

---

<sup>12</sup> Alvesson M, Sköldberg K. (1994) *Tolkning och reflektion*



## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

Efter att vi fått fram en korrekt och validerad simuleringsmodell så kunde vi utifrån denna utföra experimenten. Syftet med dessa experiment var att se vilken verkan olika förändringar av modellen skulle få.

## 3 Teori

I detta kapitel kommer vi att gå igenom de teorier som vi skall använda oss av senare i analyskapitlet. Vi kommer att dels gå igenom den japanska produktionsfilosofin som vi ser som en grund för vår analys av tänkbara förbättringar i SCA Cellplasts fabrik i Värnamo. Vi har dessutom valt att i teoridelen ha ett avsnitt om simuleringsmetodik. Att vi har valt att separera denna del från metodkapitlet är för att den metod som används vid simulering är mera specifik och att vi vill mera i detalj förklara hur en simulering går till.

### 3.1 Just In Time

Just in time syftar till det mål som Taiichi Ohno satte upp för de olika arbetsstationerna i tillverkning vid Toyota Motor Company i slutet av 1940 talet. Japan var söndertrasat efter 2a världskriget och bilindustrin hade klara problem. Man bestämde sig för att skapa en bredare produktmix som kunde tillverkas i mindre serier (en följd av att man inte hade de storskaliga fördelarna) för att kunna locka fler kunder. För att detta skulle vara genomförbart var man tvungen att reducera alla onödiga kostnader, således nyttjade man inga stora lager utan jobbade mot en högre precision och mindre spill. Förebilden var de amerikanska varuhusen<sup>13</sup> där man kunde få tag på precis vad man ville när man ville i den mängd man önskade. Förfarandet beskrevs av Edwards 1983 som "the seven zeros" och dessa kan utläsas som zero defects, zero lot size, zero setups, zero breakdowns, zero handling, zero leadtime, zero surging. Ingen av dessa "mål" är möjliga att uppnå och en del av dem är inte heller önskvärda i den meningen att systemet blir otroligt sårbart men områdena som sådana är viktiga att ha kontroll över.

I stora planeringsystem jobbar man med buffertar som är placerade på olika ställen längs med linjen för att på så sätt kunna klara av ett avbrott längre upp i linan. Det är just detta överskott som man i JIT vill undvika med hjälp av ökad precision och följaktligen får man ett problem när avbrott väl inträffar. Ett MRP (Material Requirements Planning) system kommer bara att regenerera ett nytt schema<sup>14</sup> medan JIT-metodiken inte har något inbyggt system för att hantera detta. Vilka växlar man ska dra på detta kan dock diskuteras då man jämför ideala system med en krass verklighet och där kommer inte alla Seven Zeros att finnas, således blir inte verkligheten riktigt så hemsk som det kan verka. I Japan har man ofta en tidsbuffert där man under normala förhållanden inte producerar alla dygnets timmar utan lämnar ett par för att kunna sköta om fabriken. Under extrema omständigheter kan man använda dessa för att jobba in produktion man tappat under ordinarie skift.

---

<sup>13</sup> Hopp W, Spearman M. (2000) *Factory Physics*

<sup>14</sup> Ibid

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

Man ska också ha klart för sig att seven zeros är myntad under omständigheter som är allt annat än normala, för Toyota var det en fråga om att "göra eller förgås" vilket självklart gjorde förändringen något enklare. Många amerikanska företag följde under 80 talet efter enligt benchmarkingprincipen något som ledde till att Toyotas produktionsingenjör Shigeo Shingo 1989 skrev *Some people imagine that toyota has put on a smart new set off clothes, the kanban system. So they go out and purchase the same outfit and try it on. They quickly discover that they are much too fat to wear it.* JIT är ingen paket lösning med en stor manual som MRP och ERP har varit utan är mer eller mindre självreglerande så länge man verkligen jobbar på alla fronter samtidigt, men det kräver en helt annan hängivenhet.

### 3.1.1 Tre dimensioner av konkurrensmedel

När man tillverkar och säljer en vara eller tjänst i dagsläget så konkurrerar man med tre medel. Vilket som är viktigast beror på vilken marknadsposition man har, oavsett bör man sträva mot perfektion på samtliga områden. Det klassiska konkurrensmedlet är *pris*, i produktion innebär detta att man effektivt utnyttjar maskiner och operatörer liksom det material man jobbar med.

Något som japanerna snabbt tog fasta på var *kvalitet*, säkert helt naturligt om man bor på en ö med begränsade naturtillgångar, för oss i västvärlden så tog det ända in på 80-talet innan vi först förstod fördelarna med att förvalta sina resurser väl<sup>15</sup>. Länge tittade man på yttre kvalitet, vilket självklart är viktigt. I långa loppet tjänar alla parter på att titta på den inre kvaliteten också. Med inre kvalitet menas att man tittar på sin egen produktionsprocess och ser till så att fungerar precis så som det är tänkt. Ovanstående är en förutsättning för det som har kommit att bli det största vapnet under 90 talet och det är hastighet. *Hastighet* ut på marknaden och möjlighet att kunna förse alla som önskar med just den vara man själv säljer. Överlag kräver detta att man jobbar i fasta processer där alla moment är väl inövade istället för stora projekt som lätt drar ut på tiden. Att vara flexibel och hinna leverera med korta deadlines ställer nya krav på ställtider och produktionssäkerhet.

---

<sup>15</sup> Hopp W, Spearman M. (2000) *Factory Physics*

### 3.1.3 Minskning av ställtider

Att minska sina ställtider är en av grundpelarna då man skall producera enligt lean production eller den japanska produktionsfilosofin. Redan på 1960 talet så genomförde Toyota och deras produktionsingenjör Shigeo Shingo sitt Single Minute Exchange of Dies, SMED. De principer som Shingo då fastlade stämmer än idag ganska väl och har inte nämnvärt reviderats på senare tid.<sup>16</sup>

#### Definition av ställtider

Det finns tre olika sätt att definiera vad en ställtid är. Det första och mest självklara är den tid som maskinen står still mellan två olika batcher. Det andra sättet är att man räknar från den tiden som den sista delen produceras i maskinen till den första felfria delen i den nya batchen produceras. Denna tar alltså hänsyn till de justeringar som behöver göras. Det sista sättet att definiera ställtiden som den tid det tar mellan att man producerar den första batchen i standardhastighet till dess att man producerar den andra batchen till sin standardhastighet. Alltså tar man här hänsyn till att det krävs en inkörningsperiod samt eventuellt att man måste sänka hastigheten för en batch på slutet.

#### Hur sänker man sina ställtider?

Shigeo Shingos klassiska metod går ut på följande steg:

- Identifiera och klassificera interna och externa aktiviteter
- Skilj mellan externa och interna aktiviteter. Man skall om möjligt försöka minimera de interna aktiviteterna på bekostnad av de externa. Detta eftersom de externa aktiviteterna inte medför att maskinen står stilla.
- Minska spillet vid ställ. Det vill säga man skall försöka minimera sådana aktiviteter som inte är nödvändiga, exempelvis springa runt och leta efter verktyg.
- Försök omvandla så många interna aktiviteter till externa. Exempelvis så kan man kanske eventuellt förvärma verktyg om detta behövs.
- Försök att minimera de återstående interna aktiviteterna med ingenjörarbete. Man kan till exempel byta ut muttrar till snabbkopplingar och det finns flera andra exempel.

---

<sup>16</sup> Bicheno J. (2004) *The New Lean Toolbox*

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

- Som ett sista steg bör man även försöka minimera de externa aktiviteterna eftersom även dessa i slutändan kan vara en begränsning.

Man bör också i sammanhanget fundera på vilket syfte man har med att reducera sina ställtider. Är det för att reducera tiden för ställen, reducera kostnaden för ställen, öka kvaliteten på produkterna, minska personal eller minska servicebehovet på maskinerna. Man kan också fundera kring om det är för att öka kapaciteten eller för att förbättra flödet. Man kan i regel inte få allt detta tillgodosett samtidigt.

Det finns ett antal faktorer som är nödvändiga för att man skall kunna förändra sina ställ.

- Attityd: Det måste finnas en positiv inställning till förändringen i organisationen.
- Resurser: Det måste finnas tillräckliga resurser i fråga om exempelvis kapital, tid och personal.
- Förståelse: Det måste finnas en förståelse för varför man gör förändringen och vad den kommer att leda till för positiva effekter.
- Ledning: Man måste se till så att det finns någon som leder förändringen och kan göra de prioriteringar som kommer att bli nödvändiga.

Det kan i sammanhanget vara bra att arbeta fram ett referensställ. Detta innebär att man studerar hur ställen går till och försöker plocka bort alla former av förluster enligt den japanska seven zeros metoden. Denna kan man sedan använda som en jämförelse mellan hur man idag gör och vad som är optimalt.

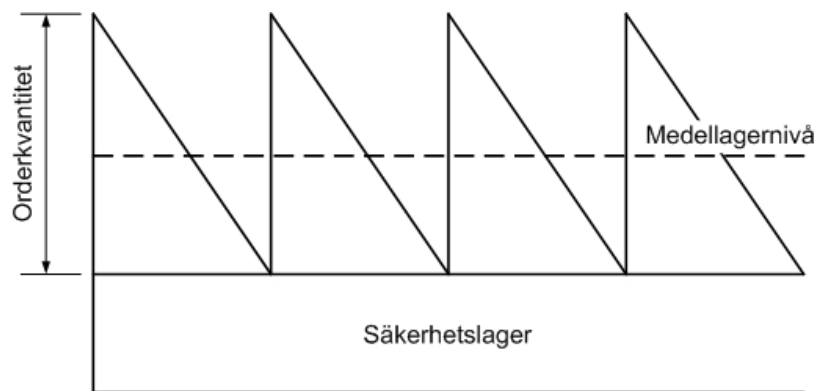
### 3.1.4 Orderkvantitet

Ett populärt sätt att bestämma orderkvantiteten är genom wilsonformeln. Formeln finns i flera olika konfigurationer, samtliga kan sägas vara mycket lättjobbade. Anledningen till detta torde vara att man gjort ett par avsteg från verkligheten för att överslagsmässigt kunna få fram siffror snabbt. Wilsonformeln kräver att efterfrågan ska vara kontinuerlig och konstant. Även lagerhållnings- och ordersärkostnaderna måste vara konstanta. Vidare måste hela orderkvantiteten levereras in på en och samma gång i lagret och någon brist är inte tillåten<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Axsäter, S. (1991) *Lagerstyrning*

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 3-1** Schematisk bild över lagernivå

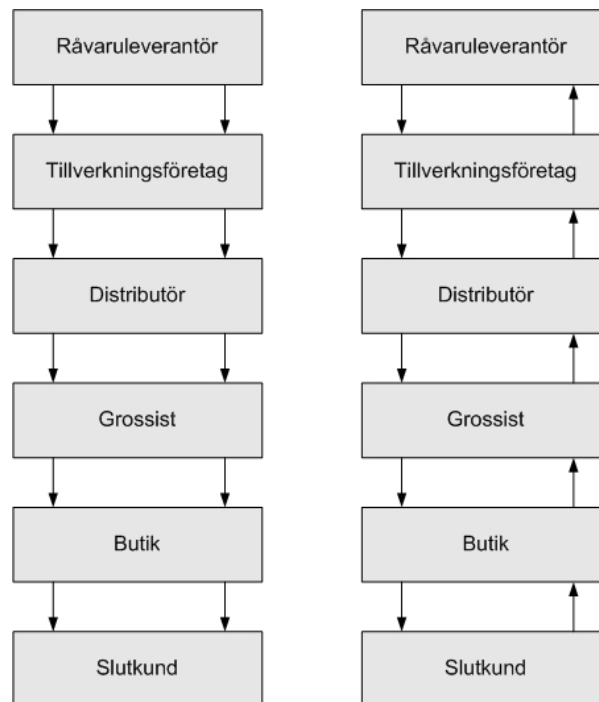
Även om förutsättningar är något orealistisk och därmed Wilsonformeln i sig så visar den på en viktig aspekt och det är det faktum ifall man kan få ner storleken på batcherna och därmed vara mer responsiv samtidigt som man sänker sina uppsättningskostnader så har man mycket att vinna. Man kan nämligen få lagret att krympa avsevärt i förlängning och det är ju precis det man vill. Om man halverar sina batchstorlekarna så halverar man i teorin sitt omsättningslager utan att säkerhetsnivån förändras. Nackdelen med detta är att uppsättningskostnaderna ökar. Självklart finns det kompromisser man gör när man går ner i lager men många kan kompenseras genom en strävan ständigt förbättra i sin produktionsapparat. I extrema situationer kommer givetvis ett mindre lager att påverka servicenivån men så länge man förbättrar uppsättningshastigheter och minimera antalet fel som görs finns det lager som kan reduceras.

### 3.1.5 Push-Pull

Push och pull är benämningen på de två principer efter vilka man styr sin försörjningskedja. Push innebär att man prognostiserar efterfrågan baserat på historisk data. Varje del i försörjningskedjan utför dessa prognoser och förfarandet skapar ett tryck genom kedjan.<sup>18</sup> Tillverkningsordern initieras alltså inte efter det att kunden har efterfrågat varan eller tjänsten utan långt tidigare. Pull däremot jobbar genom att låta kundordern initiera rörelsen i kedjan. Informationen jobbar sig bakåt för att sedan låta produkten fara framåt. Figur 3-2 visar push till vänster och pull till höger.

<sup>18</sup> Aronsson H. et al (2003) *Modern Logistik*

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 3-2** Informationsflöde och produktflöde

Som bilden ovan visar är den stora skillnaden mellan de olika systemen hur informationen förflyttar sig. Vid nyttjande av push så skapar varje aktör i kedjan sin egen prognos. Viss kommunikation mellan leden förekommer men den information som det aktuella företaget baserar sin prognos på är i sin tur bara en annan prognos. Således finns det ett stort utrymme för felfortplantning och det kan räcka med en liten avvikelse längst fram i ledet för att konsekvensen ska bli dyrköpt i slutet. Resultatet blir att orderna som levereras kan ha både fel storlek och dyka upp vid fel tillfälle.<sup>19</sup> Lösningen på problemet finns i hur man delar med sig av sin information. Det kan tyckas enkelt men visar sig ofta vara en svår övergång. Problematiken ligger i att företaget ser på sin situation i ett för snävt perspektiv. Vanligtvis säljer inte företag direkt till kund vilket betyder att flera företag tillsammans skapar kundnyttan. Inför man då en transparens i försörjningskedjan där parterna delger varandra förstahandsinformationen blir prognoserna bättre och risken för bullwhipeffekter minskar. Bullwhipeffekt kallas också Forrester effekt och kan liknas vid den situation som uppträder i tät trafik. Bakomvarande bromsar så fort bilen framför gör det vilket skapar en kedjereaktionbakåt. Eftersom varje steg bakåt i kedjan innebär en viss tidsförskjutning liksom en förstärkning av reaktionen, alltså hårdare inbromsning, kan en oförsiktig pedalrörelse längst fram bidra till en krock längst bak. I körskolan blir man tillsagd att titta längre framåt i kön och lösningen i företagsvärden råkar faktiskt vara densamma.

<sup>19</sup> Aronsson H. et al (2003) *Modern Logistik*

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

För att lösa dessa problem så kan man i stället jobba med pull som i sig är mer slimmade system då det inte nyttjar prognoser vilket i sin tur reducerar behovet av krångliga ERP-system som få kan hantera. Man jobbar alltså mot kundorder istället för mot lager enligt en prognostiserad efterfrågan. Istället får man fokusera på kärnfrågor ute i produktionen såsom produktionsplanering och att produktionssystemet i sig är väldigt flexibelt och responsivt<sup>20</sup>. Risken med att lagerhålla en produkt som i slutändan inte är attraktiv på marknaden är alltså mindre med pull än med push som jobbar efter devisen ”producera så mycket du orkar”<sup>21</sup>.

På produktionsnivå ligger pull-systemets styrka i att det finns en övre gräns i hur mycket som kan produceras mellan varje station<sup>22</sup>. Även om stora problem i variabilitet uppträder så kommer pull-systemet alltid att vara billigare eftersom det inte fortsätter att bunkra upp framför flaskhalsen. Vanliga pull-system är Conwip (CONstant Work In Progress) och toyotas Kanban, där det förstnämnda är något enklare att bruka. I sin enklaste form initieras en order när operatören får ett kort från den station som finns längre ner på linan som bekräftar att denna utfört sin uppgift. Det är på detta vis man undviker man att köbildning framför flaskhalsen och således reduceras PIA till den nivå som produktionen egentligen tillåter. Hur många kort man jobbar varierar efter olika system och produktionssituationer men man kan säga att när mängden PIA går mot oändligheten så närmar sig systemet ett rent pushsystem. Tittar man på genomströmningen för en produkt så blir man faktiskt lite förvånad, det är faktiskt så att genomströmningen är högre ju mer PIA man tillåter. Men eftersom det handlar om robusta system så finns det även ett mått på variabilitet. Samtidigt som genomströmningen går upp går variabiliteten upp. Börjar man med endast ett PIA-kort (grunden för conwip-systemet är att dessa kort ger möjlighet att förflytta produkterna) så blir den totala cykeltiden densamma som de enskilda stationerna cykeltider adderade. När man sedan ökar mängden PIA-kort går cykeltiden upp och variabiliteten upp. Det finns ju en optimal mängd PIA-kort och det inträffar vid det tillfälle där både cykeltiden och genomströmningen planar ut utan att variabiliteten blir för hög. De praktiska fördelarna med push är alltså inte så stora som de vid en första anblick kan verka. Man skulle nog kunna dra det så långt och säga att det är omöjligt att ha en vettig planering utan att ha stora lager som buffert på väg ut till kunden. Således blir push systemet tämligen dyrt även om beläggningen är väldigt hög på maskiner. Slutsatsen man kan dra är att conwip systemen är väldigt bra när man vill begränsa PIA och har krav från kund att kunna leverera i tid.

När man vill påvisa de problem som Push uppvisar nämns ofta analogin om den Japanska sjön<sup>23</sup> där lagernivån motsvarar vattenståndet och ju lägre det är desto mer av botten blottas (problemen). Minskar man lagernivåerna blottar sig problemen och först då kan man ta itu med dem.

---

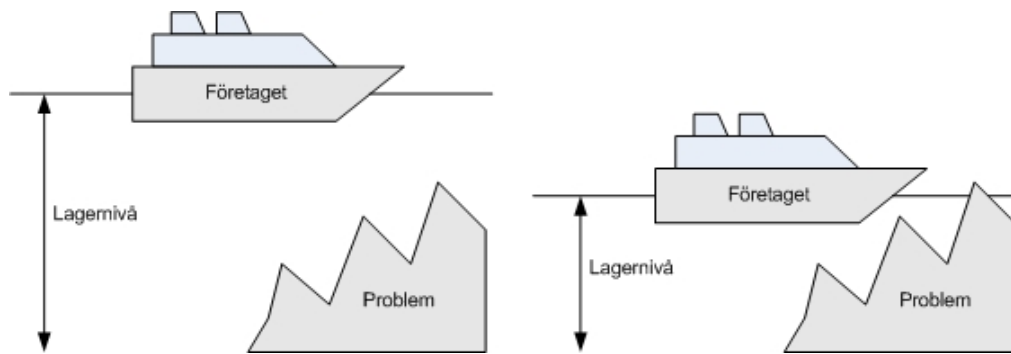
<sup>20</sup> Aronsson H. et al (2003) *Modern Logistik*

<sup>21</sup> Ibid

<sup>22</sup> Hopp W, Spearman M. (2000) *Factory Physics*

<sup>23</sup> Aronsson H. et al (2003) *Modern Logistik*





Figur 3-3 Japanska sjön.

I samband med push talar man ofta om spekulation.<sup>24</sup> Med detta menar man att man push placerar färdigvaror så nära marknaden som möjligt. Om vi jämför med exempelbilden ovan skulle detta betyda att butiken vill ligga med höga lager för att kunna tillgodose efterfrågan hos kunderna eftersom man är osäker på efterfrågan vid exempelvis vid högtidshelger. Detta ger en kedjereaktion bakåt i kedjan vilket dels ger höga lagernivåer, dels ger osunda produktionstoppar (bullwhip). Detta innebär merkostnader för företagen som måste stå för kostnaderna.

## 3.2 Simulering

### 3.2.1 Introduktion

Simulering innebär att man skapar en modell som är en avbildning av verkligheten för att kunna analysera nuläget och kunna analysera förändringar i systemet utan att behöva göra förändringen i det verkliga systemet. I kommande avsnitt redovisas teorin kring simulering och hur arbetsgången för att genomföra en simulering ser ut. Innan detta kan det vara på sin plats att diskutera när simulering är ett lämpligt verktyg att använda. Vi kommer att begränsa oss till discrete-event simulation (DES) som är den modell som vi kommer att använda oss av senare i arbetet och som är den modell som vårt valda verktyg använder sig av.

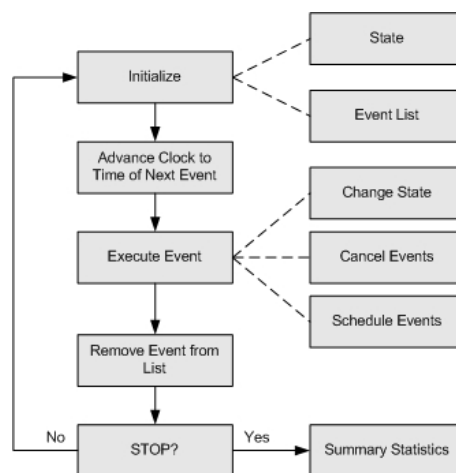
Det finns en rad olika kriterier som bör vara uppfyllda för att det skall vara meningsfullt att använda sig av simuleringsverktyget. Med detta menas att man skall kunna få ett bra resultat från simuleringen och att problemet inte är så pass trivialt så att analytiska metoder räcker för att uppnå samma resultat. Alltså bör man begränsa sig till problem som är relativt komplexa till sin natur, dock inte så komplexa så att man inte ens med hjälp av simulering kan få ett användbart resultat.

<sup>24</sup> Schary P, Skjøtt-Larsen T. (2003) *Managing the Global Supply Chain*

Fördelarna med att använda sig av simulering är dock som tidigare nämnts att man kan på ett kostnadseffektivt sätt undersöka vilken effekt en förändring ger utan att ändra i det verkliga systemet. Detta kan dessutom genomföras på en mycket kortare tid än vad som skulle krävas för att genomföra den faktiska förändringen och sedan i realtid samla in data för vidare analys. Anledningen till detta är att man i simuleringsverktygen kan komprimera tiden för att på så sätt snabbare få ett tillräckligt dataunderlag för en korrekt analys av effekten vid en förändring.

### 3.2.2 Discrete-Event Simulation

Simuleringen sker genom att man, i regel i en dator, beskriver hur ett system av diskreta flödesenheter eller uppgifter varierar och utvecklas över tiden. Med andra ord så håller datorn reda på diskreta lägesvariabler såsom kölängder och tillgängliga resurser. En fördel med DES är att datorn endast behöver fokusera på de tidpunkter då dessa lägesvariabler förändras. Detta innebär att det är möjligt att komprimera tiden under simuleringen och på så sätt minska körtiden. Hur DES fungerar framgår ur figur 3-4 där kan man se att det första som händer är att systemet initialiseras med det aktuella läget för statusen och händelselistan. Efter detta så flyttas simuleringsklockan fram till nästa händelse i händelselistan. Det som sedan inträffar är att statusen på händelsen ändras och eventuellt så ställs andra händelser in och/eller fler händelser läggs som funktion av den föregående händelsen in i händelselistan. Efter detta så tas händelsen bort ur händelselistan. På detta vis kör simuleringen på tills det kriterium som ställts upp för att avsluta simuleringen är uppfyllt, exempelvis en viss tidsperiod har simulerats.



Figur 3-4 Schematisk bild över hur DES fungerar.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Laguna M. Marklund J. (2005) *Business Process Modelling, Simulation and Design*

### 3.2.3 Stegen i ett simuleringsprojekt

De följande kapitlen handlar om de olika stegen som man bör gå igenom då man genomför en simuleringsstudie. En schematisk bild av dessa framgår i figur 3-5.<sup>26</sup>

### 3.2.4 Problemformulering

I början av ett simuleringsprojekt så bör man definiera problemet som man avser lösa. Detta kan antingen ges av uppdragsgivaren eller utarbetas av den som skall genomföra simuleringen. Det är dock som alltid viktigt att det finns en samsyn mellan utföraren och uppdragsgivaren vilket själva syftet med projektet är. Risken är annars stor att man i ett senare skede göra korrigeringar som ju längre arbetet fortgått blir dyrare och mera tidskrävande än att omformulera problemet redan från början.

### 3.2.5 Planering av simuleringsprojektet

Man bör i detta skede fastställa vilka mål man har med projektet och vilka resurser som krävs för att genomföra det. Här skall man fastställa huruvida simulering är den mest lämpade metoden att använda sig av och vilka eventuella alternativ som skulle kunna vara tänkbara. Det är också lämpligt att man i detta skede tittar på vilken kostnad som projektet kommer att innebära, hur många personer som kommer att bli inblandade, vilken hårdvara och mjukvara som kommer att krävas m.m.

### 3.2.6 Modellering

Att modellera en simuleringsmodell är lika mycket en konst som en vetenskap. Här handlar det om att fånga de viktiga aspekterna i ett system och korrekt beskriva dessa i modellen utan att göra den komplex eller svårhanterlig. Det är generellt sätt bäst att starta med en enkel modell och successivt öka graden av komplexitet tills man tillräckligt väl beskrivit systemet. Det finns flera olika sätt att modellera ett system, man kan exempelvis starta i början av kedjan med materialförsörjningen och arbeta sig framåt.

### 3.2.7 Datainsamling

Datainsamling är en väsentlig del av ett simuleringsprojekt och tenderar att vara det steg som tar längst tid och kräver störst resurser. Det är viktigt att förstå vilken typ av information som man är ute efter då man genomför datainsamlingen eftersom detta påverkar vilken typ av data som behöver samlas in. Datainsamlingen och modelleringen är nära knutna till varandra eftersom de påverkar varandra, det är till exempel inte ovanligt att då man ändrar något i modellen så ändras också de data som behöver insamlas. Här handlar det också om att tolka de värden som man får fram och identifiera deras statistiska fördelningar för att sedan använda i simuleringen. Viss typ

---

<sup>26</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

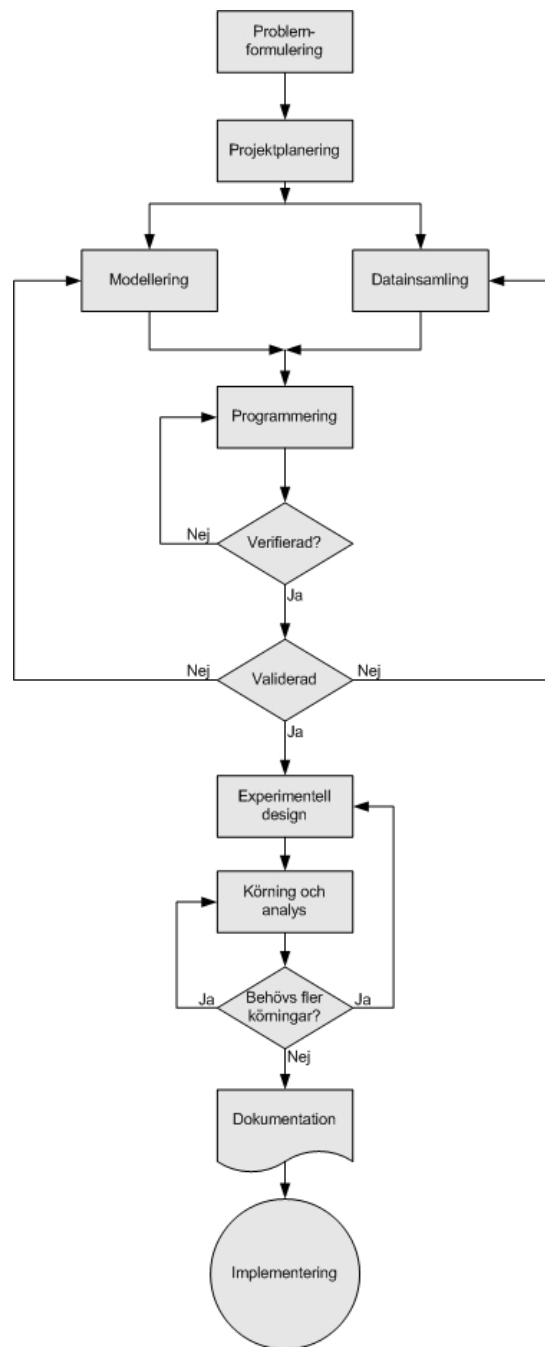
## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

av data som man samlar in kan också vara nyttig då man i ett senare skede skall validera simuleringsmodellen.

### **3.2.8 Programmering**

Här skall man först och främst, om man inte tidigare gjort det, välja vilket simuleringsprogram eller programspråk som skall användas. I vårt fall så har vi i och med institutionens tillgång till licenser på AutoMod och tidigare kunskaper i detta program valt att jobba med just det. Därefter skall modellen omsättas i en modell i det valda programmet.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 3-5** De olika stegen i en simulering.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

### 3.2.9 Verifiering

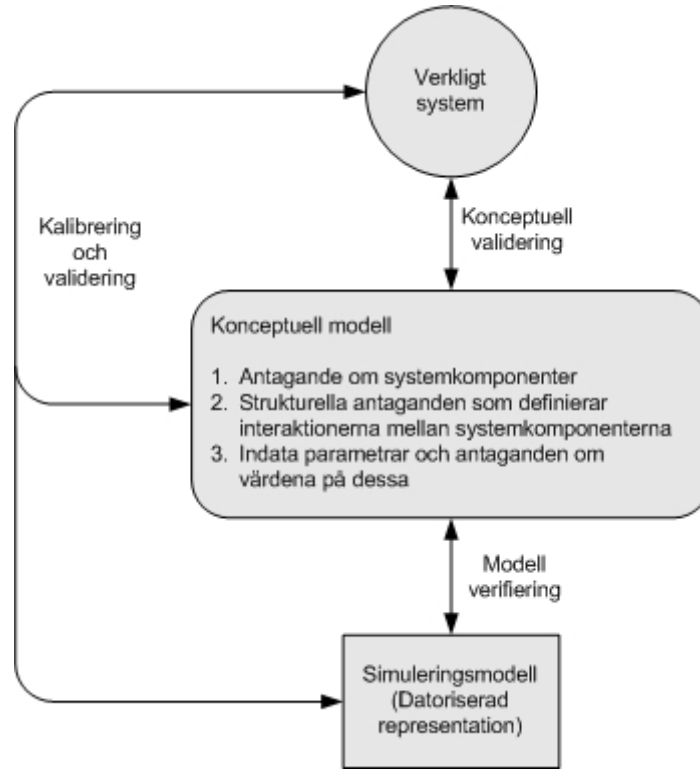
Verifiering av modellen innebär att man säkerställer att man byggt modellen på ett korrekt sätt. Här handlar det om att jämföra ens uppfattning av verkligheten med den modell som man byggt upp i den valda simuleringsmjukvaran. Med andra ord så skall man kontrollera så att man har använt sig av de tider och den andra parametrarna som man fått fram för den konceptuella modellen är de man faktiskt använd i sin kod. Verifiering är också nära knuten till validering av modellen som kommer att beskrivas i nästa avsnitt och hur dessa hänger ihop framgår av figur 3-6. Det finns ett antal olika tips som underlättar verifieringen.<sup>28</sup>

1. Låt någon utomstående person kontrollera programkoden. På så sätt är det mycket enklare att upptäcka rena misstag.
2. Kontrollera att du får rimlig utdata då du använder en viss indata. Testa för en rad olika indata och kontrollera utdata statistiken.
3. Kontrollera så att inte indata parametrarna ändras oavsiktligt under simuleringen genom att skriva ut dessa vid slutet av simuleringen och jämföra med de i början.
4. Använd dig av kommentarer i programkoden och se till så att du har klart definierat dina variabler i koden samt att syftet och vad de olika delarna av koden utför och vad syftet är. På så vis blir det svårare att göra misstag och använda fel variabler.
5. Om man använder sig av simuleringsmjukvara som animerar systemet så kan man använda den funktionen för att kontrollera så att hur systemet verkar stämma överens med hur det verkliga systemet fungerar. Exempelvis så kan man kontrollera så att transporterna mellan de olika stationerna fungerar som det skall.

Principen är mer eller mindre densamma som då man verifierar programvara i allmänhet och samma metoder används praktiskt taget.

---

<sup>28</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*



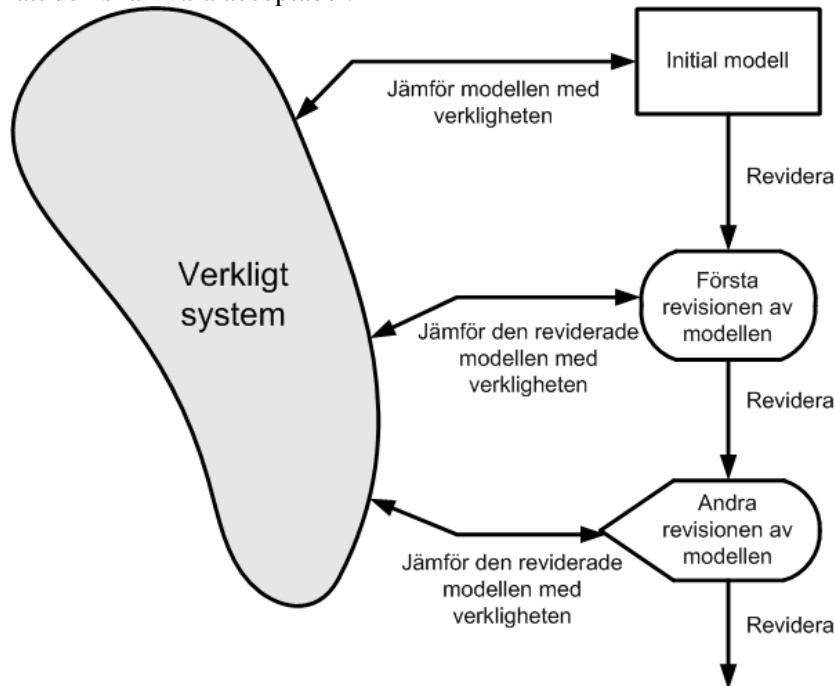
Figur 3-6 Tillvägagångssättet vid validering och kalibrering.<sup>29</sup>

### 3.2.10 Validering

Valideringsprocessen går ut på att man jämför modellens beteende med det verkliga systemet. Ett annat begrepp i sammanhanget är kalibrering som går ut på att man iterativt jämför modellens beteende med det verkliga systemet och successivt gör ändringar i modellen så att den bättre stämmer överens med verkligheten. Hur denna process ser ut framgår av figur 3-7. Själva jämförelsen mellan modellen och det verkliga systemet består av att man genomför olika tester. Testerna kan vara antingen subjektiva eller objektiva. Subjektiva tester går som regel ut på att personer med kunskaper om hela eller delar av systemet kontrollerar modellens beteende och gör bedömningar om dess trovärdighet. Objektiva tester kräver att man jämför faktiska siffror från modellen och det verkliga systemet och statistiskt analyserar om dessa stämmer överens med varandra. Denna iterativa process fortgår tills man nått en punkt då man är nöjd med modellens trogenhet till det verkliga systemet. Det är också viktigt att ha i åtanke att varje revision av modellen tar tid och kostar pengar och man bör därför väga den eventuella vinsten med kostnaden för revisionen. Dessutom bör

<sup>29</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

man på förhand ha satt något undre värde för hur pass trogen modellen minst måste vara för att den skall vara acceptabel.



**Figur 3-7** Den iterativa processen vid kalibrering av en simuleringsmodell.<sup>30</sup>

För att förenkla valideringen av en simuleringsmodell så finns det tre steg som man bör försöka åstadkomma:<sup>31</sup>

1. Bygg en modell med stor face validity.
2. Validera modellantaganden.
3. Jämför input-output transformationen i simuleringsmodellen med input-output transformationen i det verkliga systemet.

### Face Validity

Face validity är den validitet modellen tycks ha på ytan för en person med kunskap om det verkliga systemet. Vanliga test på detta är att man kör modellen med ett antal olika inparametrar och ser om modellen reagerar på det sätt som experten tycker verkar rimligt. Man gör alltså en form av känslighetstest på ett antal inparametrar. Detta bygger på att man kanske inte alltid vet exakt hur en modell kommer att svara på en förändring av inparametrarna men att man oftast har kunskap om i vilken

<sup>30</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

<sup>31</sup> Ibid



riktning värdena kommer att röra sig. Om man dessutom har tillgång till utfallet med olika värden på en inparameter så kan man genomföra en objektiv känslighetstest av denna. För att skapa en modell med stor face validity så är det gynnsamt om det deltar personer med kunskap om systemet i byggandet av simuleringsmodellen. På så sätt får man under modelleringen en inbyggd stor face validity.

### **Validering av modellantaganden**

Den simuleringsmodell som man successivt bygger upp står på en mängd antaganden. Dessa kan delas in i två olika kategorier: Strukturella och dataantaganden. Strukturella antaganden berör hur systemet fungerar och är ofta förenklingar av verkligheten. I sin tur bör dessa valideras genom att man observerar systemet för en tid och konstaterar att systemet fungerar ungefär som man antagit. Dataantaganden är de antaganden om värden på exempelvis tiderna för de operationerna som ingår i tillverkningssystemet. De antaganden som man gör skall baseras på mätdata som därefter skall statistiskt analyseras. Det finns i regel tre steg att genomföra i den statistiska analysen:<sup>32</sup>

1. Identifiera den korrekta statistiska fördelningen.
2. Skatta fördelningens parametrar.
3. Validera den statistiska fördelningen med hjälp av exempelvis chi-2 test eller med grafiska metoder.

### **Input-output validering**

Det enda egentligt objektiva sättet att validera en modell är genom en så kallad input-output validering. Det man åstadkommer med denna validering är att man säkerställer att ens modell på ett korrekt sätt skall kunna förutsäga vilken effekt en förändring av inparametrarna kommer att ha i det verkliga systemet. Det man rent praktiskt gör är att man simulerar modellen med inparametrar som man vet ger en viss utdata från det verkliga systemet. Detta kräver alltså att det verkliga systemet finns i drift och att man har tillgång till såväl inparametrarna och den motsvarande utdatan. Dessa skall man därefter jämföra med statistiska metoder för att se om de stämmer överens. Om man inte har tillgång till det faktiska systemet men något som är snarlikt så kan man tänka sig att man validerar modellen med detta snarlika system.<sup>33</sup>

### **Generaliserbarhet**

Ett begrepp som är kopplat till verifiering och validering av en modell är om man kan dra några vidare slutsatser för andra liknande system, d.v.s. om modellen är generaliserbar. Det kan dock vara så att man kan dra slutsatser om andra system genom att identifiera mönster som uppstår i andra sammanhang. Det finns i princip två olika typer av generaliseringar som kan vara möjliga att göra. Statistiska generaliseringar är då man drar slutsatser utifrån ett urval av en population. Den andra

---

<sup>32</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

<sup>33</sup> Ibid

typen av generalisering är analytisk generalisering då man kan skapa ny teori utifrån simuleringen.<sup>34</sup>

### 3.2.11 Experimentell design

Efter att man har en korrekt simuleringsmodell så kan man använda modellen för att genomföra olika experiment. Simulering är en kraftfull metod för att undersöka exempelvis vilken effekt en förändring av det verkliga systemet skulle ha utan att för den delen förändra det fysiska systemet. Här måste man också fundera på vilka experiment som man skall genomföra och hur många körningar som är nödvändiga för att få goda resultat.<sup>35</sup>

### 3.2.12 Körning och analys

När man nu har kommit fram till vilka experiment man skall göra med sin simuleringsmodell så gäller det att analysera de relevanta faktorerna. Man måste också beroende på hur stor variation man har i sin modell komma fram till hur många körningar som är nödvändiga för att få ett resultat som inte beror på slumpmässiga variationer.<sup>36</sup>

### 3.2.13 Utvärdera om det krävs fler körningar

Här utvärderar man helt enkelt om man har lyckats få fram sitt resultat eller om man skall köra fler körningar. Man skall också undersöka om man skall göra förändringar för att tydliggöra de resultat man vill få fram.<sup>37</sup>

### 3.2.14 Dokumentation

Då man genomför vilken typ av projekt som helst så är det viktigt att man dokumenterar vad man har gjort. Inte bara för en själv utan även för att andra skall kunna använda sig av modellen och för att utomstående skall kunna kontrollera hur resultatet har åstadkommit. Man bör alltid försöka dokumentera sin programkod. Det är annars oerhört svårt för en utomstående att följa hur programmet fungerar. Som i alla andra projekt så är det viktigt att man regelbundet lämnar delrapporter om hur simuleringen fortskrider.

### 3.2.15 Implementering

Efter en genomförd simuleringsstudie så är det dags att implementera de förändringar som man ur sin simulering har konstaterat vara gynnsamma. Det är betydligt enklare att implementera ett resultat i ett verkligt system om användaren varit inblandad i hela

---

<sup>34</sup> Johansson O. (2006) *Towards a model for managing uncertainty in logistics operations*

<sup>35</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

<sup>36</sup> Ibid

<sup>37</sup> Ibid

processen. Detta eftersom det annars kan uppstå kommunikationsproblem om vad man försöker åstadkomma och hur detta skall uppnås.<sup>38</sup>

### 3.3 Box-Cox transformering

Då man arbetar med olika mätdata så kan man ibland stöta på situationer då man inte kan använda någon enkel tillgänglig statistisk fördelning. Exempelvis sker detta då man får en fördelning som inte är symmetrisk runt ett väntevärde som med en normalfördelning. Dock så kan man av olika anledningar fortfarande vilja arbeta med dessa mätvärden med hjälp av normalfördelningen. Till exempel om man använder sig av programvara som inte klarar av mera specifika fördelningar. Då kan det vara lämpligt att försöka använda sig av en Box-Cox transformering. En Box-Cox transformation innebär att man upphöjer sina mätvärden med ett tal kallat lambda. Själva skattningen av lambda bör man ha en dator med ett statistikprogram för att göra. När man sedan har skattat sitt lambda så tar man helt enkelt sina värden och upphöjer till detta. Värdena är då normalfördelade och har inte en skev fördelning som tidigare. Då man sedan har använt sig av dessa värden så skall man invers-transformera dessa för att kunna komma tillbaka till den fördelning som man hade från början så upphöjer man de värdena man fått ut till inversen av lambda.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Banks J. et al (2000) *Discrete-Event System Simulation*

<sup>39</sup> Minitab hjälpfunktion

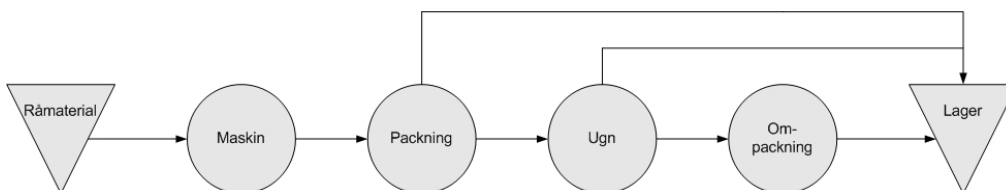
## 4 Empiri

Vi skall i kommande kapitel beskriva hur produktionen ser ut i SCA Cellplasts fabrik i Värnamo.

### 4.1 Företagsbeskrivning

SCA Cellplast i Värnamo tillhör SCA Packaging. SCA Packaging ligger i sin tur under moderbolaget Svenska Cellulosa Aktiebolaget. SCA jobbar produkter som på ett eller annat sätt kan förknippas med skogsindustrin. Verksamheten är uppdelad på tre områden, skogsprodukter, hygien och förpackningar. Företaget bildades 1929 då tio skogsbolag slogs samman och bildade SCA. Det skulle dröja ändå till 1961 innan gav sig in på förpackningsmarknaden och detta som ett resultat av minskad efterfrågan på skogsprodukter. 1975 köpte man Mölnlycke och gav sig i och med det in i hygienindustrin. Under åren som följde gjordes en rad uppköp av andra företag och man skaffade sig på så vis starka marknadspositioner på samtliga områden. Fabriken i Värnamo är en av två cellplastfabriker i Sverige. Den andra fabriken i Sverige ligger i Urshult och brann ner i december 2006 men skall byggas upp igen under 2007. Tillsammans förser de kunder både på regional- och landsnivå. De största kunderna finns inom vitvaru- och bilindustrin. Produkterna är specifika för de olika ordena och därför så varierar storleken på dessa ganska mycket. Cellplast försöker tillsammans med Wellpappavdelning att erbjuda kunden skräddarsydda lösningar där man kombinerar kunskapen inom de båda områdena för att erbjuda en helhetslösning på förpackningssidan.

### 4.2 Beskrivning av produktionen



**Figur 4-1** Flödet i SCA Cellplasts fabrik i Värnamo.

#### **4.2.1 Råmaterial**

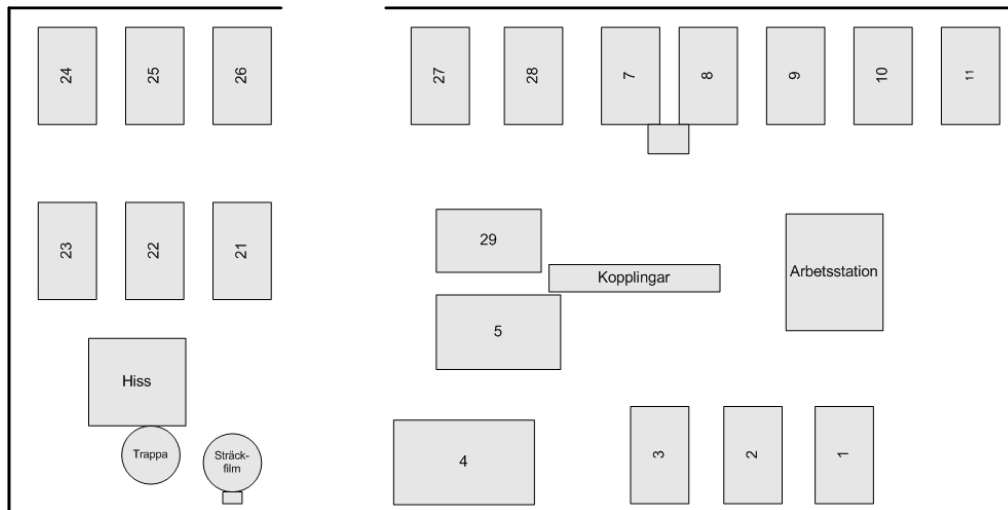
Råmaterialet som används skiljer sig mellan EPS (Expandable Polystyrene) och EPP (Expandable Polypropylene). Allt EPS-material anländer i samma form. Denna förskummas sedan på plats till ett antal olika densiteter beroende på vilken produkt den skall användas till. Detta sker på ovanvåningen i produktionslokalen där det förskummade materialet förvaras i silos innan användning. Transporten ner till produktionen sker via rör och slangar till en kopplingsstation i produktionslokalen varifrån man kan koppla in de olika maskinerna till rätt material och densitet. Materialet till EPP-produkterna köps förskummat och är därför betydligt mer skrymmande i den form som den anländer i.

#### **4.2.2 Maskinerna**

Det svällda granulatet sprutas in i en form som är specifik för den givna produkten. Denna form kan ge flera stycken av den givna produkten i en cykel, exempelvis kan en cykel ge tre vänster och högerhalvor av en produkt. Själva produktionen går till på så sätt att det förskummade granulatet sprutas in i formen och pressas och formas genom att ånga under högt tryck sprutas in. Vid maskinerna ställs en rad olika parametrar in såsom hur mycket granulat som skall sprutas in i formen samt hur lång cykeltiden skall vara. Det finns skillnader mellan maskinerna, bland annat hur produkterna matas ut. De olika maskinernas egenskaper och placering i lokalen finns här nedan.

Rutor 1-5, 7-11 och 21-29 representerar maskinerna. Samtliga maskiner sånär som på 7 och 8 utför endast en operation. Maskinerna är helautomatiska och operatörens jobb innefattar en okulärbesiktning av produkten samtidigt som den packas. Skulle processen fallera och de tillverkade bitarna vara felaktiga slängs de i en kvarn där de mals ner för att sedan återanvändas i produktionen. Det är alltså verktygsbytaren som ställer in maskinen och ser till att den går i korrekt hastighet. Efter dessa inställningar är gjorda är cykeltiden praktiskt taget konstant. Maskin 7 och 8 är utrustade med en robot som utför en operation där byglar till nackskydd monteras på det pressade granulatet. Maskinerna är knutna till olika produktgrupper. De beror delvis på att olika produkter har olika förutsättningar men också att maskiner för EPP granulat inte är kompatibla EPS. Inom varje grupp finns det dock en viss flexibilitet vilket ger visst skydd vid maskinfel.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



Figur 4-2 Schematisk bild över fabriken i Värnamo.

### 4.2.3 Packning, ugn och ompackning

Packningsoperationen kan ske på flera olika sätt och de ska här beskrivas. När väl den färdiga cellplastprodukten lämnar maskinbufferten kommer den antingen att läggas på pall med eller utan krage eller i vagn. Om den läggs på pall utan krage kommer den antingen att bandas på plats framför maskinen för att sedan köras ut med handtruck av operatören till conveyersystemet alternativt köras in i ugnen för att bli av med överflödigt fukt i produkten. Har produkten gått på pall genom ugnen kommer även den, efter torktiden, att köras upp på conveyerbandet för vidare transport ut mot lagret. Alternativet till bandning är sträckfilmning och detta utgör det mest frekvent använda emballaget. En sträckfilmad pall kan inte köras genom ugnen utan går direkt till lagret. För produkter som kommer ur maskinerna 1-3 och 7-8 gäller uteslutande pall med krage. Dessa produkter har bilindustrin som gemensam nämnare och där är denna typ av emballage vanlig då kvalitetskraven är mycket högt ställda. Pallar med kragar körs ut till lagret via en separat port, nämligen den jämte maskin 1. För majoriteten av de produkter som ska torkas i ugn och för samtliga som ska packas i well-låda kommer den först lastbäraren att vara en vagn. I dessa placeras bitarna så att luften har möjlighet att cirkulera mer fritt mellan bitarna och på så vis reduceras torktiden. När produkten är torr förflyttas den i en manuell operation från vagnen till sin slutgiltiga lastbärare vilken utgörs av två olika sorters well-lådor alternativt en pall.

### 4.2.4 Lager

Eftersom man i dagsläget producerar väldigt stora serier till följd av långa ställtider blir lagret en trång sektor. För att rymma så mycket som möjligt har man därför ett något ostrukturerat system där lagerarbetarna "vet" var de olika pallarna står. På så

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

vis kan man bara skjuta in pall efter pall och undkommer tomma lagerplatser. Stallage används inte heller då man i dagsläget inte har en standardiserad höjd på pallarna. Systemet blir sårbart i den meningen att nytillkomna lagerarbetare tar väldigt lång tid på sig vid utlastning men självklart kan även rutinerade få problem om en pall står längst in i en rad. Likaså har man fyllt alla yta kring utlastningsportarna vilket reducerar möjligheterna till att förbereda utlastningen innan lastbilen har anlänt.

### 4.3 Indata

Då själva arbetet går ut på att finna faktorer som begränsar fabriken output är det av största vikt att den modell vi gör stämmer väl överens med verkligheten. För att kunna verifiera att utdatan måste vi först vara säkra på att indatan är korrekt. Hur den samlats in redovisas nedan. Samtliga serier med tider har sedan behandlats i Excel där vi skapat histogram och utifrån det identifierat vilken fördelning som är lämpligast.

#### 4.3.1 Lokalen

I början av arbetet försåg SCA oss med en mycket detaljerad ritning över fabriken. Vissa mått har vi kontrollmätt för att förvissa oss om ritningen var korrekt. Ritningen har också fått stå till grund för modellen i vår simulering och då importerats direkt in i programmet.

#### 4.3.2 Maskiner

Då själva produktionsmomentet bara är i ett steg, motsvarar produktionstiden cykeltiden dividerat med antal/skott. Cykeltiden i sig är konstant för dessa maskiner/verktyg när den väl blivit inställd av verktygsbytaren. Dock visade sig att cykeltiden varierade något beroende på hur mycket operatören hade att göra och att de avvikelser som skett var dåligt dokumenterade. Det var därför svårt att utröna vad som var källan till problemet. Istället tittade vi på samtliga tillverkningsorders under november månad. Det visade sig att det bästa utfallet under ett av många skift stämde väl överens med den teoretiska cykeltiden på varje artikelnummer. På detta viset fick vi också reda på med vilken fördelning problem uppstod under skiften liksom hur lång tid de utgjorde av varje skift.

#### 4.3.3 Packning och ompackning

Tiden för den manuella packningsoperationen ute vid maskin har mätts med hjälp av stoppur. Detta har skett vid flera tillfällen och vid ett flertal olika maskiner. Serierna visade sig vara tämligen koherenta oavsett om det gällde pallar eller vagnar som skulle lastas vilket gav oss bra underlag vid utrönandet av fördelningen.

#### **4.3.4 Ugn, sträckfilmning och bandning**

Tid för sträckfilmning och bandning togs fram med hjälp av stoppur. Svaren vi fick jämfördes sedan med de uppskattade tider vi fick genom intervju med maskinoperatörerna. Den något begränsade tiden gjorde att vi beslöt att inte klocka ugnen. Då en cykel tar cirka 2 timmar var det allt för tidskrävande. Istället gjorde vi en ostrukturerad intervju med produktionsansvarige på plats. Vi fick förklarat för oss att nittiofem procent av alla produkter som torkas kräver en tid på ca 2 timmar, resterande tog bortåt 13 timmar men eftersom dessa produkter inte producerades under den månad vi tittat på valde vi att inte ta med dem i den fördelning vi skapade för denna funktion.

#### **4.3.5 Truckar**

SCA Cellplast har flera olika truckar. De skiljer sig på så vis att de är olika snabba och hur många pallar de kan lyfta på en gång. Hastigheten för samtliga truckar har mätts upp genom att mäta tiden det tog att passera en viss sträcka. För att vidare kunna förfinas vår modell mätte vi även den total tiden det tog för en truckförare att hämta en pall, från läsandet av plocklistan till avlämning på kajen.

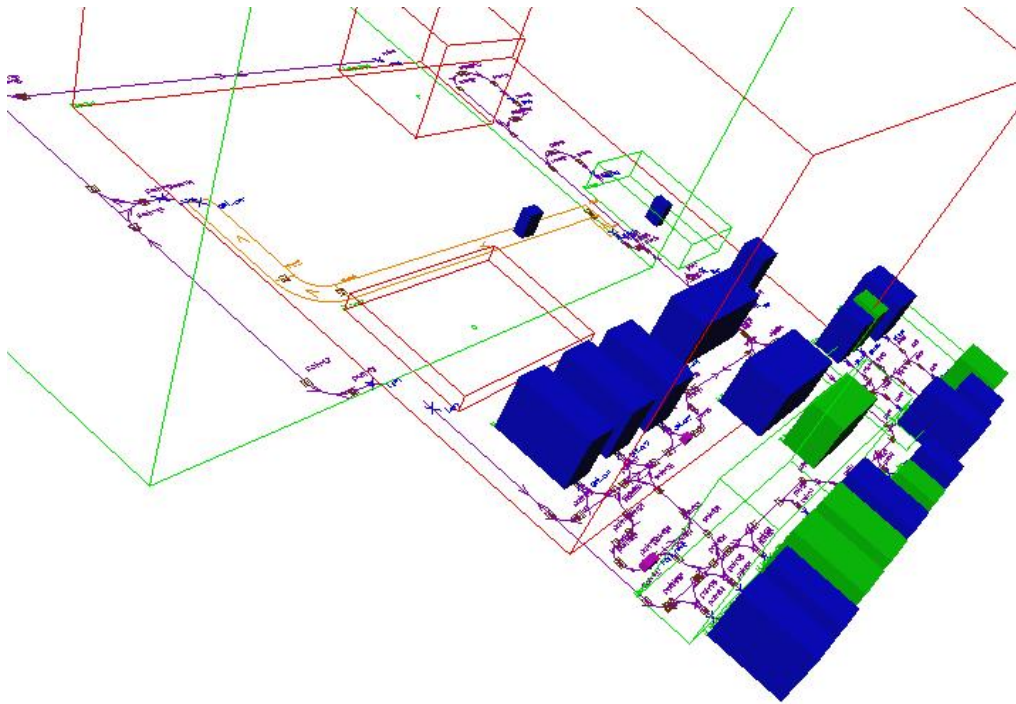


## 5 Analys

I analysdelen kommer vi att presentera hur vi med hjälp av teorin har analyserat produktionen vid SCA Cellplasts fabrik i Värnamo. Simuleringen och simuleringsmodellen som vi använt oss av kommer att presenteras och resultatet analyseras.

### 5.1 Simulering

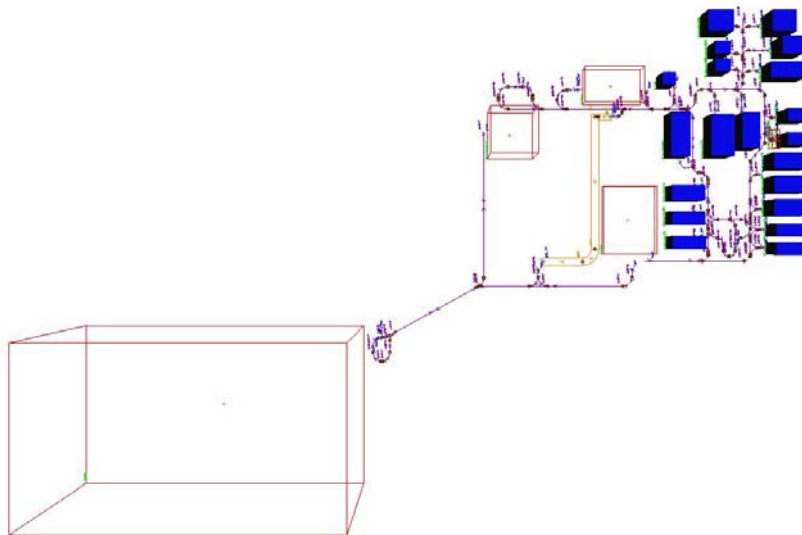
För att undersöka hur man skulle kunna uppnå en högre produktionsvolym har vi valt att analysera fabriken i Värnamo med hjälp av simuleringsprogramvaran AutoMod. Valet av AutoMod var enkelt eftersom det är den simuleringsprogramvara som institutionen för förpackningslogistik använder sig av, samt att en av författarna hade erfarenhet av programmet innan. Fördelen med AutoMod är att man delvis bygger sin modell grafiskt och att man enkelt kan visualisera modellen.



**Figur 5-1** Skärmdump från Automod.

### 5.1.1 Modellering och datainsamling

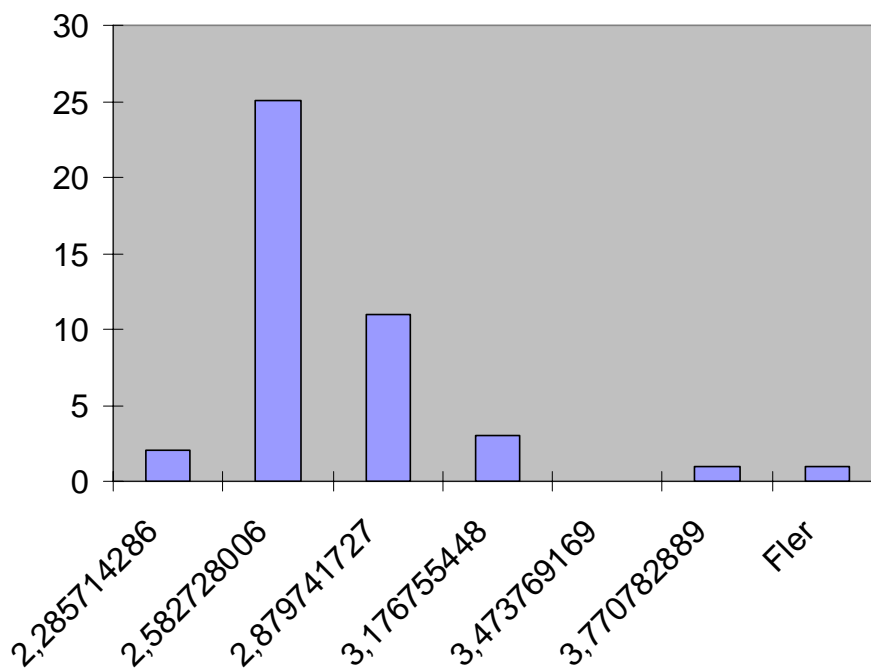
Utgångspunkten för modelleringen av SCA Cellplasts fabrik i Värnamo har varit en ritning av fabriken som vi fick av SCA. Utifrån denna har den fysiska layouten av fabriken kunnat byggas upp i simuleringsprogramvaran. Eftersom vi haft tillgång till den exakta layouten för fabriken så har kunnat använda oss av exakta avstånd för de olika förflyttningarna. Detta i kombination med uppmätta hastigheter ger oss korrekta tider för de förflyttningar som görs i produktionen. För att få klarhet i hur produktionen sker så har vi under en veckas tid observerat produktionen och insamlat data för att korrekt kunna simulera denna. Själva datainsamlingen har skett på flera olika sätt. Vi har observerat och mätt hur lång tid olika moment tar att genomföra. Detta har gett oss viss indata att använda oss av i vår modell. Dock så kan man inte på en så kort tid få tillräckligt många observationer av vissa moment varpå det varit viktigt att intervjua operatörerna och få uppskattningar på dessa moment. För att vi senare skall kunna validera vår modell har vi utgått ifrån den produktion som skedde i november 2006. Utgångspunkten för hur produktionen fortlöpte under november månad har därför varit de tillverkningsorder som fanns sparade. För att kunna veta vad som skedde i lagret under denna period så extraherades information från SCA Cellplasts ERP-system. Tyvärr så har vi inte kunna få fram detaljerad information om när leveranserna skulle ske enligt order så någon analys av leveransprecision har vi inte kunnat genomföra. Detta innebär att vi inte kunnat få en helhetsbild av de problem som finns i fabriken i Värnamo. Hade vi haft tillgång till dessa data så hade vi kunnat mera på djupet analysera de fördelar som ett mera kundorderstyrt system skulle ge. Vi har ej heller fått tag på någon detaljerad information om hur SCA's prognoser skapas och hur väl dessa stämmer överens med den verkliga efterfrågan.



**Figur 5-2** Bild från AutoMod som illustrerar layouten i fabriken.

### 5.1.2 Databearbetning

Då vi ville få fram en modell som låg så nära det verkliga systemet som möjligt så var vi tvungna att statistiskt bearbeta den data som vi fick ut av tillverkningsorderna. Då dessa i vissa fall endast haft ett fåtal mätvärden så har vi försökt få fram en gemensam statistisk fördelning för alla order, dock med olika parametrar. Vår förhoppning var när vi analyserade dataunderlaget att alla order med mycket data skulle ha samma fördelning. Eftersom det också var fallet gjorde vi antagandet att även orders med lite tillgänglig data var fördelade på ett liknande vis. Turligt nog förenklade detta även inläsningen av data till själva simuleringen. Vi kunde konstatera att varken exponentialfördelningen eller normalfördelningen var en korrekt fördelning för cykeltiderna. Det fanns fördelningar som stämde mycket bättre överens men dessa kunde vi inte använda oss av på grund av begränsningar i programvaran. Därför så valde att göra en Box-Cox transformering av våra mätdata för att på så vis kunna simulera dessa som en normalfördelning. I figur 5-3 nedan så kan man se att ordern har en sned fördelning med en klart större svans åt höger än åt vänster.



Figur 5-3 Histogram av en orders cykeltid.

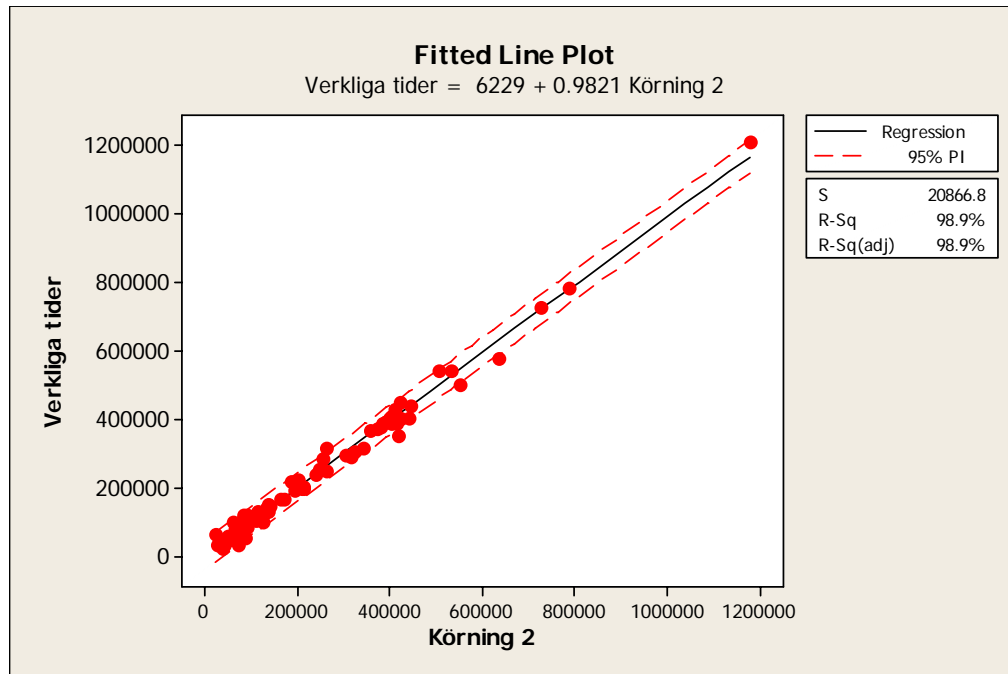
### 5.1.3 Verifiering av modellen

Det är oftast enklare att verifiera olika delar av en modell var för sig innan man för samman dessa till ett program. Detta eftersom delarna i programmet interagerar med varandra vilket gör det mycket svårt att identifiera var felet finns. Man kan alltså ledas till att tro att programmet fungerar eftersom det ger ett svar, speciellt om man inte har klart för sig storleksordningen på svaret. Därför så gick verifieringen till så att vi kontrollerade att delarnas beteende stämde överens med vår föreställning av hur det skulle fungera. Detta gjordes delvis rent grafiskt genom att kontrollera så att exempelvis inga kollisioner inträffade mellan olika laster. Dessutom kontrollerades det att en viss indata gav den förväntade utdatan med avseende på volym. I detta steg så korrigerades en hel del fel i vår modell men till slut lyckades vi få fram en modell som betedde sig på det sätt som vi ämnade. En viktig sak att påpeka är att eftersom vi inte hade någon data beträffande hur ofta och hur långa stilleståndstiderna var så ligger allt detta inbyggt i vår cykeltid. Det eventuella fel som detta skulle kunna innebära ligger inte i att tiden för att köra en order förändras. Däremot så påverkas eventuellt statistiken över maskinutnyttjandegraden som vi kommer att använda oss av senare i detta kapitel. Det fanns ingen enhetlig statistik över felfrekvensen för artiklarna vilket gör att vi inte kan dra några slutsatser kring huruvida felen ökar linjärt med produktionstakten eller ej. Vi anser dock att detta fel borde vara av ringa betydelse då det är jämförelser mellan fall med samma förutsättningar.

### 5.1.4 Validering av modellen

För att validera vår simuleringsmodell så har vi använt oss av input-output validering. Detta innebär att vi har försökt att få den simulerade produktionen att efterlikna den produktion som skedde i november 2006. För att jämföra simuleringen med det faktiska utfallet så har vi jämfört de tider som de individuella ordena tog att köra med hur lång tid de tog att köra i vår simuleringsmodell. Själva jämförelsen gick till så att vi körde vår simulering tio gånger för att få ett korrekt konfidensintervall över vilken tid som de olika ordena tog att producera i vår simulering. Därefter kontrollerades att det verkliga utfallet låg i intervallet. Efter att vi ett antal gånger behövt göra smärre förändringar i koden och hur cykeltiderna hanteras i vår programkod så lyckades vi få fram en modell som enligt input-output metoden var validerad. I figur 5-4 ser man en regression över de verkliga produktionstiderna kontra de simulerade tiderna. Som man kan se så är r-kvadrat-värdet mycket högt, vilket innebär att en stor del av variationen i regressionen inte är slumpvariation och därför så kan man anse att de simulerade värdena stämmer bra överens med verkligheten.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 5-4** Regression för de verkliga tiderna kontra de simulerade.

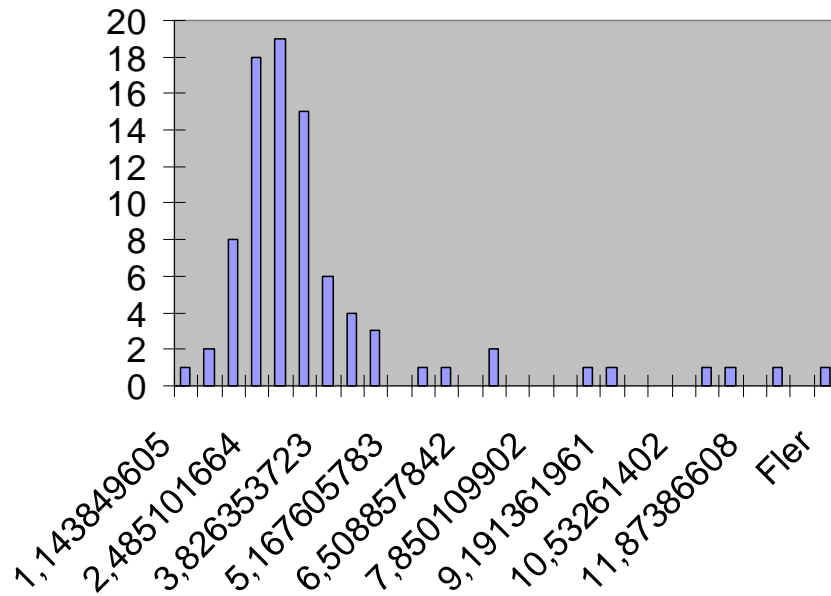
## 5.2 Flaskhalsanalys

Målet med arbetet är att vi skall ge förslag på hur SCA Cellplast skall kunna öka sin produktionsvolym i sin fabrik i Värnamo. För att vi skall kunna angripa detta problem så måste vi undersöka vad i produktionsflödet som idag begränsar produktionsvolymen. Därför har vi valt att genomföra en flaskhalsanalys med hjälp av vår simuleringsmodell. Vi har gått tillväga på så sätt att vi har successivt ökat storleken på ordena tills vi har sett att utnyttjandegraden har planat ut. När utnyttjandegraden har planat ut så jobbar maskinen för fullt och en ökning av orderstorlekarna ökar inte outputen. Anledningen till att utnyttjandegraden i graferna nedan inte blir ett är för att fabriken under den tidsperioden som vi tittat på inte har producerat under helgerna. I kapitlen nedan skall vi gå igenom vad som händer i de olika delarna av produktionssystemet då orderstorlekarna ökar.

### 5.2.1 Maskinerna

En av de potentiella flaskhalsarna som vi valt att titta på är maskinerna i produktionssystemet. Därför har vi valt att studera hur utnyttjandegraden i dessa ser ut idag. Vi har därefter ökat storleken på de individuella ordena med tjugo procents inkrement. Hur medelcykeltiden för de olika ordena är fördelad framgår av histogrammet i figur 5-5.

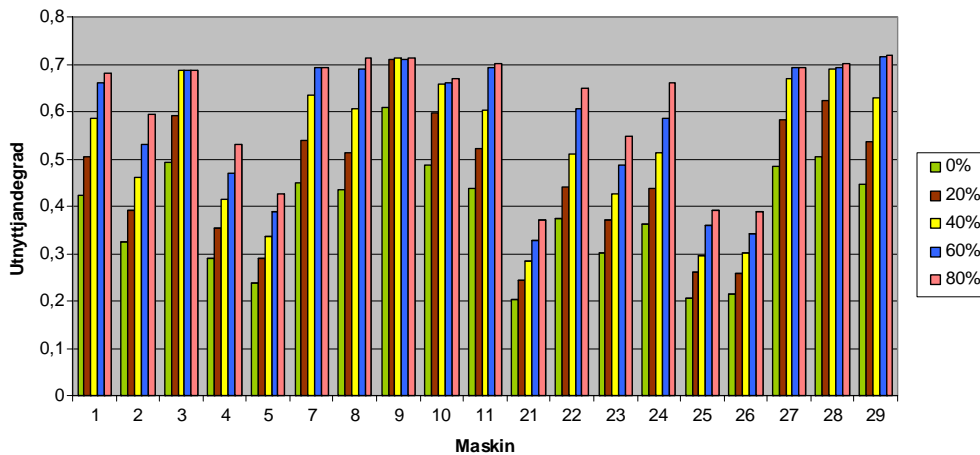
## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 5-5** Histogram över de olika ordernas medelcykeltid

I figur 5-6 nedan presenteras vad som inträffar i de individuella maskinerna när orderstorlekarna ökar. I figur 5-6 skall man vara medveten om att utnyttjandegraden är definierad såsom den tid som maskinerna används under den totala simulerings tiden. Alltså innefattar denna även exempelvis helger då maskinerna inte är igång. Innebörden av detta är att en utnyttjandegrad på ca sjuttiofem procent motsvarar en hundra procentig utnyttjandegrad under den effektiva arbetstiden.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 5-6** Diagram över utnyttjandegraden i maskinerna vid olika orderstorlekar

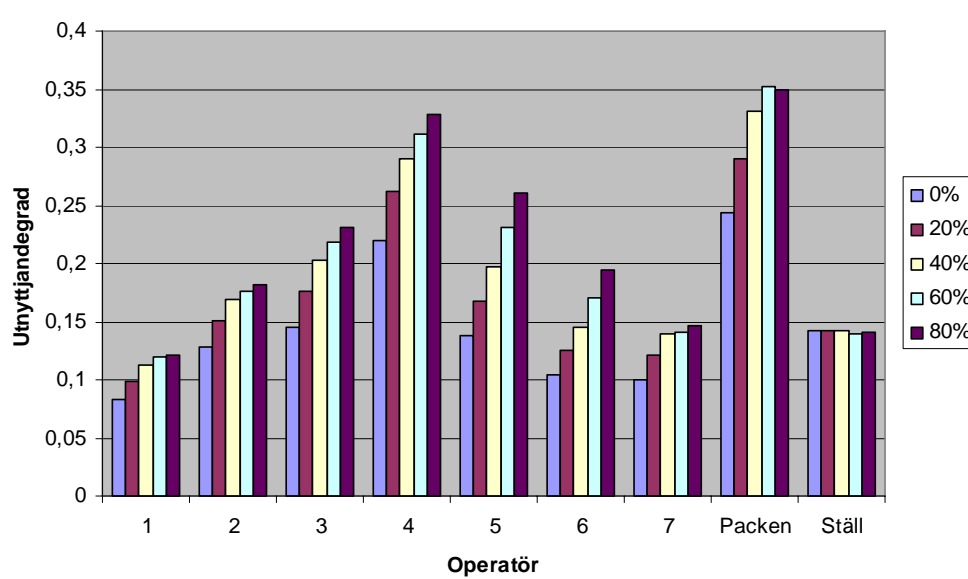
Vad som omedelbart blir uppenbart är att alla maskinerna klarar en ökning av såväl tjugo som fyrtio procent. Den uppmärksamma noterar att maskin nio planar ut redan efter tjugo procent men detta är inte ett reellt problem då maskiner nio, tio och elva kan dela verktyg och är man bara medveten om detta kan man dela upp arbetsbördan mellan dessa på ett bättre sätt. Efter en ökning av fyrtio procent så börjar utnyttjandegraden att plana ut i ett antal maskiner. Dock så finns det en del maskiner som inte ens med en åttio procentig ökning av orderstorleken börjat plana ut. Det finns flera eventuella anledningar till detta. En är att vår cykeltid innefattar alla avvikelser som sker, alltså inte enbart den variation av cykeltiden som uppstår i och med att operatören ändrar denna. Exempelvis så har vi endast mätdata från hela skift och vet inte varför en maskin inte körde en liggande order just då. En annan faktor att beakta är att då produktionsvolymen ökar så ökar även variansen. Detta innebär som vi tidigare redogjort för i teorikapitlets avsnitt om push-pull att det inte alltid en fördel att öka produktionsvolymerna. För att maximera produktionstakten skall man försöka uppnå en så hög beläggning i flaskhalsen som möjligt, detta försvåras av en ökande varians vilket man bör ha i åtanke.

### 5.2.2 Operatörerna

Förutom maskinerna är en annan potentiell flaskhals att operatörerna inte hinner med att göra vad de ska. Det kan röra sig om att operatörerna ställer maskinerna i ett manuellt läge då maskinen endast kör en cykel för att sedan vänta på att operatören beordrar en ny cykel. Att detta läge ibland används kunde vi observera på plats i fabriken. Det finns anledning att misstänka att maskinerna står stilla under raster och exempelvis vid toalettbesök. Med en bättre framförhållning av operatörerna då de tömmer maskinens buffert skulle detta kunna undvikas. För att se om operatörerna utgör en flaskhals så har vi liksom i vår undersökning av maskinerna tittat på hur utnyttjandegraden av operatörerna varierar då orderstorlekarna successivt ökas. I figur

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

5-7 nedan så kan man se hur utnyttjandegraden av operatörerna varierar med orderstorleken. Man skall liksom i fallet med maskinutnyttjandegraden vara medveten om att helgerna finns med i den totala tiden som ligger till grund för den utnyttjandegraden som finns presenterad i figur 5-7. Den effektiva tiden för de olika operatörerna skiljer sig mellan dem, exempelvis jobbar inte operatör fem till sju under natten vilket sänker deras utnyttjandegrad.

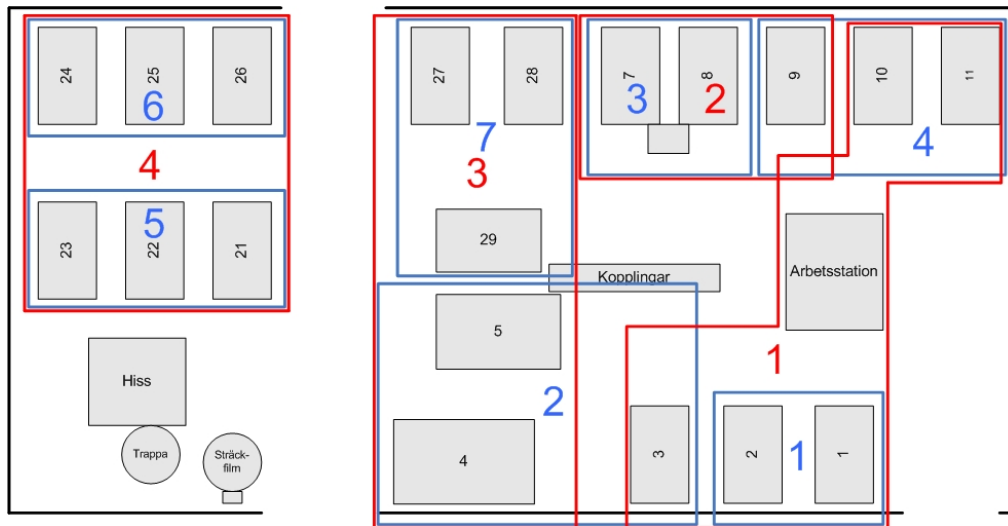


**Figur 5-7** Diagram över utnyttjandegraden på operatörerna.

Då vår mätning gjordes fanns det inte något fast schema för vilken operatör som stod vid vilken maskin. För att kunna simulera produktionen har vi försökt att fördela arbetsbördan mellan de olika operatörerna på ett rimligt vis. Hur denna fördelning är gjord framgår av figur 5-7. I figur 5-7 så är fördelningen för förmiddag och eftermiddagsskiftet utmärkt med blå markering samt fördelningen under natts skiftet markerade med röd färg. Anledningen till detta är att det normalt är sju operatörer i produktionslokalen och en som packar medan det på natten är fyra operatörer i produktionslokalen.



## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

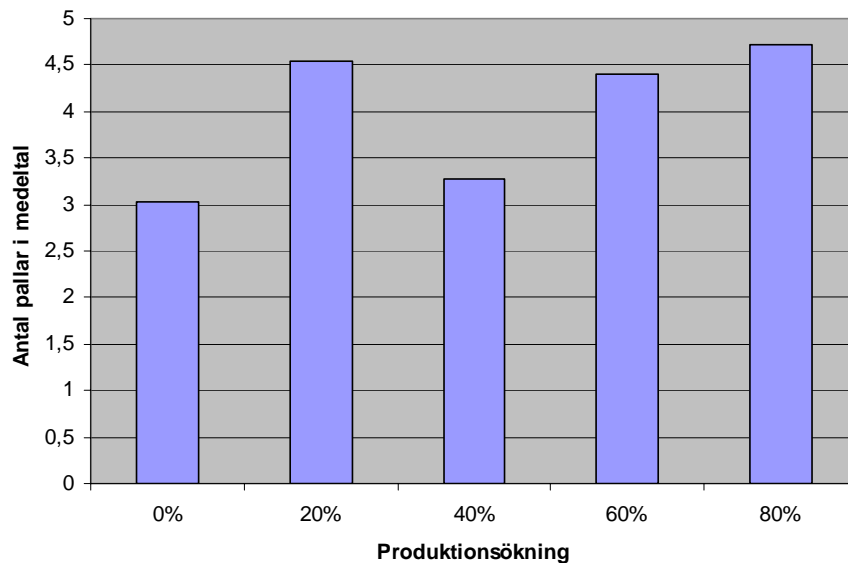


**Figur 5-8** Arbetsfördelningen mellan operatörerna.

Resultatet i figur 5-7 är ganska svårt att tolka av framförallt två anledningar. Dels så finns det vissa förenklingar i vår simuleringsmodell som kan påverka resultatet. Exempelvis så räknas det inte någon tid för operatörernas förflyttning mellan maskinerna då de skall tömma maskinen. I regel så är avstånden mellan maskinerna litet så vi tror att denna tid är försumbar. Den andra svårigheten i tolkningen av resultatet är att veta hur stor belastning en siffra i diagrammet motsvarar praktiskt. En operatör är ju ingen maskin och kan inte förväntas att stå och packa hundra procent av tiden. Vi tycker dock att toppvärdet på trettiofem procent inte borde utgöra en överdriven belastning, framförallt inte om man roterar mellan maskinerna som man gjorde när vi var där. Beträffande den personen som står och packar produkterna så verkar den vara en av de mera belastade personerna i produktionen. Dock så har personalen roterat mellan packen och att stå vid maskinerna tidigare så belastningen verkar inte vara orimlig. I vår modell så mäter vi endast på en persons belastning därför så blir inte arbetsbördan lika jämn som det skulle bli i det verkliga systemet på grund av rotationen. I vår modell så har vi valt att simulera verktygsbyttarna som en resurs med kapaciteten tre. Alltså finns det ingen uppdelning mellan vilken verktygsbyttare som gör vad och de kan byta tre verktyg samtidigt. I det här fallet så varierar inte belastningen alls för dem eftersom antalet ställ är konstant.

### 5.2.3 Ugnen

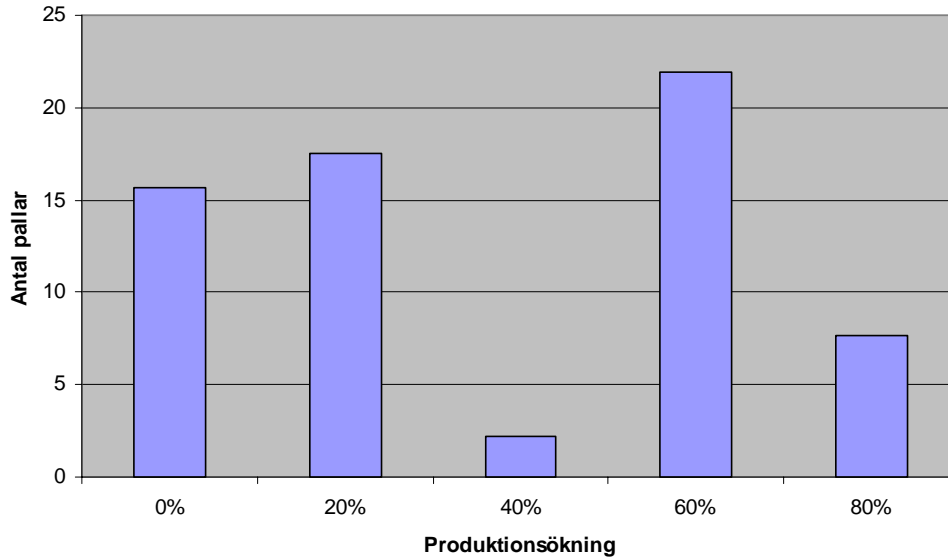
En av de stationerna som SCA redan från början misstänkte skulle kunna vara en flaskhals i flödet är ugnen. För att titta på detta så har vi valt att studera hur medelantalet pallar eller vagnar i ugnen varierar då produktionsvolymen ökar.



**Figur 5-9** Medelantalet pallar eller vagnar i ugnen.

Ur figur 5-9 kan man se att medelantalet pallar och vagnar i ugnen inte är speciellt stor. Vi har i simulering räknat med att ugnen rymmer 24 pallar eller vagnar. Efter diskussion med Joakim Regnander, planeringsansvarig på SCA Cellplast, beslöt vi oss för att plocka bort de artiklar som värmebehandlas. Anledningen till att vi valde att plocka bort dessa artiklar ur vår simulering var att de utgjorde en väldigt liten del av ordererna. Det finns två ugnar i fabriken i Värnamo men dessa körs i regel på samma temperatur. I och med att vi plockat bort de artiklarna som värmebehandlas så valde vi att simulera de två ugnarna som en, nämligen den som används vid torkning av artiklarna. När man tittar på medelvärdena i ugnen så kan man lätt tro att denna inte alls är en flaskhals i produktionsflödet. Tittar man däremot på hur många pallar eller vagnar som maximalt står i ugnen samtidigt så ser man att den i utgångsläget är fullbelagd vid något tillfälle. Därför har vi valt att även titta på hur kön framför ugnen varierar med produktionsvolymen.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



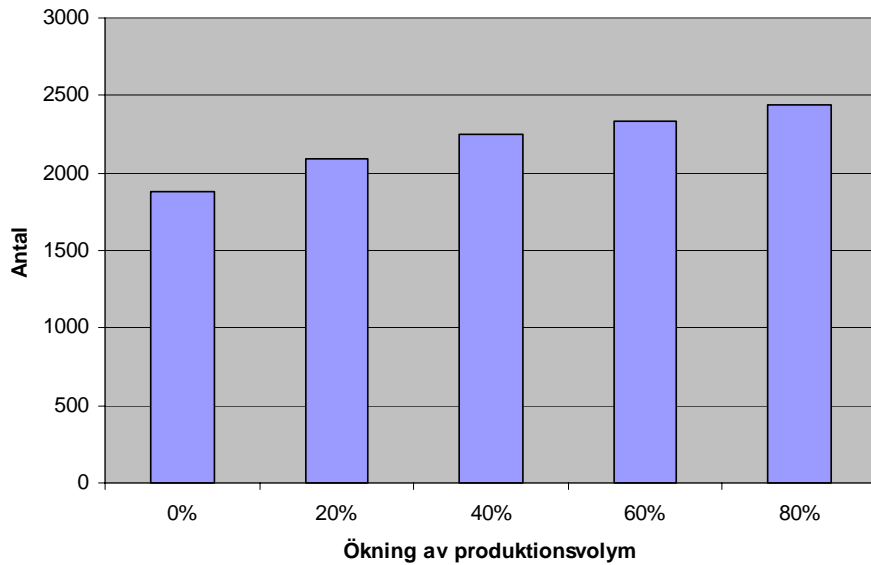
**Figur 5-10** Maximala antalet pallar eller vagnar i kön framför ugnen.

Staplarna i figur 5-10 kan te sig som ganska märkliga i och med att det finns mindre i kön vid körningarna med fyrtio och åttio procents produktionsökning. Detta är en effekt av vilka order som kommer samtidigt. Tidpunkterna som ordena körs blir lite annorlunda eftersom vi lägger ordena direkt efter varandra utan något glapp emellan. Det som framkommer är att ugnen potentiellt är en flaskhals men att det problemet kan avhjälpas med god produktionsplanering.

### 5.2.4 Lagret

När vi konstruerade vår simuleringsmodell så låg tonvikten på själva produktionen eftersom SCA Cellplast redan hade ett antal förbättringar som var på väg att införas på lagret. Detta tillsammans med det faktum att datahistoriken på ingående och utgående orders i lagret inte var komplett reducerade våra simuleringsmöjligheter något. Lagernivån är dock väldigt hög idag och man fyller alla vrår med pallar vilket i dagsläget nästan börjar bli en fara för de anställda. Dessutom bör man ta sig en funderare kring huruvida man inte bara döljer en massa problem i produktionen genom att ha en hög lagernivå enligt teorin kring japanska sjön. För att kunna simulera lagret så räknade vi ut att det i genomsnitt under november 2006 levererades 176 pallar per dag, detta har vi valt att köra som en konstant output från lagret eftersom allt annat vore spekulation och gissningar.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast



**Figur 5-11** Medellagernivån vid de olika produktionsvolymerna.

Figur 5-11 visar medellagernivån och den slutsats vi drar av att titta på den är att den reflekterar maskinernas begränsningar väl. Vid de första inkrementen stiger nivån med ca 300 pallar för att sedan rulla till ca 100 pallars ökning per steg. Notera att detta inte beror på en fysisk begränsning i lagret, det är nämligen oändligt stort i vår simulering. Problemen i lagerlokalen består till största del på produktionsproblematiken i form av långa serier och prognosfel.

### 5.3 Förändring av ställtider och orderstorlekar

En intressant sak att studera då man byggt upp en simuleringsmodell av ett produktionssystem är vilken förändring av utnyttjandegraden i maskinerna som uppträder då ställtiden ändras. För att undersöka detta så har vi gjort tio körningar för vart och ett av följande förändringar.

- **Halvering av ställtiden**  
Vi har helt enkelt halverat de ställtider som vi fick av SCA i vår simulering. En faktisk halvering av ställtiden skulle exempelvis kunna genomföras genom att bättre förbereda verktygsbyten och på så vis minska stilleståndstiden.
- **Dubbla antalet ställ d.v.s. dubbelt antal order men halva orderkvantiteten**  
I detta scenario har vi halverat orderkvantiteten men i gengäld dubblat antalet order. Rent praktiskt så har vi kört samma orderlista två gånger efter

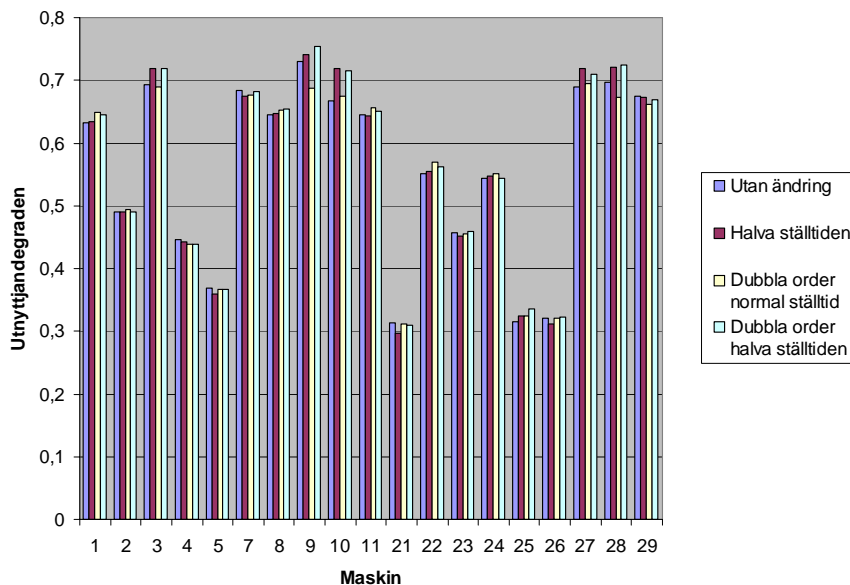
## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

varandra i simuleringen. Detta för att undersöka hur mycket utnyttjandegraden förändras då produktionsvolymen är oförändrad medan antalet ställ ökar. Fördelen med detta är att, som vi i teorikapitlets avsnitt om orderkvantitet berättat, är att omsättningslagret i teorin i detta fallet skulle halveras.

- **Dubbla antalet ställ som ovan men med halva ställtiden**

I detta scenario så har vi kombinerat de två tidigare scenarierna. Vi har både halverat ställtiden samtidigt som vi har dubblat antalet ställ. Om man skulle kunna producera på detta sätt skulle man kunna börja närma sig ett arbetssätt i enlighet med JIT-filosofin och börja jobba mer mot kundorder. Man skulle som nämntes i föregående scenario kunna halvera omsättningslagrets storlek samtidigt som man inte ökade stilleståndstiden jämfört med oförändrat läge.

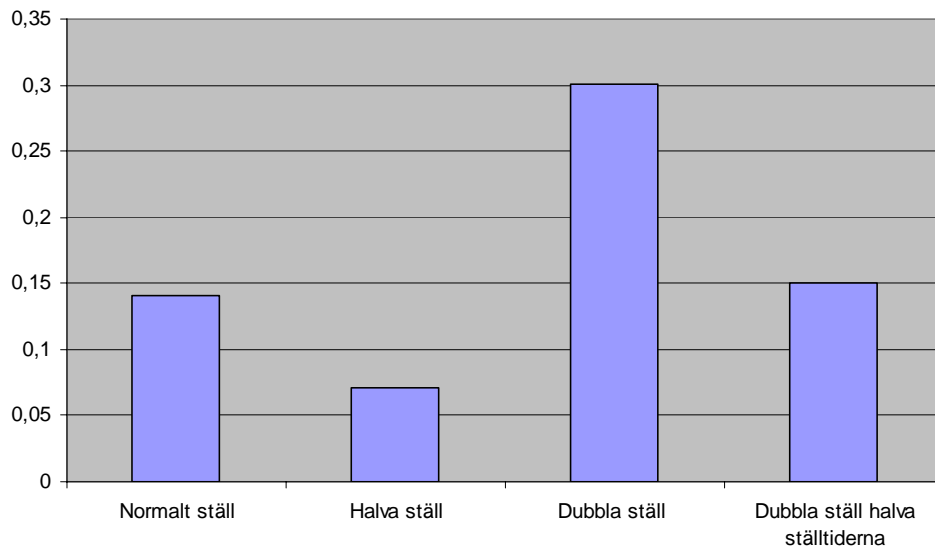
Vi har simulerat verktygsbytnarna som en resurs med kapaciteten tre så det finns endast en resurs att mäta på. Skillnaderna i utnyttjandegraden mellan de olika förändringarna är väldigt små eftersom ställtiden motsvarar en så kort tid av den totala körtiden. Dock så är det naturligtvis så att ställtiden i förhållande till körtiden för en order blir stor om ordena är små. Dessutom så ökar flexibiliteten markant om man minskar ställtiden eftersom man inte blir lika beroende av att köra stora orderstorlekar och då kan jobba mer mot kundorder istället för mot lager. För att få något utslag överhuvudtaget så har vi ökat orderstorleken med femtio procent samt lagt ordena direkt efter varandra då vi testat de olika scenarierna. Hade vi inte ökat volymen så hade det i princip i alla maskiner funnits så pass mycket ledig kapacitet att en ändring av ställtiderna inte hade gett något resultat.



Figur 5-12 Skillnaderna i utnyttjandegrad mellan de olika scenarierna.

## Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

Som man kan se i figur 5-12 så är det inga större skillnader mellan utfallen för de olika scenarierna. Detta beror som vi tidigare sagt att tiden för verktygsbytena i förhållande till den totala tiden är så liten.



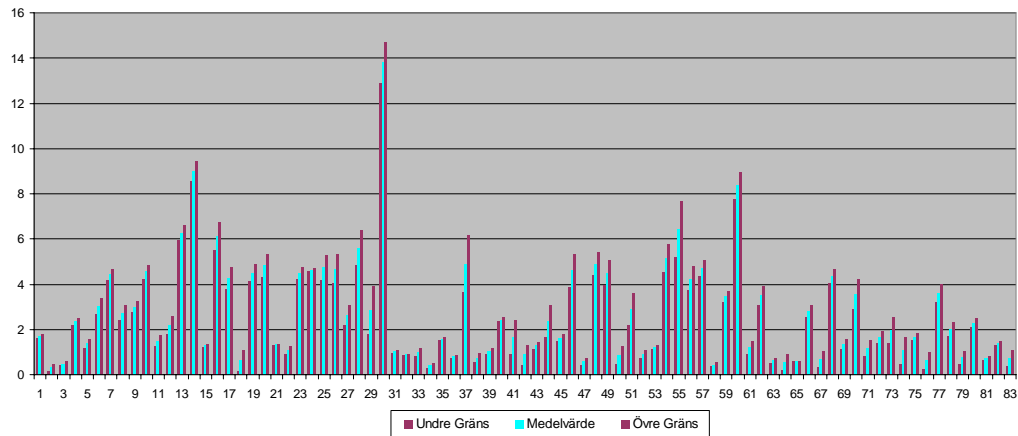
**Figur 5-13** Utnyttjandegraden på verktygsbytarna vid de olika scenarierna.

Som man kan se i figur 5-13 så är inte utnyttjandegraden av verktygsbytarna speciellt hög. Dock skall man ha i åtanke att vi endast räknar på tiden som går åt för att byta verktyg och inte de andra sysslorna som dessa troligtvis har i form av att serva verktygen. Detta innebär att det borde finnas god tid till att göra extern uppsättning istället för intern uppsättning.

Den största vinsten av att minska ställtiderna ligger i lagret. Med en halvering av batchstorlekarna och ställtiden så skulle rent teoretiskt omsättningslagrets storlek kunna halveras med en oförändrad servicenivå. Denna effekt har vi tyvärr inte kunnat verifiera med vår simulering eftersom vi inte haft tillgång till kundorderna. Det finns en rad saker som skulle kunna medföra att man inte skulle vinna speciellt mycket på en minskning av batchstorlekarna. Exempelvis att hela ordena skall levereras vid samma tillfälle och att dessa ligger i samma storleksordning som tillverkningsorderna är idag. I sådant fall så är vinsten i lagret minimalt.

## 5.4 Variansen i produktionen

En förutsättning för att man skall kunna jobba med ett pull-synsätt i sin produktion är att man inte har för stor varians i sin produktion. Ju större varians det finns i produktionen desto svårare blir den att planera. Vad som framförallt är intressant att titta på är hur produktionstiden för de individuella ordena kan variera.



**Figur 5-14** Diagram över konfidensintervallen för körtiden för de individuella ordena.

I figur 5-14 kan man se de 83 orders som producerades under november månad 2006 och deras konfidensintervall för produktionstiden ser ut. I vissa fall så kan man se att produktionstiden kan variera med så mycket som två dagar. Detta innebär naturligtvis att problem i planeringen uppstår. Det är enkelt att inse att man inte i regel vill ha en säkerhetstid på två dagar då man skall jobba mot lager enligt pull-principen. Detta skulle exempelvis kunna innebära ökade stilleståndstider i en maskin som utgör en trång sektor. Men den största risken är naturligtvis att man kan få en sänkt leveransprecision på grund av osäkerheten kring när en order blir klar.

## 6 Slutsatser

Syftet med examensarbetet var att undersöka hur SCA Cellplast skulle kunna öka sin produktionsvolym med åtminstone 15 %. Begränsningarna låg i att någon större förändring av layouten eller maskinparken inte var aktuell. Undersökningen har gjorts i form av en simuleringsstudie och vi skall i detta kapitel presentera vilka slutsatser som vi dra utifrån våra data.

### 6.1 Resultat

#### 6.1.1 Maskinerna

Då vi tittade på utnyttjandegraden av maskinerna så blev det uppenbart att någon generell kapacitetsbrist idag inte rådde. Vissa maskiner blir inte fullt utnyttjade ens med en åttio procentig produktionsökning. Dock så fanns det vissa maskiner som under den tiden som vi undersökte var ganska ansträngda redan vid tjugo procent och det kan vara intressant att titta på om vissa av dessa order skulle kunna flyttas till andra maskiner. Alternativet kan vara att öka antalet maskiner som kan använda samma verktyg som i de maskiner som idag är ansträngda. Detta skulle i dagsläget på grund av platsbristen kunna ske på bekostnad av de maskiner som idag har en låg utnyttjandegrad. Ur ett planeringsperspektiv så vore det önskvärt att se över om man inte skulle kunna hitta maskiner som är mera flexibla i vilka verktyg de kan använda. Detta skulle innebära att man kan jämna ut beläggningen över flera maskiner och inte riskerar att en av maskinerna bromsar den övriga produktion. Alltså är inte maskinkapaciteten i dagsläget en begränsning. Skulle man dessutom kunna få ner variansen i produktionen så skulle man kunna komma betydligt närmare en produktion i enlighet med den japanska produktionsfilosofin då man skulle få betydligt säkrare värden på den faktiska produktionstiden för en viss tillverkningsorder.

#### 6.1.2 Operatörerna

Det är ganska svårt att säga exakt hur mycket som är en rimlig arbetsbörda för operatörerna. Därför kan det vara svårt att dra några konkreta slutsatser utifrån våra data. Det tycks enligt vår åsikt inte föreligga någon kapacitetsbrist hos operatörerna förutom möjligtvis i packningsstationen där utnyttjandegraden ligger som högst. Det handlar mer om att man ser till så att alla avvikelser rapporteras och att man får en större medvetenhet om vilka problem som finns i produktionen. Idag har man inte speciellt bra koll på varför de ena dagen kanske producerar hälften så mycket i en maskin som dagen innan. Det är självklart svårt att rätta till problemen om man inte har kontroll över vilka problem som finns.



### 6.1.3 Ugnen

Kapacitetsbehovet i ugnen varierar kraftigt över tiden. Vid vissa tillfällen så har kön innan ugnen blivit lika stor som ugnens kapacitet. Därför är ugnen vid vissa specifika tillfällen en flaskhals. Vi anser att detta i grunden är en planeringsfråga och inte en fråga om kapacitetsbrist. Troligtvis skulle man kunna planera på så vis att inte allt för många order som skall torkas i ugnen körs samtidigt. Det skulle eventuellt kunna löna sig att bygga upp ett lager av någon artikel i förväg om sådan problematik skulle uppstå alternativt minska batcherna för att uppnå en större flexibilitet. Alternativet skulle vara att bygga ut eller investera i en ny ugn. Med tanke på den platsbrist som idag finns i fabriken så tror vi att det vore mycket mera rationellt att försöka som vi tidigare beskrev planera bort problemet. Detta eftersom problemet är under korta perioder och ugnens beläggning under den perioden som vi studerat varit väldigt varierande.

### 6.1.4 Ställtiderna

Om man enbart tittar på hur stor del av tiden som går åt till att byta verktyg i maskinerna så kan en förändring här te sig som ganska meningslös. Men om man önskar köra kortare serier så måste ställtiderna minskas och stabiliseras. Hur mycket en order kostar att köra och hur effektivt den producerar blir på grund av de långa ställtiderna för små order mycket större. Vi vet inte om man idag tar för små order eller inte men dessa skulle i alla fall löna sig mycket bättre om man kortade ner ställtiderna, precis som Wilsonformeln antyder. Det verkar idag finnas en stor osäkerhet i hur lång tid ett verktygsbyte tar och denna osäkerhet bidrar till den generella osäkerheten kring hur stora produktionstiderna faktiskt är. Om man inte lyckas med detta så kommer det att bli väldigt svårt att planera produktionen.

### 6.1.5 Lagret

Problemen som finns i lagret är att lagernivån ligger konstant högt. Detta beror i huvudsak på två saker. Dels att man i dagsläget på grund av de långa och varierande ställtiderna genererar stora orderstorlekar. Dels för att det är svårt att korrekt prognostisera efterfrågan för artiklarna som medför att man måste ha stora säkerhetslager. Problemen i lagret är ett symptom på produktionens problem med stora batcher och den allmänna osäkerheten gällande produktionstiderna. Vi har som vi tidigare skrivit inte haft möjlighet att simulera så mycket som vi egentligen skulle ha önskat. Det hade exempelvis varit intressant att titta på hur leveransprecisionen ser ut idag och hur denna hade förändrats i våra olika körningar och hur man eventuellt skulle kunna förbättra denna.

## 6.2 Slutsatser

Grundproblemet i produktionen på SCA Cellplasts fabrik i Värnamo är den stora osäkerhet som uppkommer på grund av den stora varians som finns. Det är idag svårt att veta då en order kan börja köras och ännu svårare att veta när den kan levereras. För att komma till rätta med denna stora variation så måste man börja dokumentera vad som händer och vilka fel och avvikelser som uppkommer. Någon sådan dokumentation verkar inte finnas idag dock så verkade detta senast vi var i Värnamo vara på gång. Utan kunskap om hur variansen och den följande osäkerheten uppkommer så kan man inte ta krafttag för att bli av med denna. Kommer man inte till rätta med den stora osäkerheten så kommer man även i framtiden att få väldigt svårt att planera sin produktion vilket leder till att man hela tiden måste hålla sig med stora säkerhetsmarginaler, både i fråga om tid och lager. Det som eventuellt ändå medför att man tyvärr måste hålla stora lagernivåer är de korta leddiderna som kunderna förväntar sig av SCA.

Ett annat problem är de långa ställtiderna och dess stora varians. Om möjligt bör man försöka standardisera förfarandet vid verktygsbyte så att man på ett effektivt och förutsägbart sätt kan utföra verktygsbytet. En minskning av ställtiderna skulle innebära att man kan vara mycket mera flexibel i sin planering. Ett avbrott i en order skulle inte få så stora konsekvenser som den idag får. Dessutom skulle man förhoppningsvis kunna minska lagernivåerna markant eftersom man inte skulle bli så beroende av att köra långa serier för att få ekonomi i produktionen.

Sammanfattningsvis anser vi att det är fullt möjligt att uppnå en femton procentig produktionsökning. De flaskhalsar som vi påvisat i analysen är möjliga att kringgå genom ökad dokumentation och en minskning av batchstorlekarna som i sin tur möjliggörs av kortare ställtider. Detta skulle slutligen innebära att man kan minska lagernivån och därmed kapitalbindningen.

## 7 Referenser

### 7.1 Litteratur

Alvesson M och Sköldberg K., (1994), *Tolkning och reflektion- vetenskapsfilosofi och kvalitativ metod*, Studentlitteratur, Lund

Aronsson H., Ekdahl B. och Oskarsson B., (2003) *Modern Logistik*, Liber, Malmö

Axsäter S., (1991), *Lagerstyrning*, Studentlitteratur, Lund

Banks J., Carson J., Nelson B., och Nicol D., (2000), *Discrete-Event System Simulation*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Tredje upplagan

Banks, J., (2004), *Getting Started With AutoMod™*, Brooks Automation, Chelmsford, Massachusetts

Bicheno J., (2004), *The New Lean Toolbox – Towards Fast, Flexible Flow*, PICSIE Books, Buckingham, UK

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

Hopp W. och Spearman M., (2000), *Factory Physics*, McGraw-Hill, New York, New York, Andra upplagan

Laguna M. och Marklund J., (2005), *Business Process Modelling, Simulation and Design*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey

Schary P. och Skjøtt-Larsen T., (2001), *Managing the Global Supply Chain*, Copenhagen Business School Press, Köpenhamn, Andra Upplagan

Wallén G., (1996), *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*, Studentlitteratur, Lund. Andra Upplagan

Simuleringsanalys för produktionshöjande åtgärder på SCA Cellplast

## **7.2 Muntliga källor**

Intervju under vecka 5 2007 med Magnus Carlsson, GM, SCA Cellplast

Intervju under vecka 5 2007 med Björn Lindén, SCA Cellplast

Intervju under vecka 5 2007 med Patrik Ljungdahl, Produktionschef, SCA Cellplast

Intervju under vecka 5 2007 med Joakim Regnander, Planeringschef, SCA Cellplast

## **7.3 Artiklar**

Johansson O., (2006), *Towards a model for managing uncertainty in logistics operations – A simulation modelling perspective*, Media-Tryck, Lund