



**CHALMERS**

# **Effektivisering av produktionsflöde hos AB Formplast**

En beskrivning av nuvarande tillstånd och förbättringsförslag för produktionsflödet på ett plastformningsföretag

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Ekonomi och Produktionsteknik

HERMAN HALLIN ANDRÉN  
OLLE RUNESSON

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR INNOVATION AND R&D MANAGEMENT**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2023  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)  
Rapportnummer E2023:043



Rapportnummer E2023:043

# **Effektivisering av produktionsflöde hos AB Formplast**

En beskrivning av nuvarande tillstånd och förbättringsförslag för  
produktionsflödet på ett plastformningsföretag

HERMAN HALLIN ANDRÉN  
OLLE RUNESSON

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
Avdelning för Innovation and R&D Management  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2023

Effektivisering av produktionsflöde hos AB Formplast  
En beskrivning av nuvarande tillstånd och förbättringsförslag för produktionsflödet på ett  
plastformningsföretag

HERMAN HALLIN ANDRÉN  
OLLE RUNESSON

© HERMAN HALLIN ANDRÉN, 2023  
© OLLE RUNESSON, 2023

Rapportnummer E2023:043  
Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2023

## FÖRORD

Detta examensarbete genomfördes under vårterminen 2023 på företaget AB Formplast med omfattningen 15 hp. Examensarbetet är en avslutande del på utbildningen Ekonomi och Produktionsteknik på Chalmers tekniska högskola.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare på Chalmers, Johannes Berglind Söderqvist och Lars Trygg som hjälpt och stöttat oss under hela arbetets gång. Den vägledning och expertis ni bidragit med har varit helt avgörande för rapporten.

Vi vill även rikta ett stort tack till William Larsson, vår handledare på AB Formplast som har hjälpt oss under arbetets gång och stöttat oss under genomförandet. Slutligen vill vi tacka Joakim, Niklas, Maria, Mikael, Johnny med flera på AB Formplast som tålmodigt tog sig tid för att svara på frågor och vägleda oss genom arbetet. Utan er hjälp hade arbetet inte gått att genomföra, och tack vare ert engagemang och expertis har det varit ett rent nöje att vara på AB Formplast.



Göteborg, Sverige 2023

Effektivisering av produktionsflöde hos AB Formplast

En beskrivning av nuvarande tillstånd och förbättringsförslag för produktionsflödet på ett plastformningsföretag

HERMAN HALLIN ANDRÉN

OLLE RUNESSON

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

AB Formplast är ett plastformningsföretag som tillverkar produkter till fordon, hushållsteknik och andra maskiner. Deras stora produktsortiment leder till en komplex produktionsplanering. För att säkerställa sin konkurrenskraft jobbar företaget ständigt med att effektivisera verksamheten. AB Formplast har också haft problem med att för- och efterkalkylerna ofta skiljer sig åt, trots ett standardiserat kalkylförfarande. Produkterna är i regel dyrare att producera än vad som är planerat. Rapporten avgränsades till en produkt, Kåpan, eftersom den ansågs vara representativ för företagets andra produkter och särskilt viktig för verksamheten. Rapportens syfte är därför att identifiera orsaker till skillnaden mellan för- och efterkalkyl samt undersöka möjligheter för hur Kåpans produktionsflöde kan effektiviseras.

För att uppnå syftet genomfördes en fallstudie på AB Formplast. Rapporten innefattar både en litteraturstudie och en empirisk studie. Deras produktion utgörs av vakuumformning, fräsning och, för vissa produkter, montering. Vid kartläggning av nuvarande tillstånd har en värdeflödesanalys genomförts och jämförelse av olika tillverkningsomgångar har utförts. För att effektivisera produktionsflödet för Kåpan har verktyg från lean production och ekonomisk orderkvantitet (EOQ) implementerats. Utfallet från tidigare batcher analyserades. Påläggskalkyl användes för att beräkna och dela upp kostnader.

Resultatet belyste orsaker till skillnaden mellan för- och efterkalkyl samt ineffektiviteter i produktionsflödet. Rapporten avslutas med resultatdiskussion där åtgärder till identifierade problem föreslås och diskuteras. Åtgärderna syftar till att skapa stabilare processer och effektivisera Kåpans produktionsflöde. Olika rekommendationer till AB Formplast har föreslagits för att åtgärda de problemområden som ansågs vara viktigast. Kåpan bör produceras i större batcher i ett kontinuerligt flöde mellan vakuumformning och fräs. Förbättringar för Kåpan, och liknande högvolymprodukter, bör prioriteras på grund av dess stora påverkan på intäkter och produktionsstörningar. Arbets sättet för processerna i produktionsflödet bör dessutom standardiseras.

Nyckelord: Värdeflöde, Produktionsflöde, Produktionsplanering, EOQ, Lean Production,



Gothenburg, Sweden 2023

Streamlining of production flow at AB Formplast

A description of the current state and improvement suggestions for the production flow at a plastic molding company

HERMAN HALLIN ANDRÉN

OLLE RUNESSON

Institution of Technology Management and Economics

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

AB Formplast is a plastic molding company that manufactures products for vehicles, household appliances, and other machinery. The wide range of products results in complex production planning. To ensure competitiveness, the company constantly works on streamlining its operations. AB Formplast has also faced issues where the pre- and post-cost estimates often differ, despite a standardized calculation procedure. Products are in general more expensive to produce than planned. The report was limited to focus on one product, Kåpan, as it was considered representative of the company's other products and crucial to the business. Therefore, the purpose of the report is to identify the causes of the discrepancy between pre- and post-cost estimations and explore possibilities to streamline the production flow of Kåpan.

To achieve the purpose, a case study was conducted at AB Formplast. The report includes both a literature review and an empirical study. The production process involves vacuum forming, milling, and, for some products, assembly. To assess the current state, a value stream mapping was performed, and a comparison of different batches was conducted. To streamline the production flow of Kåpan, tools from lean production and economic order quantity (EOQ) were implemented. Performance of previous batches was analyzed. Self-cost calculation was used to estimate and allocate costs.

The result highlighted the causes for the discrepancy between the pre- and post-calculation as well as inefficiencies in the production flow. The report concludes with a discussion of the findings, suggesting measures to address the identified problems. The proposed actions aim to create more stable processes and streamline the production flow of Kåpan. Various recommendations have been proposed to AB Formplast to address the most crucial areas of concern. It is recommended that Kåpan be produced in larger batches in a continuous flow between vacuum forming and milling. Improvements for Kåpan, and similar high-volume products, should be prioritized due to its big impact on revenue and production disruptions. Additionally, the work methods for the processes in the production flow should be standardized.

Keywords: Value Stream, Production Flow, Production Planning, EOQ, Lean Production.



# Innehållsförteckning

1. Inledning .....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte .....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Frågeställning.....	2
2. AB Formplast.....	3
2.1 Bransch .....	3
2.2 Finansiell historia och bolagsstruktur .....	3
2.3 Flöde .....	5
3. Metod .....	10
3.1 Litteraturstudier.....	10
3.2 Empiri .....	10
3.2.1 Forskningsmetoder.....	10
3.2.2 Datainsamlingsmetoder.....	11
3.2.3 Värdeflödesanalys.....	12
3.2.4 Kostnadsberäkningar.....	12
3.3 Diskussion och rekommendationer.....	12
3.4 Metodreflektion.....	13
3.4.1 Källkritik.....	13
3.4.2 Validitet.....	14
3.4.3 Reliabilitet.....	14
4. Teori.....	15
4.1 Värdeflödesanalys.....	15
4.1.1 Nuvarande Tillstånd.....	16
4.1.2 Framtida Tillstånd.....	18
4.1.3 Lean Production .....	19
4.1.3.1 7+1 Slöserier (Muda).....	19
4.1.3.2 Standardiserat arbetssätt.....	20
4.2 Ekonomisk orderkvantitet.....	21
4.2.1 Ställkostnad.....	22
4.2.2 Lagerhållningskostnad .....	23
4.2.3 Totalkostnad och optimering .....	23

4.2.4	Diskussion om tillämpning .....	25
4.3	Påläggskalkyl .....	25
4.3.1	Kostnadskategorier .....	26
4.3.2	Fördelningsnycklar och pålägg .....	27
4.4	Sammanfattning Teori .....	27
5.	Resultat & Analys .....	29
5.1	Värdeflödesanalys .....	29
5.1.1	Kartläggning från Kund till Inleverans .....	30
5.1.2	Kartläggning av Råvarulager och Vakuumformning.....	31
5.1.3	Kartläggning av Mellanlager .....	32
5.1.4	Kartläggning från Fräsning till Utleverans .....	33
5.1.5	Färdigställd Värdeflödesanalys.....	34
5.2	Variationen i produktionen .....	36
5.2.1	Jämförelse av tillverkningsomgångar .....	36
5.2.2	Standardiserat arbetsätt.....	40
5.2.3	Mellanlagrets struktur och ordning .....	41
5.3	Batchutformning .....	42
5.3.1	Ställkostnad och rörlig kostnad.....	42
5.3.2	Nuvarande tillstånd .....	44
5.3.3	Ekonomisk orderkvantitet.....	46
5.4	Sammanfattning Resultat & Analys.....	50
6.	Diskussion.....	52
6.1	Metoddiskussion .....	52
6.2	Resultatdiskussion.....	53
6.2.1	Ojämna Processer.....	53
6.2.2	Batchutformning .....	54
6.2.3	Slöserier .....	55
7.	Slutsats & Rekommendationer .....	57
7.1	Slutsats .....	57
7.2	Rekommendationer .....	57
7.3	Fortsatta studier.....	58
	Referenslista.....	59
	Bilagor.....	61



## Begreppslista

Batch	En batch refererar till en grupp objekt eller enheter som tillverkas eller behandlas samtidigt. Det kan vara ett antal produkter eller material som bearbetas eller produceras i en tillverkningsomgång innan man går vidare till nästa omgång. Batch är även känt som parti.
CAD	CAD står för Computer-Aided Design och syftar på användningen av datorprogram för att skapa, modifiera och analysera digitala ritningar och modeller för design av produkter.
CNC-maskin	CNC står för Computer Numerical Control och är en typ av maskin som styrs av datorer och används för att bearbeta material. CNC-maskiner kan utföra olika typer av uppgifter som skärning, borrar, fräsning och slipning med hög precision och upprepbarhet.
Cykeltid	Cykeltid avser den tid det tar att slutföra en fullständig cykel av en operation eller process. Det kan vara den tid det tar att producera en produkt från start till slut, eller tiden det tar att genomföra en specifik uppgift eller arbetsmoment.
ERP-system	ERP står för Enterprise Resource Planning och är en programvara eller system som integrerar och hanterar olika affärsfunktioner och processer inom en organisation. Det kan omfatta områden som produktion, lagerhantering, inköp, försäljning, ekonomi och personalhantering.
Extrusion	Extrusion är en tillverkningsprocess där ett material pressas genom en form för att skapa en kontinuerlig profil, till exempel plaststrängar, rör, profiler eller plattor. Extrusion används ofta inom industriell tillverkning för att forma material med likformig tvärsnittsform.
Fixtur/verktyg	En fixtur eller ett verktyg är en anordning som används för att hålla, stödja eller positionera arbetsstycken eller verktyg under en tillverkningsprocess. Fixturer och verktyg används för att säkerställa korrekt placering, noggrannhet och stabilitet vid bearbetning, montering eller inspektion av produkter.
HMLV	HMLV står för High-Mix Low-Volume och avser en typ av produktion där en stor variation av produkter tillverkas i relativt små volymer.

Kalkyl	Kalkyl är ett begrepp som används inom olika sammanhang, men vanligtvis hänvisar det till en beräkning eller en bedömning av ekonomiska eller numeriska värden. Det kan innefatta att uppskatta kostnader, intäkter, vinster eller andra kvantitativa faktorer för att göra en bedömning, värdering eller fatta beslut.
Ledtid	Ledtid är den totala tiden det tar från start till slut för att slutföra en process, tillverkning eller leverans av en produkt eller tjänst.
Liggtid	Liggtid hänvisar till den tid som en produkt eller material lagerhålls.
Produktionsflöde	Produktionsflöde avser ordningen och sekvensen av aktiviteter och processer i en produktionslinje eller produktionssystem. Det innefattar rörelse av material, arbetskraft och information mellan olika arbetsstationer och avdelningar.
Ställkostnad	Ställkostnad, även känd som omställningskostnad, avser kostnaden för att byta från att producera en produkt eller en produktvariant till att producera en annan. Det kan inkludera kostnader för att byta maskinverktyg, justera maskiner, utbildning av personal och eventuella produktionsstopp eller förlorad produktion under omställningen.

# 1. Inledning

Följande avsnitt ger läsaren en bakgrund till AB Formplasts verksamhet hos AB Formplast vilket följs av rapportens syfte. Avgränsningar för arbetet och de definierade centrala frågeställningarna presenteras.

## 1.1 Bakgrund

I dagens konkurrensutsatta affärsvärld strävar företag efter effektivitet i sina verksamheter oavsett storlek och bransch. Effektivisering är en central målsättning för organisationer, och möjliggör kostnadsminskningar och ökad konkurrenskraft. Detta gäller även för AB Formplast, ett medelstort plastformningsföretag från Skåne. AB Formplast grundades 1955 i Broby och är ett företag inom Calix Klippan gruppen. Calix Klippan arbetar främst med plastformning i olika format. AB Formplast ägnar sig huvudsakligen åt vakuumformning, fräsning och montering av plastdetaljer. Vanliga kunder är tillverkare av tunga och lätta fordon, hushållsteknik och andra maskiner. Vakuumformade detaljer figurerar ofta som kåpor, skyltar, distanser och andra komponenter som kräver en viss yttextur.

AB Formplast får tillverkningsförfrågan av produkter med tekniska specifikationer, ofta framtagna i samråd med AB Formplast. AB Formplast svarar med en offert, vilken har föregåtts av en kalkyl. Kalkylen beräknar vad det kostar att tillverka produkten, samt ett rekommenderat pris som inkluderar olika pålägg och vinst. Kalkylen beskriver kostnader i form av material-, personal-, maskin-, ställ och påläggskostnader i processen kopplade till produkten. Utifrån kalkylen sätts ett pris som gäller för en viss period. Komponenterna som produceras är specialanpassade till kund. Första steget i flödet är att plastplattor av specificerad kulör och yta köps in och lagras i originalförpackning i råvarulagret för att undvika fukt och ytdefekter. Dessa formas sedan med hjälp av vakuum över ett formningsverktyg som ger detaljen önskad form. I väntan på tillgänglig kapacitet mellanlagras de formade produkterna på pall. En CNC-maskin används för att fräsa bort material och forma komponenten till önskad storlek och form. Därefter gradas ytan för att ge produkten den slutliga ytan. Vissa komponenter skall även monteras, och alla packas i pall för att skickas till kund. Färdigförädlade produkter lagras i färdigvarulager innan transport.

AB Formplasts bransch präglas av hög variation och låga volymer. Som en följd av detta planeras inte all produktion efter en speciell taktid, eftersom den varierar för varje produkt. Planeringen av materialflödet är därför komplex. På grund av detta, och att maskinerna ställs om mellan varje produktvariant, blir ledtiderna längre och mer varierade. Eftersom variationen av produkter är stor, figurerar dessutom flera olika produkter i tillverkningen samtidigt. Detta bidrar också till att produkter som genomgått en del av förädlingskedjan måste lagras i väntan på ledig kapacitet i nästa process.

För att kompensera för ställkostnaderna tillverkas större batcher vilket medför färre ställ. Reducering av ställkostnad ställs dock mot ökad lagerhållningskostnad. Vid tillverkning av större batchstorlekar ökar behovet av lagerhållning eftersom en större del av efterfrågan tillverkas vid

samma tillfälle. Det finns i dagsläget ingen fastställd strategi för att balansera ställ- och lagerhållningskostnader och därför varierar storleken på batcherna mellan tillverkningsomgångar.

Efter tillverkning genomförs en efterkalkyl där de verkliga kostnaderna mäts. Det har visat sig att kostnaderna som beräknas i förkalkylen ofta skiljer sig mot de som mäts upp i efterkalkylen trots ett standardiserat kalkylförfarande. Produktionskostnaderna för samma produkt kan också variera mellan tillverkningsomgångar. Situationen i produktionen är komplex och kännedomen om exakt vilka störningar som orsakar variation i kostnad mellan olika produktionstillfällen är begränsad. När kostnaderna för produktionen blir högre än beräknat försämras vinstmarginalen för produkten. Rapporten undersöker en produkt som AB Formplast tillverkar vilken hädanefter benämns Kåpan. Kåpan har tidigare tillverkats i volymer som är typiska för branschen men under de senaste åren har efterfrågan på Kåpan ökat markant. Denna produkt har på kort tid kommit att utgöra en betydande del av AB Formplasts intäkter. I samband med att produkten utgör en större del av omsättningen ökar betydelsen av att för- och efterkalkyl stämmer överens med varandra samt att tillverkningen utförs på ett effektivt sätt.

## 1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att identifiera vad som orsakar skillnader mellan för- och efterkalkyler och undersöka hur produktionsflödet kan effektiviseras för Kåpan. Slutligen syftar rapporten till att ge en rekommendation till hur Kåpan kan produceras för att minska variationen i kostnader samt öka effektiviteten.

## 1.3 Avgränsningar

Denna rapport har som syfte att analysera och utvärdera produktionsflödet av Kåpan. För att göra detta på ett effektivt och tydligt sätt har rapporten avgränsats till att inte behandla andra produkter. Valet av just Kåpan grundar sig i att den säljs i hög volym och således är en viktig produkt för AB Formplast. Produkten anses dessutom representativ gällande tillverkningsmetod för många andra produkter som företaget tillverkar. Vidare kommer layout, val av produktions teknik, inköp och montering inte att behandlas. Dessa aspekter anses inte vara centrala för rapportens frågeställning och syfte, och skulle kräva en mer omfattande och djupgående undersökning än vad som är möjligt inom ramen för denna rapport.

## 1.4 Frågeställning

För att rapportens syfte ska uppnås definieras följande frågeställningar som utgår från rapportens bakgrund och syfte.

1. Vad orsakar skillnaden mellan för- och efterkalkyl för Kåpan?
2. Hur kan produktionsflödet effektiviseras för Kåpan?

## 2. AB Formplast

Följande kapitel beskriver AB Formplast på ett mer detaljerat vis. En bakgrund av branschen och företagets finansiella historia följs av en ingående beskrivning av företaget produktionsflöde. Informationen nedan är baserad på intervjuer med sakkunniga från AB Formplast och observationer.

### 2.1 Bransch

AB Formplast är ett företag som tillverkar plastartiklar genom vakuumformning och tryckformning. Företaget grundades 1955 och var pionjärer i Sverige inom vakuumformning som tillverknings teknik. De ingår i koncernen Calix Klippan AB som bedriver verksamhet inom flera olika industrier. Deras kontor och produktion är beläget i Broby i Skåne län. AB Formplast levererar kompletta produkter genom efterbearbetning i CNC-styrda fräsar och genom montering av komponenter i de formade detaljerna. Företaget har kunder inom olika branscher, såsom fordonsindustri, medicinteknik, byggindustri och förpackningsindustri.

Vakuumformning som tillverkningsmetod är en snabb, kostnadseffektiv och anpassningsbar metod för tillverkning av plastprodukter. Detta medför vissa typiska kännetecken för branschen. Metoden har en låg initialinvestering gällande verktyg, material och bearbetning och är således av stor användning vid tillverkning i mindre serier. Det materialspill som uppkommer i produktionen kan i regel säljas tillbaka till leverantör vilket är gynnsamt ur ett hållbarhetsperspektiv. Vakuumformning är passande för olika typer av industrier, exempelvis kåpor till maskinindustrin, hytt och karosseridetaljer till olika fordon samt lampkupor för belysningsindustrin. Tillverkningsmetoden är också lämpad för snabb framtagning av prototyper och utfallsprover.

Vakuumformningsbranschen står inför ökad konkurrens från andra tillverkningsmetoder, såsom 3D-printing och formsprutning, som kan erbjuda mer komplexa och skräddarsydda produkter till lägre kostnader. Branschen står också inför prispress och minskade marginaler på grund av globalisering och ökad konkurrens.

### 2.2 Finansiell historia och bolagsstruktur

AB Formplasts omsättning och vinst har utvecklats på följande sätt under de senaste åren:

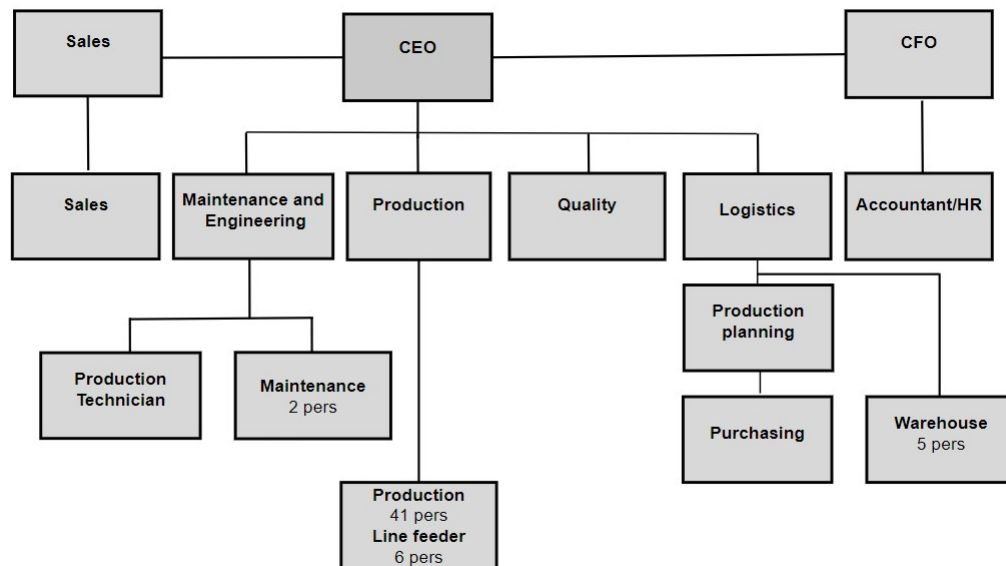
År	Omsättning (tkr)	Vinst (tkr)	Vinstmarginal (%)
2022	116 717	9 530	8,17
2021	73 315	-5 102	-6,96

2020	41 908	-9 453	-22,56
2019	52 717	2 600	4,93
2018	53 170	-10 423	-19,60
2017	53 877	-1 446	-2,68

Tabell 2.1: Ekonomiska resultat för AB Formplast, 2017–2022.

De senaste årens vinstmarginal har varierat mycket. Fyra av sex redovisade år hade AB Formplast en negativ vinstmarginal. Under 2020 gick bolaget som mest med förlust. Under 2021 ökade omsättningen markant och vinstmarginalen förbättrades. Trots den ökade omsättningen under 2021 gick företaget ändå med förlust. Förlusten var dock avsevärt mindre än föregående år. Under 2022 fortsatte trenden med ökad omsättning. I samband med detta förbättrades vinsten och vinstmarginalen markant och AB Formplast redovisade ett positivt resultat.

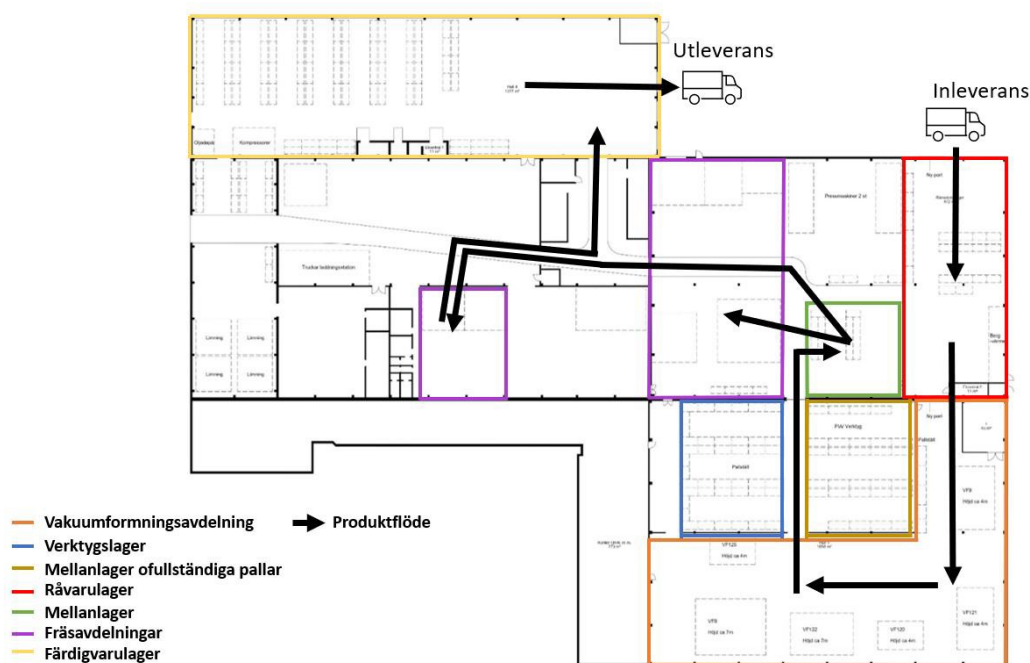
Figur 2.1 nedan visar AB Formplasts organisationsschema.



Figur 2.1: Organisationsschema på AB Formplast.

## 2.3 Flöde

Företaget har en funktionell layout i sin fabrik, vilket innebär att maskiner och utrustning är grupperade efter funktion eller process. Detta gör det möjligt att till högre grad utnyttja maskinernas kapacitet och flexibilitet på ett effektivt sätt (Bergman & Klefsjö, 2010). Produkterna som tillverkas av AB Formplast följer en viss väg i fabriken beroende på vilken metod och vilket material som används. För Kåpan ser en typisk rutt genom fabriken på AB formplast enligt figur 2.2 nedan:



Figur 2.2: Materialflödeskarta för Kåpan.

AB Formplast opererar i en bransch som kännetecknas av en bred produktmix och låga volymer, HMLV. De tillverkar alltså många olika produkter, de flesta i förhållandevis små serier. En typisk produkt tillverkas i serier på ungefär 500 exemplar om året men det är även vanligt med serier på omkring 50 exemplar årligen. Vissa produkter produceras i större volymer på tusentals exemplar om året. Kåpan tillverkades i ungefär 9 000 exemplar under 2022. Den tillverkas alltså i förhållandevis stora volymer.

Produktionen av Kåpan börjar med att AB Formplast får in en order i Monitor ERP-system. Monitor är ett affärssystem som är framtaget för tillverkande företag och det hanterar hela försäljningsprocessen från offerter till fakturering. När AB Formplast får en order från kund registreras den i Monitor. Placerade ordrar läggs in i en produktionsplanering som skickas till operatörerna genom Monitor. I produktionsplaneringen bestäms när och hur mycket som ska produceras av Kåpan för att täcka efterfrågan. Prissättning sker inte vid varje individuell kundorder utan görs för längre perioder, ofta årsvis. Prissättningen sker med hjälp av en självkostnadskal-

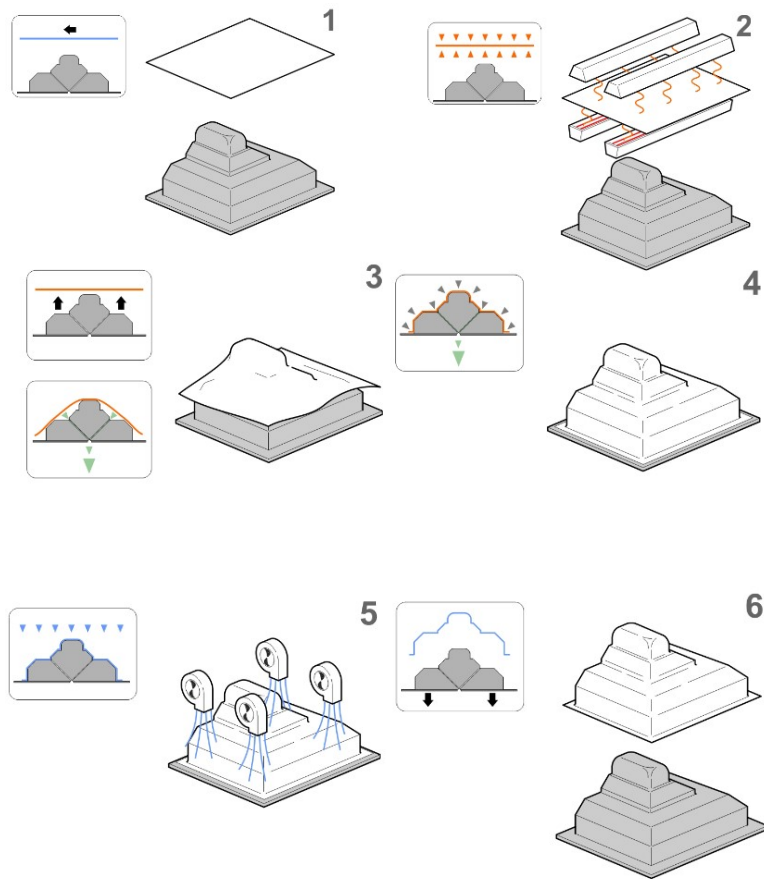
kyl, vilket innebär att samtliga kostnaderna förknippade med Kåpan beräknas. De olika produktionskostnaderna uppskattas baserat på tidigare tillverkningsomgångar och uträknade cykeltider. Utefter det bestäms ett pris som ska inkludera en vinstmarginal. När ordern är registrerad skapas en kundorder i systemet som är kopplad till ordern. Affärssystemet ger ett förslag på lämplig tillverkning och produktionsplaneraren tar därefter beslut om när produktionen ska starta.

Materialflöde är rörelsen av material från en plats till en annan i en tillverkningsprocess (Bergman & Klefsjö, 2010). Materialflödet omfattar både råmaterial, halvfabrikat och färdiga produkter samt avfall och returerna. Materialflödet i produktionen för Kåpan på AB Formplast illustreras i figur 2.3 nedan.



Figur 2.3: Processkarta över Kåpans produktionsflöde.

Plastskivan som används för vakuumformning tillverkas genom extrusion och dess dimensioner, kvalitet, kulör, yttextur med mera specificeras för att passa Kåpan. AB Formplast köper in dessa plastskivor. Ibland kan samma typ av platta användas till olika artiklar men ofta krävs en specifik platta för varje artikel. Råmaterialet köps inte in inför varje batch utan i större ordrar för att sedan lagras i råvarulager, alternativt hos leverantören, innan tillverkning. Ramen som håller plastskivan på plats är av metall. För produkter med liknande dimensioner och egenskaper kan samma ram användas men ofta behöver den bytas när maskinen ska ställas om till att tillverka en ny produkt. Uppvärmningen sker med hjälp av infraröda värmare som är placerade ovanför och/eller under ramen. Uppvärmningstiden beror på plastens tjocklek, kvalitet, vilken temperatur som ska uppnås och vakuumformningsmaskinens uppvärmningskapacitet. Innan tillverkningen kan starta måste vakuumformningsmaskinen ställas in till de specifikationer som gäller för Kåpan. Nedan illustreras de ingående stegen i en vakuumformningsprocess.



Figur 2.4: Vakuumformningsprocessen.

En plastplatta med produktspecifika egenskaper matas in i vakuumformningsmaskinen (1). Plastplattan värms upp för att bli mer lättformlig och för att kunna passa verktygets form så bra som möjligt (2). Verktyget kan vara av trä, aluminium eller annat material som tål värme och tryck. Verktyget trycks upp i plastplattan (3). Verktyget har hål för att suga ut luften mellan plasten och verktyget, luften sugas ut från utrymmet mellan verktyg och material med hjälp av en vakuumpump. Plasten dras in mot verktygets ytor och formas efter dess struktur. När luften sugas ut genom verktyget pressas plasten mot verktygets ytor och antar samma form som verktyget (4). Produkten kyls sedan av för att stelna (5). Därefter separeras produkten från formen och produkten är vakuumformad (6). Vakuumformningsmaskinen behöver inte startas upp inför varje cykel av en operatör utan tillverkar hela batchen nästan automatiskt. Vakuumformningsmaskinen fortsätter att tillverka i samma takt så länge material finns att tillgå.



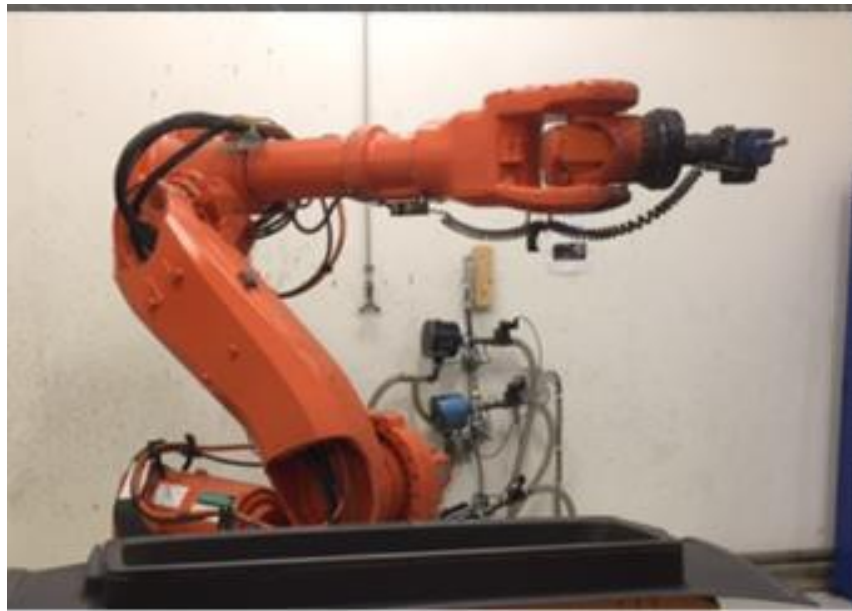
*Figur 2.5: Vakuumformningsmaskin.*

När vakuumformningsmaskinerna ställs om mellan olika produktvarianter uppstår variation i inställningar och värme i början av varje tillverkningsomgång. Därför blir det sällan rätt form och yta på de första artiklarna. Därmed tillkommer det i varje tillverkningsomgång några kassationer i början. Beroende på den producerade produktens dimensioner finns det ibland möjlighet att få ut flera produkter från samma plastplatta genom en så kallad dubbelfixtur. Kåpan produceras i två exemplar per cykel. Efter vakuumformning sågas en del av det oformade materialet bort med hjälp av en bandsåg när Kåpan är sval nog att hanteras av personal. Detta görs för att verktyget på fräsen skall komma åt alla punkter på detaljen. Det överblivna materialet samlas ihop och säljs sedan tillbaka till leverantör för att återvinnas. Termoplaster kan smältas ner och blandas med i framtida leveranser med plastskivor. Efter att produkten är vakuumformad och onödigt material sågats bort packas det på pall av operatörer för att förvaras på mellanlager tills fräsning ska ske.



*Figur 2.6: Ofullständig pall och PIA lager.*

I vissa fall är produkten färdig efter vakuumformningen, men i andra fall behöver den ytterligare bearbetning för att få rätt mått, utseende eller funktion. Kåpan går igenom CNC-fräsning. Efter att Kåpan ritats upp i ett CAD-program är det möjligt att med precision fräsa bort önskat material. För att få ett bra resultat måste rätt material, skärverktyg och parametrar väljas för produkten. För Kåpan innefattar fräsprocessen att en operatör matar in den vakuumformade produkten i fräsen och fäster den mot en fixtur. Därefter startar operatören fräsprogrammet manuellt till skillnad från vakuumformning som startar nästa cykel per automatik. För Kåpan skärs kanter bort och hål borras. När programmet är klart tar operatören bort den färdigfrästa produkten från fixturen och blåser rent fräsmaskinen från spån. Nästa produkt är då redo att fräsas.



*Figur 2.7: Fräsmaskin.*

Därefter gradar operatören detaljen för att ta bort vassa kanter samt blåser rent produkten med tryckluft. Färdiga produkter packas enligt kundönskemål i pall med skumfilm mellan produkterna. Om produkten inte kan gå direkt från fräs till utleverans lagerhålls Kåpan i färdigvarulagret. Här står produkterna på lagring tills det är dags för dem att skickas ut till kunden. De färdiga produkterna skickas med lastbil till kund, när de blivit lastade på transporten är det inte längre AB Formplast som bär ansvaret för produkterna.

När produkten är färdigproducerad skapas en efterkalkyl i Monitor. Efterkalkylen beräknar kostnaden för att producera produkten baserat på leverantörsfakturer för material och operatörernas tidsstämplingar. Detta visar hur kostnadseffektiv tillverkningsomgången har varit. En jämförelse mellan för- och efterkalkyl indikerar hur nära kostnaderna för tillverkningsomgångarna faktiskt är den planerade kostnaden.

## 3. Metod

Denna studie är uppdelad i fyra huvudsteg, litteraturstudier, resultat & analys, diskussion och rekommendationer. Insamlad empiri har legat till grund för resultat & analys. Därefter har litteraturstudierna och resultat & analys varit underlag för diskussion. Utifrån diskussion har ett antal rekommendationer utformats. För att lämpliga rekommendationer ska utformas krävs det en grundläggande resultatdel med tillhörande analys. Arbetet kräver att många aspekter tas hänsyn till och därför används flera olika metoder. Med syfte att ge en omfattande beskrivning på en specifik situation tillämpas forskningsmetoden fallstudie. I fallstudie ingår olika metoder så som observationer, mätningar och hämtning av data. Detta skapar en förståelse för material och informationsflöden. Värdeflödesanalys har genomförts för att få en helhetsbild av produktflödet samt för att få en uppskattad ledtid för produkterna i flödet. Litteraturstudierna har skett kontinuerligt längs med arbetets gång. Avslutningsvis nämns ett antal rekommendationer med sin grund i teori, nulägesanalys samt diskussion. Förslag på ytterligare studier ges dessutom.

### 3.1 Litteraturstudier

Teorin behandlar generellt ämnet av intresse för att kunna genomföra en nulägesanalys och en fördjupning kring effektivisering av produktionsflöde för en specifik produkt. Teorin omfattar även hur man utför kalkylförfarande samt hur batchstorlek påverkar produktion och lagerhållning. Litteraturstudier har genomförts med inriktning mot värdeflödesanalys, lean production, batchutformning och produktkalkyl. Litteraturen för rapporten har bestått av e-böcker, böcker och vetenskapliga artiklar. För att finna relevant litteratur har sökningar genomförts på Chalmers Library system. Det har även använts böcker från tidigare akademiska studier som referenser. E-böcker samt vetenskapliga artiklar har hittats med hjälp av databasen EBSCO, genom Chalmers Library webbplats, även Google Scholar har använts som söktjänst. Exempel på sökord som förekommit i sökningarna är bland annat “*EOQ*”, “*värdeflödesanalys*”, “*Toyota production*”, “*HMLV*” och “*självkostnadskalkyl*”.

### 3.2 Empiri

Empirin är en viktig del av analysen då en korrekt förståelse för nuläget är viktig vid framtagandet av förbättringsförslag. I kapitlet förklaras forskningsmetoden fallstudie och flera olika datainsamlingsmetoder som ligger till grund för empirin.

#### 3.2.1 Forskningsmetoder

Forskningsmetoder kan delas in i kvantitativa och kvalitativa forskningsmetoder. Kvantitativa och kvalitativa forskningsmetoder delar samma syfte men skiljer sig åt i hur de samlar in och analyserar data. (Holme et al, 1997). Kvalitativa forskningsmetoder utforskar komplexa samband och sammanhang genom att hitta modeller eller kategorier från icke-numerisk data. Dessa metoder inkluderar vanligtvis observationer, intervjuer, och andra icke-standardiserade tekniker för datainsamling (Eklund, 2016). Till skillnad från kvalitativa forskningsmetoder används kvantitativa forskningsmetoder för att mäta och kvantifiera data, det vill säga att de söker efter numerisk information som kan tolkas genom statistiska analyser. Dessa metoder samlar in data

genom standardiserade frågor och mätningar. Kvantitativ forskning syftar till att identifiera generella trender och mönster i data (Eklund, 2016).

Fördelaktigen kan kvalitativa och kvantitativa metoder kombineras då de kompenserar för varandras svagheter. Bryman (2011) talar för användning av flermetodsforskning, speciellt kombinationen med kvalitativa och kvantitativa metoder. Med detta som anledning användes båda metoderna, kvalitativ och kvantitativ. För att bemöta de delarna av frågeställningen som berörs av cykeltider, processtider och ledtid, har kvantitativa metoder använts genom tidmätning. De kvalitativa metoder som använts är egna observation av produktflödet och tolkningar av intervjuresultat. Intervjuobjekten valdes ut på förhand. Operatörer och tjänstemän har intervjuats på ostrukturerat vis med låg standardisering. Frågorna har varit öppna och frågeföljden har i viss utsträckning avgjorts beroende på svaren. Låg grad av strukturering har genomsyrat intervjuerna där öppna svar i stor utsträckning styrde intervjuerna (Patel & Davidson, 2019).

Fallstudie är en forskningsmetod som används för att undersöka och samla information som skapar ett helhetsperspektiv över en situation. I en fallstudie används ett urval av olika metoder för att ge en rättvisande bild av situationen (Yin, 2009). Fallstudier anses vara användbara då "hur" och "varför" frågor är centrala för arbetet. Det anses även vara fördelaktigt om fokuset ligger på den nutida situationen. Det är vanligt i en fallstudie att använda både kvalitativ och kvantitativ datainsamling för att få en så täckande helhetsbild som möjligt (Patel & Davidson, 2019). Denna rapport handlar om en nutida situation med mål att skapa en djup förståelse för situationen. Dessutom är "hur" frågor centrala i rapportens frågeställning. Med detta som utgångspunkt anses fallstudie vara en relevant och lämplig metod för rapporten. För att kunna tillhandahålla trovärdiga förbättringsförslag är det av ytterligare vikt att nulägesanalysen är väl genomförd. Nulägesanalysen har sin grund i den empiriska undersökningen som är baserad på AB Formplasts batchutformning, kalkylförfarande och flöde för Kåpan.

### 3.2.2 Datainsamlingsmetoder

Observation är en vetenskaplig metod som används för att samla information genom att observera en naturlig miljö i realtid. En fördel med observation jämfört med intervjuer och enkäter är att datan varken påverkas av individers villighet att ge ifrån sig information eller deras tolkningar av en situation. En viktig del av observationsmetoden är att den är systematiskt planerad och att informationen samlas metodiskt (Patel & Davidson, 2019). I denna rapport har lagernivåer, produktflödet, processer och dess tidsåtgång observerats. Observationerna har sedan legat till grund för analys och diskussion.

Data som insamlas av den som undersöker kallas för primärdata. Undersökaren har i detta fall kontroll över processen av undersökningen och har möjlighet att styra empirins validitet (Eliasson, 2010). Nulägesanalysen omfattar både primär- och sekundärdata. Primärdata, i form av mått från genomförda observationer. Sekundärdatan, i form av och AB Formplasts egna kostnadsberäkningar och data lagrad i affärssystemet Monitor där historisk tillverkning planerats och loggats. Vid analys av sekundärdata användes AB Formplasts egna kostnadsberäkningar även som grund. Kalkylen behandlar faktorer som berör tillverkningskostnaden och användes

därför som underlag för att jämföra kostnaden mellan tillverkningsomgångar. Genom att jämföra tillverkning mellan olika tillverkningsomgångar av samma artikel syftar analysen till att identifiera eventuella mönster i hur lyckad och kostnadseffektiv en tillverkningsomgång är.

### 3.2.3 Värdeflödesanalys

Eftersom syftet är att effektivisera AB Formplasts produktionsflöde måste orsaker till varierad kostnad identifieras, därmed har en värdeflödesanalys genomförts. I samråd med företaget valdes en särskild produkt ut med endast två förädlingsprocesser. En värdeflödesanalys används för att kartlägga och förstå flödet, för material samt information, i fabriken. Värdeflödesanalysen är en visuell illustration av flödena i fabriken och målet med värdeflödesanalysen är att kunna förbättra flödena (Rother & Shook, 2005). Ett värdeflöde består av alla ingående steg som krävs för att förädla en produkt, både de som skapar värde för en produkt och de som inte skapar värde. I denna rapport användes värdeflödesanalysen för att systematiskt kartlägga nuläget. I kartläggningen beskrivs ledtid, cykeltid, informationsflöde för styrning och planering samt materialflöde. Symboler och vedertagna visualiseringsmetoder aktuella för värdeflödesanalys användes även för att visualisera nuvarande tillstånd.

### 3.2.4 Kostnadsberäkningar

Med data hämtad från Monitor, tidsmätningar, observationer och intervjuer upprättades självkostnadskalkyler för att få en fullständig bild av Kåpans kostnader. Separata kalkyler som beräknar kostnaderna för ställ och lagerhållning upprättades. Ställkostnaden beräknades genom att addera lön- och maskinkostnaden förknippat med tiden det tar att ställa, materialkostnaden för kassationer som uppstår vid starten av en batch och tillhörande omkostnader. Lagerhållningskostnaden beräknades genom att multiplicera den rörliga kostnaden för ett exemplar av Kåpan med lagerräntan. Den rörliga kostnaden beräknades genom att addera materialkostnad, lönekostnad och maskinkostnad för ett exemplar av Kåpan med tillhörande pålägg.

Med dessa kalkyler som grund upprättades en EOQ-kalkyl för att beräkna totalkostnaden för produktionen av Kåpan. EOQ-kalkylen jämför hur storleken på batcherna påverkar den totala kostnaden över ett år samt föreslår en batchstorlek där ställ- och lagerhållningskostnader är balanserade på ett så effektivt sätt som möjligt.

## 3.3 Diskussion och rekommendationer

Lösningsförslagen har inte sin grund i någon vetenskaplig metod utan har tagits fram med hjälp av empiri och litteraturstudier. Lösningsförslagen har genererats med litteraturstudierna som grund utifrån de identifierade problemområdena i empirin. Det förekommer svårigheter att finna litteratur som beskriver exakt problemlösning av situationen då varje företags situation är specifik. Därmed baseras vissa förslag delvis på egna idéer och slutsatser.

## 3.4 Metodreflektion

För att säkerställa tillförlitligheten hos referenserna i rapporter och studier av denna typ bör källkritik behandlas (Ejvegård, 2009). Lämpligheten på rapporten är beroende av valida och reliabla mått, parametrar, test och undersökningsmetoder och diskuteras i följande kapitel.

### 3.4.1 Källkritik

I vetenskaplig forskning är det essentiellt att källorna som används är trovärdiga och övervägning görs (Ejvegård, 2009). Om intervjuer eller enkäter använts i rapporten är detta särskilt viktigt. Använda tryckta källor bör genomgå en bedömningsprocess med två kriterier. Källan bör vara rätt ur saktlighetsperspektiv samt att källan är opartisk sett från objektivitetsperspektiv. Materialet som används bör uppfylla vissa krav. Det använda materialet ska vara trovärdigt, förhållandevis nyskrivet, oberoende samt beskriva en samtida företeelse (Ejvegård, 2009).

Den sökmotor som nyttjats mestadels är sökmotorn EBSCO. Sökmotorn innehåller endast granskat material. Den andra sökmotorn som nyttjats är Google Scholar vilken också innehåller granskat material. Källorna i rapporten har granskats utifrån tidigare nämnda kriterier för en lämplig källa.

De tryckta källorna som rapporten innefattar är kurslitteratur som används i utbildning vid Chalmers tekniska högskola. Litteraturens användningsområde, utbildning, indikerar att litteraturen är tillförlitlig. Majoriteten av de tryckta källorna är också publicerade av Studentlitteratur AB vars material är baserat på vetenskapliga grunder. Vilket stärker källornas tillförlitlighet. För grundläggande och erkänd fakta har även äldre tryckta källor använts.

Vetenskapliga artiklar som förekommer i rapporten är sökträffar från de tidigare nämnda sökmotorerna. Båda sökmotorerna har granskat material vilket styrker lämpligheten för användande av dem. De vetenskapliga artiklarna är också relativt nypublicerade vilket förstärker relevansen för användning av dem.

Empiriska studier som förekommer i rapporten grundar sig i mätningar, intervjuer och observationer. För att styrka trovärdigheten i mätningar och observationer har båda författarna varit närvarande vid tillfällena som mätningar och observationer genomförts. På grund av tidsbegränsningar har AB Formplasts affärssystem Monitor använts för inhämtning av sekundärdata. Datan från Monitor är från tidigare mätningar från AB Formplast samt rapporterad data efter tillverkningsomgångar. Sekundärdatans trovärdighet är svår att avgöra då det är baserat på företagets egna mätningar och avrapporteringar och huruvida det utförts på korrekt vis är svårt att avgöra.

Delar av den insamlade informationen kring produktionsflödet och företaget har erhållits från intervjuer. Målet med intervjuerna var att skapa en uppfattning om hur situationen uppfattades på AB Formplast samt för rådgivning. Intervjuerna var ostrukturerade och transkriberades ej vilket medför att trovärdigheten för informationen från intervjuerna minskar. Informationen

från intervjuerna är också baserad på tolkningar och värderingar från intervjuobjektet samt intervjuare vilket påverkar trovärdigheten negativt. Trovärdigheten från intervjuerna är svårpåverkad men anses som en lämplig forskningsmetod eftersom det är en vanligt förekommande metod. Agendan för intervjuerna var förutbestämd men de flesta frågorna var inte definierade på förhand. Förutbestämda frågor skulle försvåra intervjuerna då frågor uppkommer desto mer kompletterande information som tillkommer.

### 3.4.2 Validitet

Ejvegård (2009) skriver att validitet antyder att undersökaren mäter det som avses att mätas. Ifall måtten och metoderna är tydliga och klara finns inte problematik med validitet. Personliga uppskattningar och tolkningar som ingår i mätningen kan dock leda till att validiteten blir ifrågasatt. Det ska vara ett exakt mått som inte riskerar att misstolkas.

För att välja lämplig mätdata har litteraturstudierna legat som grund. Följaktligen ökar tillförlitligheten för datan i och med relevanta och rättaktiga mätningar. De tids- och antalsmässiga mätningar som utförts anses vara valida för att graden av uppskattningar och tolkningar är liten i de mätningarna. Dessa mått, insamlade på lämpligt och adekvat sätt, ses också som relativt exakta. Validering av mätningar och beräkningar har också genomförts med hjälp av sakkunniga från AB Formplast.

### 3.4.3 Reliabilitet

Reliabilitet är ett begrepp som beskriver tillförlitligheten och hur användbara mätinstrument och måttenheter är (Ejvegård, 2009). Instrumenten som används för att samla in datan måste kunna leverera avsett resultat och på korrekt sätt, något som är komplext emellanåt. För att öka reliabiliteten måste också måttenheten spegla det önskade resultatet (Ejvegård, 2009). Mätningar och observationer har skett på plats på företaget vid flera tillfällen för att försäkra korrekt utförande. De kvantitativa mätningarna som insamlats är av enkel natur i form av tidsmätningar och anses därför vara tillförlitliga. Mätningarna i produktionen genomfördes flera gånger för att få ett mer tillförlitligt resultat.

Majoriteten av datan i studien har varit sekundärdata då det saknats både utrymme och möjligheter att samla in primärdata från egna mätningar. Vissa beräkningar krävde data som var för omfattande för att vara möjligt att samla in under arbetets tidsbegränsning. Därav användes sekundärdata från affärssystemet Monitor samt uppskattad data samlad från intervjuer. Sekundärdatan och den uppskattade datan sänker tillförlitligheten i resultatet. Men användningen av denna data har skett i samråd med företaget som är medvetna om att tillförlitligheten sänks.

## 4. Teori

I det här kapitlet beskrivs teorin som är relevant för rapporten. Syftet med kapitlet är att ge läsaren en förståelse för ämnesområdet, som utgör grunden för resultat och analys. Eftersom syftet med rapporten bland annat är att öka effektiviteten för tillverkningen av Kåpan, kartläggs det nuvarande produktionsflödet för att utvärdera dess effektivitet. Kartläggningen i form av en värdeflödesanalys ligger till grund för att effektivisera flödet. Värdeflödesanalys behandlar däremot varken arbetssätt eller slöserier. Som komplement till teori om effektivisering presenteras därmed även teori om lean production.

Batchutformning har en påverkan på produktionsflödet och är därför av intresse för rapporten. Ekonomisk orderkvantitet anses vara användbart för batchutformning och är därmed beskriven i teorikapitlet (Agarwal, 2014). Teorin om ekonomisk orderkvantitet ska fungera som underlag i diskussionen kring hur AB Formplast kan bestämma storleken på sina batcher.

För att beräkna och jämföra tillverkningskostnader krävs vetskap om Kåpans olika kostnader. Produktkalkylering, specifikt påläggkalkylering, är därav också av relevans för rapporten och beskrivs i kapitlet.

### 4.1 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys är ett verktyg som följer alla steg, värdeskapande och icke värdeskapande, i material- och informationsflödet som krävs för att förädla en produkt (Liker & Meier, 2006). I en värdeflödesanalys kan den värdeadderande tiden i processen redovisas och jämföras med ledtiden med syfte att undersöka hur stor del den värdeadderande tiden är av ledtiden. Ledtid beskrivs som tiden en artikel befinner sig mellan start och mål i en värdeflödesprocess, från att flödet startar till att produkten levereras (Rother & Shook, 2005).

Liker och Meier (2006) påpekar tyngden av att informationen till värdeflödesanalysen har sin grund i observationen och att det som syns är relevant för analysen. Författarna menar att värdeflödesanalysen ska belysa delarna i produktionsflödet som inte är optimerade och orsakar slöserier. De delar som är stabila är inte lika relevanta för sammanhanget. Liker och Meier förklarar (2006) vidare att det vid kartläggningen av ett nuvarande tillstånd bör finnas en målsättning för att underlätta förståelsen kring vilka störningar i flödet som är mest kritiska.

En analys av värdeflödet kan även bidra till en analys av orsakerna till slöserier och inte enbart identifiering av olika slöserier. Värdeflödesanalysen tydliggör enstaka tillverkningsprocesser med tillhörande information som illustreras i en processruta. Informationen för processerna kan variera men huvudsakligen består informationen av det som anses vara mest intressant enligt den som utför värdeflödesanalysen (Rother & Shook, 2005). Informationen kan vara i form av olika sorters tider, exempelvis processtid, cykeltid och ställtid. Processtid beskriver den tid det tar att utföra alla aktiviteter innan det är dags att repetera processen. Cykeltid definieras som processtiden dividerat med antalet produkter genererat från processen (Rother & Shook, 2005). Cykeltid visar alltså hur lång tid det tar att producera varje produkt. Ställtid är

den tid det tar att förbereda och genomföra omställning från att producera en sorts produkt till en annan variant. Värdeflödesanalysen skapar en utgångspunkt för möjlighet att planera förbättringar för ett flöde. Värdeflödesanalys är även ett bra verktyg som beskriver effekter av vad företag gör och vad som måste göras för att förbättra företagets effektivitet (Rother & Shook, 2005). För ett tillverkningsföretag med hög produktmix och låga volymer, HMLV, är värdeflödesanalys till stora delar ett användbart verktyg (Seth, Seth & Dhariwal, 2015). Syftet att effektivisera och reducera slöserier och variationer uppfylls med värdeflödesanalys i en HMLV produktion. För att undvika komplexitet i lösningar kan delar som taktid, supermarkets och dragande system bortses ifrån. Anledningen till att ett företag vill effektivisera sitt produktionsflöde är att fortsatt vara konkurrenskraftig på marknaden samt att öka sin lönsamhet (Gould & Colwill, 2015).

#### 4.1.1 Nuvarande Tillstånd

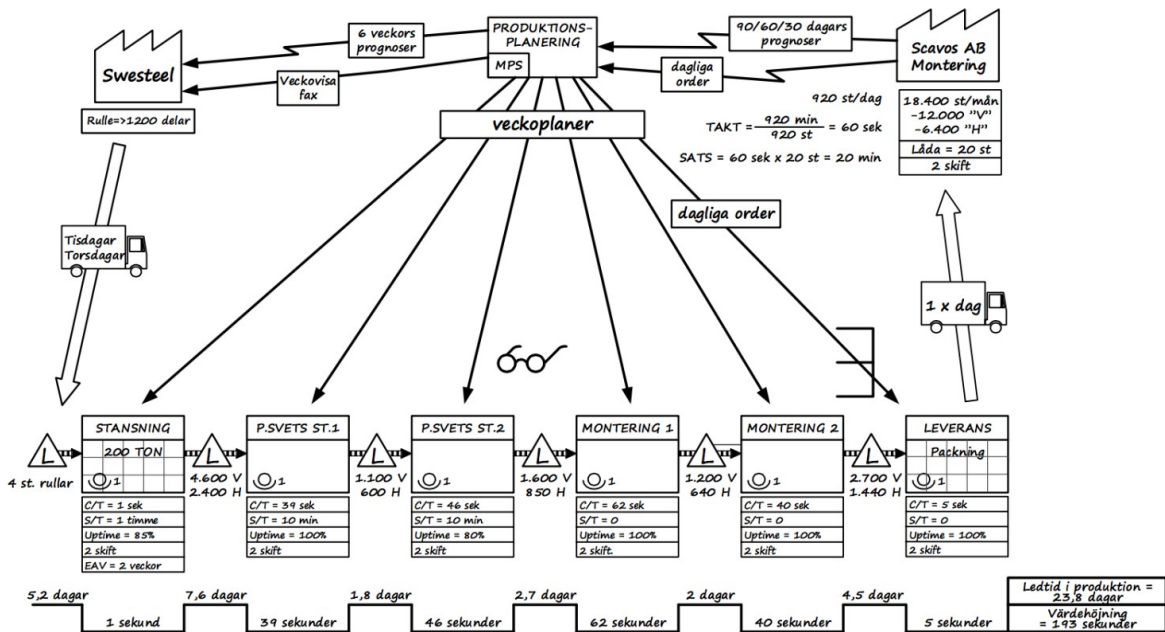
Första steget i en värdeflödesanalys är att välja en produkt eller produktfamilj som ska undersökas med ett flöde som är av intresse (Rother & Shook, 2005). Efter valet av produkt är det dags för att kartlägga flödets nuvarande tillstånd. Kartläggningen startar med en snabb vandring från dörr till dörr i fabriken längs med värdeflödet. Syftet med vandringen är att skapa en känsla för hur flödet och dess ingående steg fungerar i produktionen (Rother & Shook, 2005). När en översiktlig förståelse skapats över flödet är det dags att samla mer detaljerad data för varje process. Insamlingen av den detaljerade datan bör starta med aktiviteten som är direkt länkat till kundernas behov. Den process som är direkt länkad till kundbehov ska sätta takten för alla processer uppströms, alltså tidigare i flödet. Flöden för både material och information ska ingå i kartläggningen. Enskilda processer ska undersökas och utförligt beskrivas numeriskt med uppmätta värden. Efter att processerna är beskrivna ska medelantal och liggtid för alla lager beskrivas i värdeflödet. Ledtiden för hela flödet ska beräknas och så även den värdeadderande tiden. Värdeadderande tid definieras som tiden en produkt genomgår aktiviteter som höjer värdet på produkten (Rother & Shook, 2005).

Kartläggning i en värdeflödesanalys ska ske genom att följa flödet uppströms, alltså från kund till första steget i produktionen. Kartan illustrerar materialflödet nedströms, det vill säga att produktens förädling visas i kronologisk ordning från leverantör till kund. Informationsflödet går istället uppströms, det vill säga från kund till det producerande företaget och därefter vidare till leverantör (Rother & Shook, 2005). Värdeflödesanalys ska fungera som en övergripande illustration för värdeflödet. I det nuvarande tillståndet är ingående beskrivning av arbetsstegen i flödet inte av intresse. Rother och Shook menar att de som utför värdeflödesanalysen bör vara få till antalet samt själva samla all fakta om nuläget för material- och informationsflödet. Detta för att säkerställa att någon förstår hela värdeflödet men också att informationen är trovärdig och rättvisande. Tiderna för processerna i flödet bör inte tas från färdiga tider utan bör mätas med tidtagarur av de som utför värdeflödesanalysen. Rother och Shook (2005) menar att befintliga tider från pärmar eller affärssystem ofta kan representera ett idealtillstånd då allt fungerar perfekt vilket sällan är fallet i verkligheten. Undantagsfall för detta kan enligt författarna vara ställtid och maskinernas tillgänglighet.

I kartläggningen är även aktuella lager för värdeflödet av intresse vilka illustreras i form av en triangel i värdeflödesanalysen (Rother & Shook, 2005). Författarna skriver att informationen som ska beskriva lagret är antalet av specifikt material eller produkter som befinner sig i lagret. Liggtid, den tid produkt eller material befinner sig i lagret, ska också kartläggas och illustreras i värdeflödesanalysen. Liggtiden beräknas genom att antalet i lager divideras med det antal som efterfrågas på samma tidsenhet. Liggtiden mäts i en värdeflödesanalys i dagar och anges under varje lagertriangel (Rother & Shook, 2005).

Summan av cykeltiden för varje delprocess utgör den värdeadderande tiden, VA. Detta jämförs sedan i analysen med ledtiden för att undersöka hur stor del av ledtiden som utgörs av värdeadderande tid (Rother & Shook, 2005). Ledtiden i värdeflödesanalysen beräknas genom att addera liggtiderna för alla lager samt cykeltiderna för varje delprocess (Rother & Shook, 2005). Rother och Shook anser att är ledtid ett bra underlag för att uppskatta hur lång tid det tar för ett produktionsflöde att leverera en färdig produkt. Företag med produktion bör sträva efter en låg ledtid i tillverkningen då det resulterar i att tiden mellan företagets betalning till leverantör och kundens betalning till företaget blir kortare (Rother & Shook, 2005). En kortare ledtid resulterar i att företaget i lägre utsträckning behöver binda kapital i form av produkter i arbete. En kortare ledtid förbättrar dessutom resultatmättet lageromsättning för ett företag. Lageromsättning mäter hur många gånger per år genomsnittslagret omsätts (Jonsson & Mattsson, 2011). Syftet med resultatmättet lageromsättning är att jämföra det totala materialflödets värde under en tidsperiod i förhållande till det bundna kapitalet under samma tidsperiod.

Figur 4.1 nedan visar ett exempel på hur ett nuvarande tillstånd kan se ut i en värdeflödesanalys (Rother & Shook, 2005). Figuren visar på hur informationsflödet går från kund, Scavos AB Montering, till företagets produktionsplanering som sedan går till leverantören, Swesteel. Informationsflödet består av prognoser samt dagliga order från kund, produktionsplaneringen skickar också information i form av prognoser och veckovisa fax. Materialflödet börjar hos leverantören som levererar råmaterial till lager på företaget. Materialet genomgår sedan olika förädlingsprocesser vilka beskrivs med information som cykeltid,  $C/T$ , och ställtid,  $S/T$ , tillgänglig arbetstid,  $1\ skift$ . Leverans till kund sker från stationen *Packaging* där kundleverans sker dagligen. Slutligen beskrivs längst ned i högra hörnet flödets ledtid samt den värdeadderande tiden för flödet.



Figur 4.1. Exempel på värdeflödeskarta (Rother & Shook, 2005).

#### 4.1.2 Framtida Tillstånd

När det nuvarande tillståndet är kartlagt följer analys och identifiering av orsaker som påverkar produktionen negativt, exempelvis slöserier (Rother & Shook, 2005). Efter analys är framtagningen av ett framtida tillstånd nästa steg i processen.

Efter en genomförd värdeflödesanalys är en av de vanligaste upptäckterna slöseriet överproduktion (Rother & Shook, 2005). Överproduktion innebär att produkterna tillverkas i för stora mängder, för tidigt och för fort i förhållande till behoven i följande process. Författarna menar att överproduktion leder till en minskad flexibilitet och anpassningsförmåga till kundbehovet i produktionen. Rother och Shook (2005) skriver att det är eftersträvansvärt att koppla allt i en kedja från kund till råmaterial i framtagandet av framtida tillståndet. Kedjan bör ha ett utjämnat flöde med få omvägar, vilket innebär att processtiderna är jämbördiga och utan onödig transport (Rother & Shook, 2005). En lyckad implementering av tidigare nämnd filosofi genererar en effektiv produktion med lägst kostnad, högst kvalitet och kortast ledtid enligt författarna. Ett tillstånd med lyckad implementering av filosofin är dock inte praktiskt genomförbart men det är en målsättning att sträva efter.

Vid framtagande av det framtida tillståndet finns det olika riktlinjer som kännetecknar ett optimalt flöde som bör tas i åtanke (Rother & Shook, 2005). En av dessa riktlinjer är att flödet producerar efter takttid. Takttiden beräknas genom att dividera tillgänglig arbetstid per år med antal efterfrågade produkter per år. Takttiden beskriver hur lång tid ett företag kan spendera på att producera en produkt för att hinna med kundens efterfrågan. En annan riktlinje är att utveckla ett kontinuerligt flöde i största möjliga utsträckning, för att undvika slöserier och mellanlager. Kontinuerligt flöde är det mest effektiva sättet att producera enligt Rother och Shook

(2005). Nästa riktlinje är, där det inte finns möjlighet att utvidga det kontinuerliga flödet, bör produktionen styras med hjälp av supermarketets. Fjärde riktlinjen antyder att kundens beställning bör fördelaktigen sändas till endast en produktionsprocess, som kallas för pacemakerprocessen. Kundens beställning bör skickas till pacemakerprocessen eftersom det är processen som påverkar kapacitetsbehovet för alla processer uppströms bör. Pacemakerprocessen är den process som sätter takten för hela flödet och initierar dragande system med hämtande av små arbetsmängder från de tidigare processerna. Slutligen bör man utveckla en flexibilitet där det är möjligt att tillverka varje artikel, varje dag, och fördela tillverkningen av olika produktvarianter jämnt över tiden.

### 4.1.3 Lean Production

Värdeflödesanalys är ett verktyg med syfte att kartlägga ett flöde och att förbättra det. Kartläggningen kan belysa slöserier i flödet samt tydliggöra problematik med flödet. Värdeflödesanalys behandlar däremot inte vad slöserier är och inte heller arbetssättet i flödet. Syftet med detta kapitel är att komplettera värdeflödesanalysen genom att definiera vad slöserier är samt beskriva standardiserat arbetssätt och vad det kan bidra med för att effektivisera ett produktionsflöde.

#### 4.1.3.1 7+1 Slöserier (Muda)

Det första steget i att implementera lean enligt Liker och Meier (2006) är att se över tidslinjen från att kunden lägger en order till dess att fakturan är betald. I flödet från order till levererad produkt identifieras och elimineras slöserier. Målet med att uppmärksamma de olika slöserierna är att minska antalet icke-värdeskapande processer och därmed effektivisera produktionen. Liker och Meier skriver att Toyota identifierade sju olika sorters slöserier som författarna beskrivit i boken. Liker och Meier lade även till en åttonde som de ansåg vara relevant.

1. Första slöseriet författarna nämner är *överproduktion*. Att producera artiklar tidigare eller i större kvantiteter än vad som efterfrågas klassas som överproduktion. Om överproduktion förekommer leder det till att företaget kräver mer onödig personal, lagerplatser blir upptagna och ökade transportkostnader.
2. Närmast kommer slöseriet *väntan*. Enligt Liker och Meier ska inte anställda behöva jobba med att endast stå och överse en automatiserad maskin eller vänta på nästa steg i processen eller förseningar och flaskhalsar i kapacitet. De anställda ska kunna arbeta och inte behöva stå och vänta för att kunna utföra sitt arbete.
3. I lean anses *transport* av produkter i arbete (PIA), material, komponenter och färdiga produkter mellan delarna i processen samt in och ut ur lager vara ett slöseri. Det anses vara ett krav att transportera för att processen ska fungera men de vill hålla det till absolut minimum.
4. Filosofin som ligger till grund för lean menar att företaget bör sträva efter att undvika *överarbete*. Målet med att undvika överarbete är att optimera processer och produktdesign samt anpassade verktyg. Slöseriet uppstår när företag försöker producera högre kvalitet på produkter än vad som är nödvändigt. Överarbete används då för att fylla ut överbliven tid istället för att vänta.

5. Femte slöseriet Liker och Meier tar upp är *lager*. Toyota skapade en filosofi med mål att undvika onödigt stora lager för råmaterial, PIA och färdiga produkter. Författarna menar att stora lagernivåer orsakar längre ledtider, ökad chans för inkurans och att produkter skadas. Liker och Meier (2006) påstår även att lång ledtid, stora lager och PIA är saker som döljer problem inom produktionen som exempelvis obalanserad produktion, sena leveranser och långa ställtider. Även transport och lagerkostnader ökar. Höga lagernivåer gör det också svårare att uppfatta svagheter i produktionsprocessen.
6. *Onödiga rörelser* av personal, den tid som anställda inte gör värdeadderande arbete. Det kan exempelvis vara när en anställd letar efter verktyg eller staplar delar på varandra. Om arbetaren behöver gå för att utföra arbetet räknas även det som ett slöseri.
7. *Omarbete* är det näst sista slöseriet i Likers och Meiers lista av slöserier. De menar att tid som går att hantera och reparera defekta produkter är onödig och bör undvikas till största möjliga utsträckning.
8. Sista slöseriet som Liker och Meier själva bidragit med till listan är *outnyttjad kreativitet*. I detta slöseri går företaget miste om tid, ideer, färdigheter och möjliga förbättringar genom att inte engagera och lyssna på de anställda.

#### 4.1.3.2 Standardiserat arbetssätt

Liker och Meier (2006) menar att första steget mot implementering av lean är att produktionen uppnår en viss stabilitet. Utan stabila processer är det omöjligt att analysera arbetssättet för att identifiera slöserier. För att uppnå stabila processer måste arbetssättet standardiseras. Vissa indikationer som tyder på att produktionen har instabila processer är att tydliga arbetsmönster och metoder saknas, flöde mellan processer är inkonsekvent eller saknas helt och ordrar stoppas mitt i produktion för att byta till en annan order (Liker & Meier, 2006). Målet i lean med stabila processer är att eliminera slumpmässiga aktiviteter som ger inkonsekventa resultat. Standardiserat arbete är grunden för förbättringsverktygen i lean production (Liker & Meier, 2006).

Standardiserat arbetssätt är även ett verktyg som gör det möjligt att identifiera aspekter som hindrar effektivitet och kvalitet (Liker & Meier, 2006). Liker och Meier menar dessutom att standardiserat arbete är en möjlighet att arbeta bort svagheter i produktionsflödet och att stabilisera processerna. Att arbetssättet är standardiserat uppfattas oftast vara en uppsättning instruktioner avsett att hjälpa arbetaren men standardiserat arbetssätt är även ett verktyg för att identifiera slöserier (Liker & Meier, 2006). Genom att identifiera de grundläggande arbetsstegen, mäta tiden för stegen samt kartlägga operatörens rörelsemönster i arbetsområdet kan slöserier bli synliggjorda. Först när slöserierna blivit identifierade kan de elimineras från produktionsprocessen. Målet med standardiserat arbete är att hitta det effektivaste arbetssättet att utföra en uppgift (Liker & Meier, 2006). Författarna påpekar vikten av medvetenhet om att det standardiserade arbetssättet aldrig kommer vara det mest effektiva arbetssättet. Vidare menar Liker och Meier att det viktigaste är strävan mot att hitta det mest effektiva standardiserade arbetssättet. Tankesättet att alltid förbättra processerna är något som ska eftersträvas när det standardiserade arbetssättet definieras. Det standardiserade arbetssättet bör utvecklas vidare när möjliga förbättringar identifierats och därefter implementeras i arbetssättet. Sammanfattningsvis

menar Liker och Meier (2006) att standardiserat arbetssätt är en avgörande faktor för kontinuerliga förbättringar och reducering av slöserier.

## 4.2 Ekonomisk orderkvantitet

Vid produktionsplanering är det nödvändigt att bestämma hur många exemplar som ska produceras av en produkt i en batch, även känt som partistorlek. Detta kallas batchutformning. Under ideala förhållanden tillverkas exakt den kvantitet som efterfrågas vid varje beställning eftersom detta eliminerar behovet av att lagerhålla, men så är sällan fallet. Det är oftast nödvändigt att slå ihop efterfrågan från flera beställningar till en tillverkningsomgång. För att bestämma hur många exemplar som skall tillverkas i varje batch vägs olika kostnader mot varandra (Slack & Jones, 2016). Kostnader som är specifika för en order, ordersärkostnader, ställs mot lagerhållningskostnader, det vill säga kostnader kopplade till att lagerhålla produkter. Ordersärkostnad utgörs av ställkostnad för tillverkande företag och kommer benämnas därefter. En metod för att balansera dessa två kostnader vid batchutformning är att använda ekonomisk orderkvantitet, eller EOQ-formeln (Jonsson & Mattsson, 2011; Agarwal, 2014). Variablerna i formlerna är benämnda;

E = Efterfrågan per år,

S = ställkostnad,

Q = batchstorlek,

H = lagerhållningskostnad för en produkt under ett år.

Från formeln kan två samband av intresse härledas:

$$\text{Totalkostnad: } TK = \frac{E}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot H$$

$$\text{Ekonomisk orderkvantitet: } EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot E}{H}}$$

EOQ bygger på sex förenklade antaganden av verkligheten; efterfrågan per tidsenhet är konstant och känd, ledtiden för lagerpåfyllning är konstant och känd, lagret fylls på momentant med hela orderkvantiteten, ställkostnaden per batch är konstant, känd och oberoende av orderkvantiteten, lagerhållningskostnaden per tidsenhet är konstant och känd, samt oberoende av batchstorlek och kostnaden för produkten i fråga är känd, konstant samt oberoende av orderkvantitet (Jonsson & Mattsson, 2011). Dessa antaganden stämmer sällan helt överens med verkligheten men EOQ-kurvans relativt flacka lutning medför att små fel i formelns parametrar inte påverkar totalkostnaden på ett betydande sätt och således kan även parametrar som inte är exakta ge en någorlunda verklighetstrogen EOQ (Slack, Jones, 2016). Detta är en förutsättning för att EOQ-formeln ska vara användbar eftersom både ställkostnaden och lagerhållningskostnaden är svåra att uppskatta. Förutom att parametrarna är svåra att uppskatta, har även EOQ-formeln kritiserats som verktyg för att optimera batchstorlekar. Istället menar förespråkare för Lean Production att företag bör fokusera på att minska ställtid och ställkostnaderna för att kunna tillverka så små batcher som möjligt (Slack & Jones 2016). Författarna förklarar dock vidare att EOQ-formeln snarare är en metod för att beskriva och optimera produktionen efter

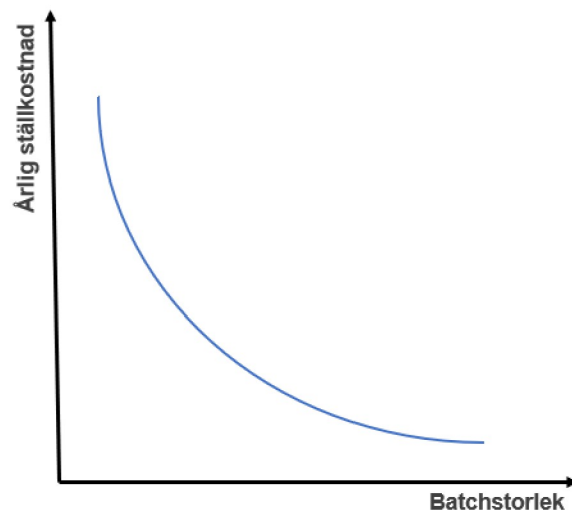
rådande omständigheter och inte bör hindra arbetet med att förbättra dess förutsättningar. Det råder dock viss oenighet om huruvida formeln lämpar sig för produktionsplanering i komplexa tillverkningsmiljöer på grund av dess enkelhet, och det har skapats flertalet vidareutvecklade EOQ-modeller i försök att öka dess träffsäkerhet (Rana & Eyob, 2006; Milewski & Wiśniewski 2022; Maity et al, 2021). Trots dess förenklingar anses dock den klassiska EOQ-formeln vara användbar för batchutformning (Slack & Jones, 2016; Jonsson & Mattsson 2011; Tate et al, 2017).

#### 4.2.1 Ställkostnad

Vid varje ny batch tillkommer en ställkostnad vilken är oberoende av antalet produkter i batchen. Dessa kostnader beror på operatörslön för att ställa om maskinen, flytta material och verktyg, och uppstartskassationer. Jonsson och Mattsson (2011) beskriver dessutom den tid som ägnas åt att ställa om maskiner som en alternativkostnad mot värdeskapande arbete om det är full beläggning på tillverkningssystemet. Därför räknas ofta maskinens kostnad utslagen över den tid som maskinen ställs om med i ställkostnaden. Den ena delen av EOQ-formeln utgörs av den totala årliga ställkostnaden, det vill säga kostnaden för ett ställ multiplicerat med antalet ställ per år enligt formeln:

$$\text{Total årlig ställkostnad} = \frac{E}{Q} \cdot S$$

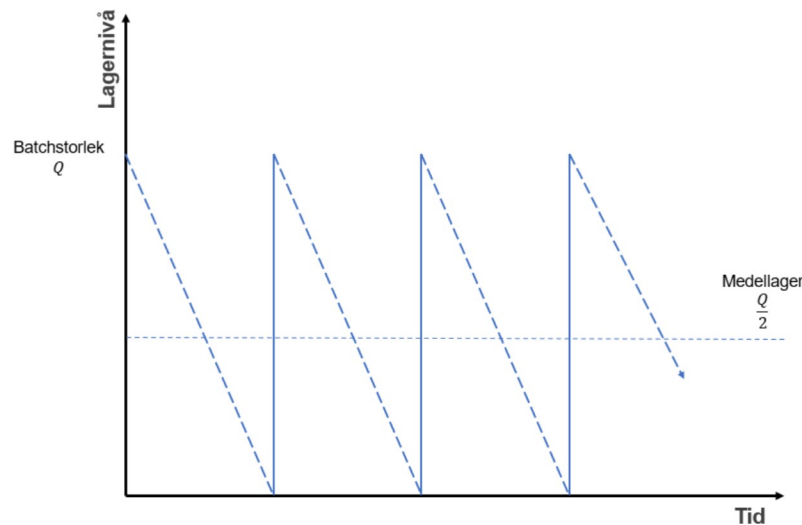
Notera att den årliga ställkostnaden är omvänt proportionell mot batchstorlek, den minskar alltså vid större batchstorlekar. Ställkostnaden är opåverkad vid volymförändringar och ställkostnaden per styck är därför lägre vid större volymer (Andersson, 2013). Med hänsyn till ställkostnaden bör alltså batcherna utformas till att vara så stora som möjligt för att minimera den årliga ställkostnaden.



Figur 4.2: Illustration av förhållande mellan batchstorlek och ställkostnad.

### 4.2.2 Lagerhållningskostnad

Den andra delen av EOQ-formeln utgörs av lagerhållningskostnad. Den totala årliga lagerhållningskostnaden beräknas genom att multiplicera det genomsnittliga lagersaldot med kostnaden för att lagervålla ett exemplar av en produkt i ett år. Jonsson och Mattsson (2011) förklarar att vid jämn lagerförbrukning och omedelbar lagerpåfyllning kommer lagersaldot som högst vara lika stor som batchstorleken ( $Q$ ) och det genomsnittliga lagret uppgår till halva batchstorleken ( $Q/2$ ) enligt figur 4.3 nedan.



Figur 4.3: Illustration av medellager.

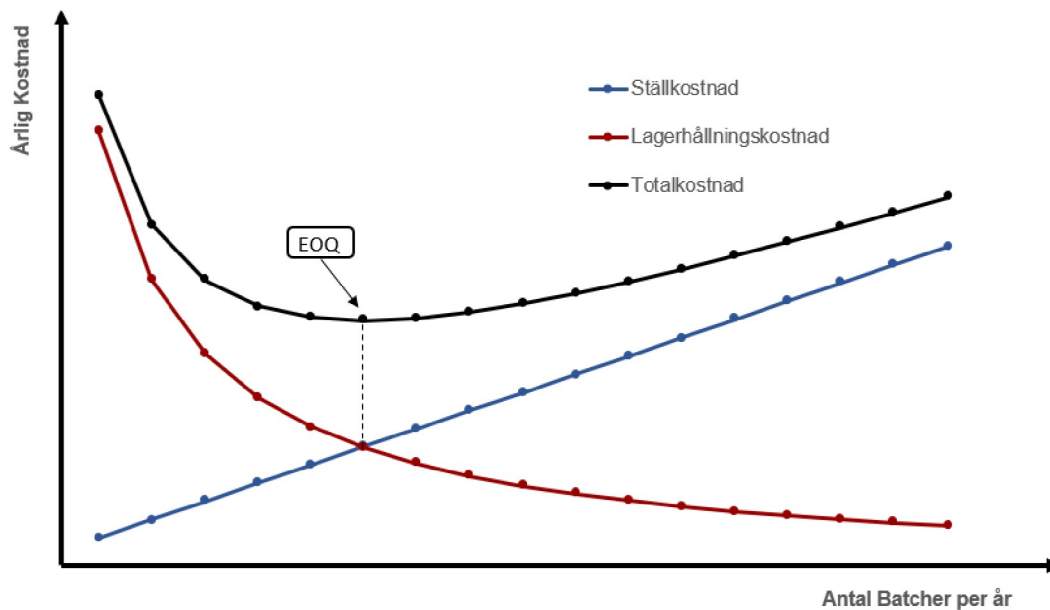
Jonsson och Mattsson (2011) delar upp lagerhållningskostnad per enhet och år ( $H$ ) i kapitalkostnad, förvaringskostnad och osäkerhetskostnad. Kapitalkostnad innefattar alternativkostnad för det kapital som är uppbundet i lager. Förvaringskostnad utgörs av kostnad för lagerlokal och tillhörande drift. Osäkerhetskostnad är den kostnad som tillkommer av risken för inkurans, risken att produkter går sönder vid hantering eller risken för att efterfrågan ändras eller till och med försvinner under tiden produkten lagras och försäljning uteblir som följd. I osäkerhetskostnad ingår även försäkringspremier. Total årlig Lagerhållningskostnad antas vara proportionell mot lagersaldot och årlig lagerhållningskostnad per enhet ( $H$ ) enligt formeln:

$$\text{Total årlig lagerhållningskostnad} = \frac{Q}{2} \cdot H$$

### 4.2.3 Totalkostnad och optimering

Den årliga lagerhållningskostnaden, tillsammans med den årliga ställkostnaden, utgör totalkostnaden för den producerade produkten. Vid större batchstorlekar krävs färre ställ per år och således minskar den årliga ställkostnaden vid tillverkning av större batchstorlekar. Motsatt princip gäller för lagerhållningskostnaden eftersom det genomsnittliga lagersaldot ökar som en konsekvens av färre batcher och större batchstorlekar. Den totala kostnaden kan därför beskrivas genom att lägga ihop dessa två kostnader och den ekonomiska orderkvantiteten (EOQ) är den orderkvantitet som balanserar dem enligt formeln (Slack & Jones, 2016):

$$\text{Totalkostnad: } TK = \frac{E}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot H$$



Figur 4.4: Illustration av EOQ-formeln.

Lägst totalkostnad uppnås vid den punkt där ställkostnader och lagerhållningskostnader är lika stora. (Slack & Jones, 2016). Både lagerhållningskostnaderna och ställkostnaderna beror av  $Q$ , och den  $Q$  som minimerar totalkostnaden kallas ekonomisk orderkvantitet (EOQ). EOQ hittas genom att derivera  $TK$  med avseende på  $Q$  och därefter hitta derivatans nollpunkt enligt;

$$\frac{dTK}{dQ} = \frac{S \cdot E}{Q^2} + \frac{H}{2}$$

$$0 = \frac{S \cdot E}{Q^2} + \frac{H}{2}$$

$$Q (EOQ) = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot E}{H}}$$

Genom att dividera  $E$  med  $Q$  erhålls antalet tillverkningstillfällen per år. Detta visar alltså hur många batcher som krävs för att kunna leverera hela efterfrågan. Genom att tillämpa EOQ för att avgöra vilken batchstorlek som bör tillverkas fastslås även hur många batcher som skall tillverkas. Ekonomisk orderkvantitet är därmed även ett verktyg för att planera produktionen över tid (Slack & Jones, 2016).

#### 4.2.4 Diskussion om tillämpning

Ofta används lagerhållningsränta för att beräkna lagerhållningskostnaden. Lagerhållningsräntan anger hur stor del av en produkts värde produkten kostar att lagervålla i ett år. En metod för att beräkna lagerhållningsräntan är att undersöka hur stor del summan av de totala kostnaderna specifika för lagerhållning utgör av medellagervärdet. Medellagervärdet beräknas ofta som lagersaldot multiplicerat med vad en genomsnittlig produkt kostar att tillverka (Jonsson & Mattsson, 2011). En annan vanlig metod för att beräkna lagerhållningskostnader är att helt enkelt använda sig av en lagerhållningsränta som är typisk för branschen (Slack & Jones, 2016). Lagerhållningsräntan ( $L$ ) multipliceras sedan med värdet för en genomsnittlig produkt ( $V$ ) för att på så sätt uppskatta kostnaden för att lagervålla en produkt i ett år ( $H$ );

$$H = L \cdot V$$

På grund av att förvaringskostnaden och osäkerhetskostnaden skiljer sig mellan produkter, så är det inte helt korrekt att applicera lagerräntan på flera artiklar. Likväl är det vanligt för företag att använda en och samma lagerränta för många olika produkter eftersom det är praktiskt jämfört med att beräkna en lagerränta för varje enskild produkt (Jonsson & Mattsson, 2011). Vilken lagerränta som bör användas råder det dock oenighet om. Enligt Lambert och Stock (2001) används lagerräntor mellan 9 och 50 procent där 25 procent var den vanligaste baserat på data från 1950 till 2000. Olhager (2000) menar att lagerräntan vanligtvis varierar mellan 15 och 40 procent. Enligt en undersökning av Mattsson (2013), är det vanligt att svenska företag använder en lagerränta mellan 15 och 30 procent. Det finns dock enstaka fall där högre värden förekommer, vilket oftast beror på att företaget har höga förräntningskrav på sitt kapital (Mattsson, 2013).

### 4.3 Påläggskalkyl

Produktkalkyler används för att beräkna kostnader kopplade till en produkt eller tjänst. Andersson (2013) förklarar att produktkalkyler kan användas som beslutsunderlag gällande produktionsvolym, produktionsmetod, prissättning, eller vilka produkter som bör tillverkas. Produktkalkyler kan utföras innan produktion i syfte att ge beslutsunderlag och kallas då förkalkyl. De kan också utföras efter produktionen med syfte att följa upp och utvärdera ett utfall och kallas då för efterkalkyl (Andersson, 2013). Det finns många olika typer av produktkalkyler som varierar i komplexitet, tillkommande kalkylkostnad, och i precision. Vanligt förekommande produktkalkyler är ABC-kalkyl (Activity based Counting) och bidragskalkyl enligt (Andersson, 2013). Det är även vanligt att företag skraddarsyr sin produktkalkyl för att öka dess relevans. En kalkyl där fullständig kostnadsfördelning utförs kallas för självkostnadskalkyl. Olika kalkyler passar olika typer av företag och en självkostnadskalkyl som är typisk för tillverkningsföretag kallas för påläggskalkyl (Andersson, 2013).

I en påläggskalkyl fördelas de direkta kostnaderna direkt på kostnadsbäraren, det vill säga produkten, och de indirekta kostnaderna fördelas genom pålägg för att beräkna kostnaderna för en produkt. Indirekta kostnader, även kallat omkostnader, är verksamhetens kostnader som inte kan direkt härledas till tillverkning av kostnadsbäraren (Andersson, 2013). Påläggskalkyler syftar till att ge en fullständig bild av en produkts verkliga kostnad och följaktligen vinst. Inom

påläggsmetoden uppstår en utmaning i att fastställa den korrekta fördelningen av indirekta kostnader till respektive kalkylobjekt. En grundläggande fråga som har diskuterats flitigt är på vilka grunder omkostnader ska fördelas och det har visat sig att ingen enskild metod kan anses vara överlägsen någon annan i alla sammanhang. Detta skiljer sig ofta mellan branscher (Andersson, 2013). Hur stora pålägg som ingår i en sådan kalkyl bör vara är dessutom komplicerat att beräkna och schablonmässiga pålägg används ofta. Påläggskalkyler används för att utföra fullständig kostnadsfördelning och lämpar sig därmed för prissättning och att beräkna olika kostnader (Andersson, 2013).

#### 4.3.1 Kostnadskategorier

Kostnader kan delas upp som rörliga och fasta kostnader. Rörliga kostnader utgörs av till exempel materialkostnader eller förbrukningskostnader för elnätet (Andersson, 2013). Rörliga kostnader ökar när den tillverkade volymen ökar och minskar när volymen minskar. Fasta kostnader är fasta under specifika aktiviteter eller förhållanden. För den aktivitet kostnaden är fast är kostnaden oberoende av volym. En fast kostnad kan till exempel vara fast för en tillverkningsorder och kallas då för ställkostnad.

Kostnader kan även delas upp i direkta och indirekta kostnader. Huruvida en kostnad är fast eller rörlig avgör inte om en kostnad är direkt eller indirekt. Direkta kostnader är kostnader som är direkt kopplade till kostnadsbäraren och kan i fråga om påläggskalkyl innefatta till exempel materialåtgång eller lön. Dessa delas i sin tur in i kostnadsslag, det vill säga kostnader som härstammar från samma utgiftsområde. De direkta kostnadsslagen är:

dM = direkt material,  
dL = direkt lön,  
dT = direkt teknik/maskin

Indirekta kostnader, även kallade omkostnader, är kostnader som inte kan direkt kopplas till det berörda kalkylobjektet, utan delas med andra kostnadsbärare. Till exempel utgör lokalhyra och elektricitet omkostnader i fråga om produktkalkyler (Andersson, 2013). Trots att omkostnader inte är direkt kopplade till en specifik kostnadsbärare utgör de likväl en kostnad indirekt kopplat till kostnadsbäraren och räknas därav med för att göra en fullständig kostnadsfördelning. Även dessa delas in i kostnadsslag beroende på var de härstammar från. De indirekta kostnadsslagen är:

MO = Materialomkostnader,  
TO = Tillverkningsomkostnader,  
AO = Administrationskostnader,  
FO = Försäljningsomkostnader.

### 4.3.2 Fördelningsnycklar och pålägg

Omkostnader fördelas över kostnadsbärare med hjälp av fördelningsnycklar (Andersson 2013). En fördelningsnyckel är kriteriet för kostnadsfördelning. Genom användningen av fördelningsnycklar ska omkostnader fördelas över kostnadsbärare på ett rättvist sätt enligt kausalitetsprincipen (Andersson, 2013). Det innebär att de kostnadsbärare som orsakat en indirekt kostnad också ska belastas med kostnaden. Denna princip balanseras med väsentlighets- och hanterbarhetsprincipen; att fokus bör läggas på de viktigaste kostnaderna respektive att själva kalkylförfarandet i sig inte får bli för dyrt och tidskrävande (Andersson, 2013). Exakt och rättvis fördelning av kostnader måste balanseras med enkelhet och resursbesparing.

Genom att förenkla omkostnaderna som en fraktion av dess motsvarande direkta kostnad uppskattas den totala självkostnaden stegvis. Detta kallas för pålägg och grundar sig på antagandet att direkta kostnader och dess indirekta motsvarighet samvarierar. Till exempel antas materialomkostnaden öka om kostnaden för direkt material ökar (Andersson, 2013). Hur omkostnaderna typiskt fördelas över kostnadsbäraren skiljer sig mellan olika branscher och företag. Ett vanligt tillvägagångssätt för tillverkningsföretag är att MO fördelas som pålägg på dM och TO fördelas som pålägg på dL. Det är även vanligt förekommande att TO fördelas på summan av dL och dT. Den totala summan av dessa utgör tillverkningskostnaden. AO och FO fördelas sedan som pålägg på tillverkningskostnaden. Resultatet är produktens kalkylerade självkostnad.

Det är vanligt vid påläggskalkylering att därefter bestämma försäljningspriset som ytterligare ett pålägg på självkostnaden, ett vinstpålägg. Vinstpålägget är en procentsats av självkostnaden. Vinstmarginalen är en procentsats av försäljningspriset (Andersson, 2013).

## 4.4 Sammanfattning Teori

Kapitlet började med värdeflödesanalys och beskrivning av dess syfte och användningsområden. Värdeflödesanalys är ett verktyg som används för kartläggning och förbättring av värdeflöden. Alla processer och lager som förekommer vid förädling av en produkt kartläggs. Kartläggningen sker med kunden som utgångspunkt och den fortsätter uppströms i flödet från sista process till första. Informationen som tillhandahålls av en värdeflödesanalys beskrivs i siffror. Processer, lager, ledtid och värdeadderande tid är exempel på delar av värdeflödesanalysen som beskrivs och illustreras. Syftet med värdeflödesanalysen är att belysa delar av värdeflödet som orsakar slöserier och svagheter i värdeflödet. När nuvarande tillstånd av värdeflödesanalysen är beskrivet följer framtagning av det framtida tillståndet. Det framtida tillståndet har som syfte att effektivisera och förbättra värdeflödet. Rother och Shook (2005) nämner ett antal riktlinjer som ska underlätta för framtagning av det framtida tillståndet. Bland annat skriver författarna att det är eftersträvänsvärt att utveckla ett kontinuerligt flöde eftersom det är det mest effektiva sättet att producera. Flexibilitet i flödet är också fördelaktigt om en produktion lyckas ställa om, för att flera produktvarianter ska kunna produceras varje dag.

Värdeflödesanalys hanterar inte arbetssättet i produktionsflödet och inte heller de slöserier som kan identifieras i en värdeflödesanalys. Teorikapitlet kompletteras därför med teori om lean production. Liker och Meier identifierade åtta olika slöserier som har definierats med syfte att beskriva aktiviteter som inte skapar värde i produktionsflödet. Syftet med att identifiera slöserier är att kunna reducera eller eliminera dem för att kunna effektivisera produktionsflödet. Ett verktyg från lean produktion som kan användas för att effektivisera produktionsflöden och reducera slöserier är standardiserat arbetssätt. Standardiserat arbetssätt är grunden för implementering av leanverktyg. Det är ett sätt att standardisera arbetsuppgifter med bland annat en uppsättning instruktioner om hur arbetsuppgifter ska utföras. Standardiserat arbetssätt kan även fungera som analysverktyg där observation av genomförandet för arbetsuppgifter sker för att identifiera slöserier. Vidare kan de slöserier som upptäcks även elimineras genom att exempelvis utforma instruktionerna så att de icke-värdeskapande aktiviteterna inte upprepas i framtiden.

Ekonomisk orderkvantitet (EOQ) används för att bestämma det optimala antalet produkter i en batch sett ur ett kostnadsperspektiv. Formeln syftar till att balansera de årliga lagerhållningskostnaderna vilka ökar med större batchstorlekar, med de årliga ställkostnaderna vilka ökar vid fler ställtillfällen. Dessa kostnader utgör tillsammans totalkostnaden. De båda kostnaderna beskrivs som funktioner av batchstorlek och den optimala batchstorleken hittas där totalkostnaden är minimerad. EOQ-formeln beskriver den optimala batchstorleken, den totala kostnaden förknippade med batchutförning, samt optimal tillverkningsfrekvens. EOQ-Formelns parametrar bygger på en rad förenklingar av verkligheten och den har kritiserats för att vara ett för trubbigt verktyg för produktionsplanering. Likväl är EOQ-kurvans lutning relativt flack, vilket medför att små fel i parametrarna har en begränsad påverkan på totalkostnaden. Ofullständiga och förenklade parametrar är därmed användbara. De årliga lagerhållningskostnaderna beräknas ofta genom användandet av en lagerhållningsränta för att förenkla beräkningarna. Lagerhållningsräntan anger hur stor del av en produkts värde produkten kostar att lagervar i ett år. Det råder delade meningar om vilken lagerränta som är bäst lämpad och det skiljer sig branscher emellan.

Påläggskalkyler används för att beräkna de kostnader som tillkommer vid tillverkning av en produkt. Dessa kostnader kan sedan delas upp i rörliga och fasta kostnader för att fastslå vilka kostnader som påverkas av volymförändringar och vilka som inte påverkas. Påläggskalkyler utför en fullständig kostnadsfördelning vilket innebär att även de indirekta kostnaderna för tillverkning tillskrivs kostnadsbäraren genom användandet av pålägg. Indirekta kostnader inom ett visst kostnadsslag antas samvariera med de direkta kostnaderna inom samma kostnadsslag. Därav beräknas den indirekta kostnaden som ett procentuellt pålägg av dess motsvariga direkta kostnad. Uppdelningen av kostnadsslag och storleken på pålägg kan variera avsevärt mellan olika verksamheter. För att säkerställa relevansen och tillförlitligheten i kalkyleringen är det vanligt att kalkylerna skraddarsys för den specifika branschen.

## 5. Resultat & Analys

Följande kapitel redovisar den insamlade datan angående Kåpan från AB Formplast. En del av den kvantitativa datan redovisas genom en värdeflödesanalys med syfte att kartlägga hela produktionsflödet för Kåpan. I Värdeflödesanalysen presenteras materialflödet samt informationsflödet för Kåpan. I materialflödet illustreras liggtid för de olika lagrena samt tider för processer i produktionsflödet. Kartläggningen visar den kronologiska ordningen från att material köps in till att Kåpan är färdigförädlad och klar för leverans till kund. Därefter analyseras kartläggningen av Kåpans värdeflöde för att visa möjligheter till effektivisering i flödet.

Variationen i produktionskostnaden mellan tillverkningsomgångar redovisas genom att undersöka och jämföra de olika tillfällena då Kåpan tillverkats under året med den kvantitativa datan från Monitor. I resultat & analys presenteras och jämförs olika tillverkningsomgångar för att undersöka vad som kännetecknar en bra tillverkningsomgång kontra en dålig tillverkningsomgång.

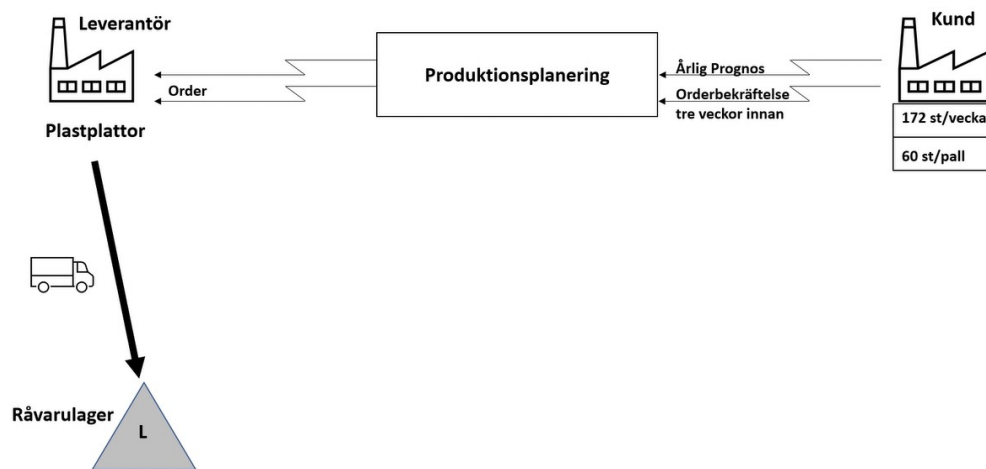
Kostnaderna förknippade med tillverkningen av Kåpan presenteras och analyseras genom en självkostnads kalkyl. Fördelningen av kostnaderna presenteras för 2022 års tillverkningsomgångar för Kåpan och batchstorlekens inverkan på självkostnaden redogörs för. Batcherna producerade under 2022 analyseras med teori om EOQ genom att presentera total kostnad för olika batchstorlekar. Efterfrågan på Kåpan har senaste året genomgått en förhöjd efterfrågan. Därför appliceras även EOQ på den nya efterfrågan.

### 5.1 Värdeflödesanalys

I detta kapitel redovisas en värdeflödesanalys av flödet för Kåpan. AB Formplasts höga variation i produktsortimentet resulterade i att Kåpan producerades sporadiskt. Dessutom identifierades stora variationer i batchstorlekar och lagernivåer mellan tillverkningsomgångar. Eftersom Kåpan inte alltid figurerade i produktionen, och produktionsflödet varierade mellan tillverkningsomgångarna, försvårades utförandet av värdeflödesanalys. På grund av detta var inte en värdeflödesanalys baserad på endast ett fall rättvisande. Därför kombineras primärdata i form av uppmätta tider i produktionen med historik från Monitor för olika omgångar för att skapa den mest rättvisande bilden av flödet för Kåpan. Värdeflödesanalysen är därmed en sammanställning av ett genomsnittligt produktionsflöde för Kåpan.

### 5.1.1 Kartläggning från Kund till Inleverans

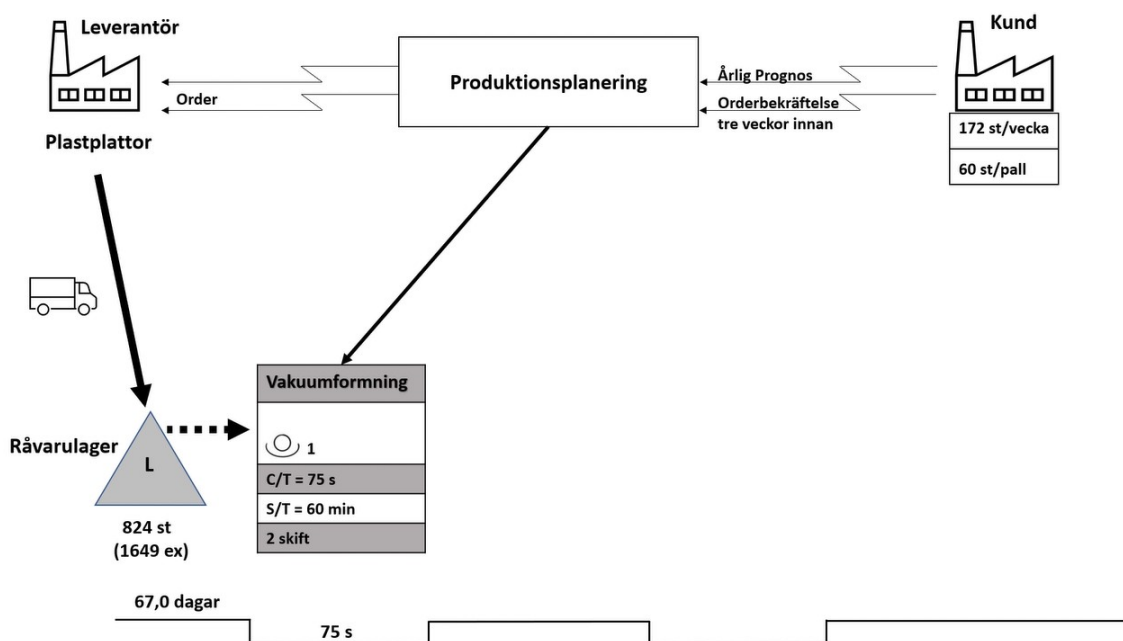
Under 2022 var kundens efterfrågan i snitt 172 exemplar produkter per vecka. Batcherna som tillverkades under året tillverkades inte inför varje leverans utan tillverkades istället mot lager. Kunden ger en årlig prognos för behovet av Kåpan till Formplast där de bekräftar varje order tre veckor innan den ska levereras. I bekräftelsen får Formplast information om när kunden vill ha produkterna samt antalet produkter. När ordern är bekräftad bestämmer produktionsplaneringen en körplan för när Kåpan ska produceras samt vilka maskiner som ska användas. Inköpet sker på liknande sätt som prognosen från kund. Formplast har i deras affärssystem Monitor, en prognos ett år framåt med behov av inköp av plastplattorna som används vid formningen. AB Formplast bekräftar inköpsordern en tid i förväg till leverantören som sedan levererar beställt antal plattor till Formplast. 988 plastplattor köps i genomsnitt in vid varje tillfälle. Plastplattorna skickas med lastbil till Formplast och väl framme lagras de på råvarulagret.



Figur 5.1: Kartläggning av nuvarande tillstånd, kund till inleverans.

## 5.1.2 Kartläggning av Råvarulager och Vakuumformning

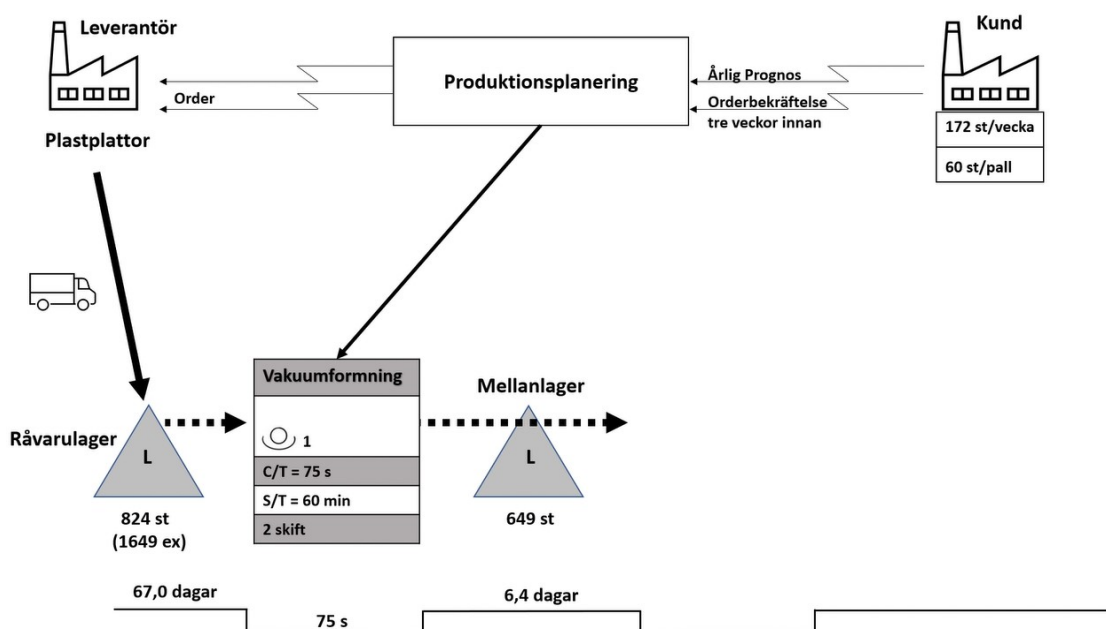
Ett säkerhetslager på 330 exemplar plastplattor till Kåpan lagerhålls i råvarulagret. Medellagret fastställs därmed till 824 plastplattor. Dessa räcker till 1648 exemplar av Kåpan eftersom verktyget som används i vakuumformningen är av dubbelkavitet vilket innebär att en platta blir två produkter. Den genomsnittliga liggtiden för dessa är 67 dagar. I samråd med produktionsplaneraren och körschemat från Monitor får skiftets arbetsledare informationen om vad som ska produceras. Arbetsledaren förmedlar informationen om vad som ska produceras till operatörerna och produktionen av Kåpan påbörjas. Operatören stämplar in på ordern och börjar ställa vakuumformningsmaskinen enligt specifikation för Kåpan. Tiden det tar att ställa maskinen skiljer mellan operatörer men den genomsnittliga tiden för att ställa vakuumformningsmaskinen är 60 minuter. Efter stället är klart påbörjas produktionen av Kåpan. Efter att vakuumformningsmaskinens inställningar ändrats behöver de finjusteras och anpassas ytterligare till körningen. De första exemplaren i en ny batch blir därmed ofta av undermålig kvalitet och måste kasseras. Två exemplar beräknas kasseras i början av varje batch. Processtiden för vakuumformningen är genomsnittligen 150 sekunder, formningsverktyget har dubbelkavitet, alltså kommer det ut två produkter var 150:e sekund. Därav beräknas cykeltiden vara 75 sekunder. Formplast kör tvåskift i hela produktionsflödet. Genomsnittlig batchstorlek vid vakuumformningen är 649 exemplar.



Figur 5.2: Kartläggning av nuvarande tillstånd, råvarulager till vakuumformning.

### 5.1.3 Kartläggning av Mellanlager

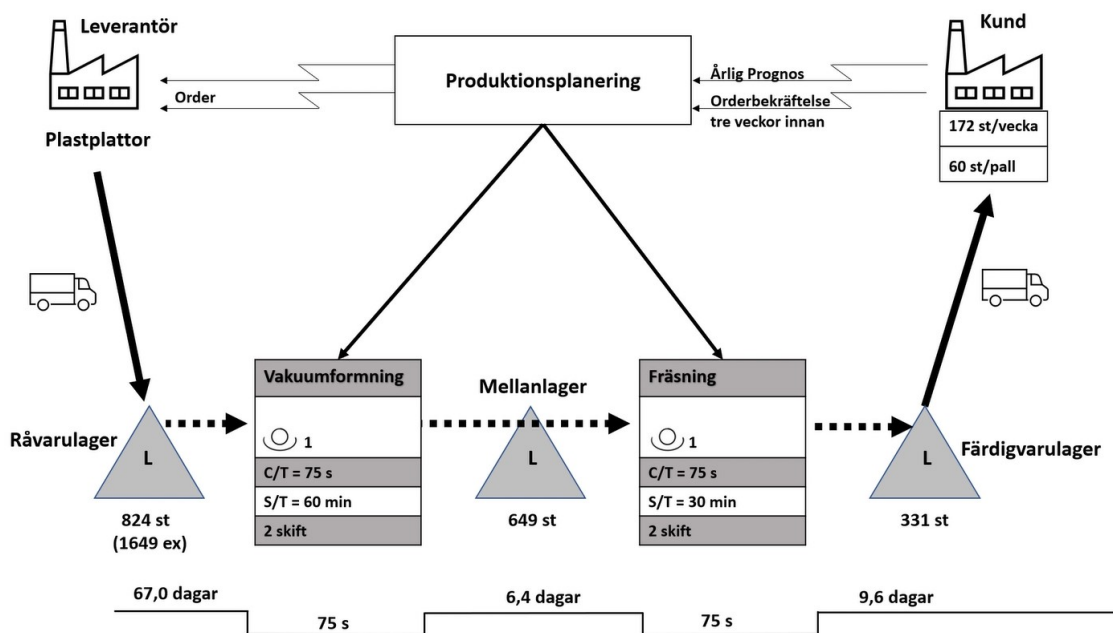
Alla färdiga pallar från vakuumformningen transporteras med truck till mellanlager. Om utrymme i mellanlager saknas ställs färdiga pallar bland vakuumformningsmaskinerna där utrymme finns. Detta medför komplikationer i produktionen då framkomligheten för truckförare försvaras samt att det blir svårare att veta vart de färdigformade produkterna lagerhålls. Medelantalet formade produkter som ligger på mellanlagret är 649 exemplar, alltså den genomsnittliga batchstorleken i vakuumformningen. Mellanlagring av Kåpan förekommer enbart under en tillverkningsomgång och därför är antalet mellanlagrade Kåpan bara av relevans när produkten produceras. Kåpan har en genomsnittlig liggzeit på 6.4 dagar. Detta innebär att tiden mellan att vakuumformningen är klar och fräsoperationen startas är 6.4 dagar i genomsnitt. Sammanfattningsvis ligger i genomsnitt 649 exemplar av Kåpan på mellanlagret i genomsnitt 6.4 dagar. Batchstorleken varierar för Kåpan mellan tillverkningsomgångar för både vakuumformning och fräs men de produkter som vakuumformats fräses i princip alltid upp. Därmed minskar inte mellanlagrets antal i takt med efterfrågan utan alla formade produkter i mellanlagret fräses upp vid samma tillfälle. Därför är liggzeiten beräknad efter hur länge produkterna i genomsnitt ligger på mellanlagret innan de fräses upp. Den vanliga metoden att beräkna liggzeiten där man tar hänsyn till efterfrågan blir i detta fall missvisande. Nästa steg i flödet är fräsen där operatören startar sin order när de ser att det är dags för att köra Kåpan i körschemat.



Figur 5.3: Kartläggning av nuvarande tillstånd, mellanlager.

## 5.1.4 Kartläggning från Fräsning till Utleverans

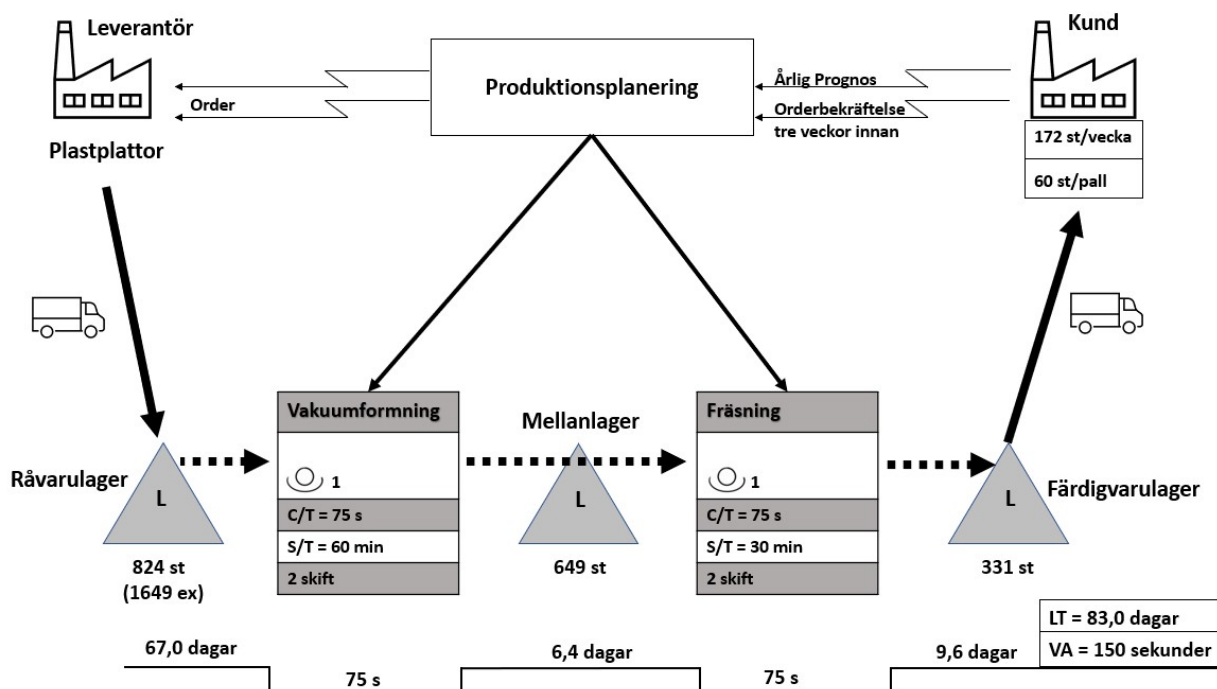
Operatören i fräsavdelningen stämplar in på ordern och ställer därefter in fräsen specifikt för Kåpan. Fräsen ställtid kan också variera mellan operatörer men är i genomsnitt 30 minuter. När maskinen är ställd påbörjas processen. Fräsen fixtur är av enkelkavititet, det vill säga att ett exemplar produceras för varje processtid. För Kåpan kör AB Formplast två fixturer parallellt i samma fräsmaskin. Den ena fixturen hanteras av operatören medan den andra fräses i maskinen. På detta sätt utnyttjas fräsen kapacitet till högre grad eftersom fräsen verktyg i princip bearbetar produkten konstant. Detta gör att operatörens hanteringstid inte påverkar processtiden vilket resulterar i en lägre cykeltid. Detta kallas tandemkörning. Processtiden för fräsoperationen är 150 sekunder. Fräsen producerar två exemplar produkter under processtiden vilket resulterar i en cykeltid på 75 sekunder. Mätningar visade att fräsen processtid varierade mellan olika tillverkningsomgångar och operatörer. Den genomsnittliga batchstorleken som fräses är 661 exemplar. Trots att samtliga exemplar av Kåpan som har vakuumformats också fräses upp, skiljer sig den genomsnittliga batchstorleken på vakuumformningen och fräsen något. Enligt datan i Monitor är genomsnittliga batchstorleken något större för fräsen än vakuumformningen. Till skillnad från vid vakuumformningen sker det vanligtvis inga kassationer i början av fräsoperationen. Efter färdig fräsoperationen transporteras batchen till färdigvarulagret. I färdigvarulagret lagras de färdiga produkten för att skickas vidare till kund. I enlighet med kapitel 4.3.2 beräknas det genomsnittliga färdigvarulagret som halva batchstorleken. Kåpan ligger i snitt 9.6 dagar på färdigvarulagret om 331 st.



Figur 5.4: Kartläggning av nuvarande tillstånd, fräsning till utleverans.

### 5.1.5 Färdigställd Värdeflödesanalys

Leveranser till kund sker i omgångar. Kunden bekräftar ordern tre veckor innan specificerat leveransdatum. Den genomsnittliga efterfrågade volymen är 172 produkter per vecka men variation finns mellan veckor i antal produkter och antal leveranser. Varje pall innehåller 60 produkter enligt kundönskemål, kunden får alltså i genomsnitt nästan tre pallar från Formplast varje vecka. Formplasts produktion av Kåpan har därmed en genomsnittlig ledtid på 83 dagar och den värdeadderande tiden, VA, är 150 sekunder. I nedanstående figur illustreras den genomförda värdeflödesanalysen på Formplast. Ovanstående kvantitativ information är presenterad i figuren nedan.



Figur 5.5: Färdigställd nulägeskarta för värdeflödesanalys.

Råvarulagret är den del i värdeflödet som bidrar mest till ledtiden. Liggtiden på råvarulagret är 67 dagar. Lagerhållning i råvarulagret är dock det lager som bidrar minst till kapitalbindning eftersom inga produkter hunnit förädlas vid det stadiet i processen. Ingen värdeadderande har då skett på materialet vilket är mer förmånligt än en lång liggtid i mellanlager och färdigvarulager. Problem förknippade med omfattande lagerhållning minimeras i råvarulagret på grund av att plattorna som lagerhålls är enklare att lagerhålla jämfört med formade produkter. Detta grundar sig i att varje enskild platta tar upp mindre plats jämfört med när den är formad och att själva lagerytan är större (se figur 2.2). Hursomhelst utgör råvarulagret en stor del av Kåpans ledtid.

Det omfattande mellanlagret kan härledas till att det efter vakuumbildning i genomsnitt dröjer 6.4 dagar på mellanlagret innan produkterna genomgår fräsoperationen. Sett ur perspektivet av lean production är det ett slöseri i form av lager. Slöseriet leder till att AB Formplast får längre ledtider för Kåpan. Lagerhållnings- och transportkostnader ökar också som resultat av

lager (Liker & Meier, 2006). Mellanlagret leder även till att slöseriet transport förekommer i produktionsflödet eftersom produkter transporteras mer än nödvändigt. Det kan också kopplas till slöseriet onödiga rörelser eftersom ett omfattande lager har visat sig leda till att truckförare tvingas flytta pallar och köra omvägar för att ta sig runt i fabriken. På grund av det stora produktsortimentet är det ofta svårt att produktionsplanera, och det är ofta "kö" till fräsarna. Batcher stoppas ibland utan att köras klart för att brådska producera en annan produktvariant. I nuläget är det vanligt att tillverkningen av Kåpan avbryts innan hela batchen är färdigtillverkad på grund av tidsbrist. Om produktionen ligger efter i planeringen måste ibland akuta batcher tillverkas för att undvika uteblivna leveranser eller böter från kunder. Det händer då att batcher som planerats att täcka några veckors efterfrågan avbryts för att producera en annan produkt. Det händer även att Kåpan är planerad att fräsas tätt inpå vakuumformningen men att fräsningen skjuts upp för att någon annan produkt måste fräsas akut. Detta är en förklaring till att det ofta dröjer mellan att vakuumformning och fräs körs. Mellanlagrets omfattning är en bidragande faktor för den långa ledtiden. Att minimera mellanlagret är också av speciellt stor relevans på grund av dess begränsade lagerhållningskapacitet (se kapitel 2, figur 2.2). Det är vanligt med platsbrist i mellanlagret av sådan omfattning att pallar lagras vid vakuumformningsmaskinerna och i truckgångarna eftersom lagret är fullt.

Färdigvarulagret är stort eftersom Kåpan produceras i avsevärt större batcher än vad som efterfrågas. Efterfrågan är i genomsnitt 172 exemplar per vecka. Med en batchstorlek på till exempel 1000 exemplar tillverkas 6.25 veckors efterfrågan på en gång och måste lagerhållas därefter. I genomsnitt tillverkas batcher om 661 exemplar och trenden pekar mot att batchstorleken ökar. Lagerhållning i färdigvarulagret medför högre kapitalbindning jämfört med lagerhållning i råvarulagret och mellanlagret på grund av att Kåpan har förädlats i högre utsträckning. Dessutom tar Kåpan upp mer fysisk plats i lagret när den är färdigbearbetad jämfört med när den lagerhålls som en plastplatta i råvarulagret. Detta talar också för att färdigvarulagringen av Kåpan är kostsam. Däremot är färdigvarulagret stort jämfört med mellanlagret (se kapitel 2) och produkten behöver inte lagras på golvet eller i truckgångar när den är färdigförädlad. Detta talar för att färdigvarulagret är förhållandevis hanterbart jämfört med mellanlagret.

Vid jämförelse av ledtid och värdeadderande tid framgår det att den värdeadderande tiden är en liten del av ledtiden. Det är eftersträvansvärt att den värdeadderande tiden utgör så stor del som möjligt av ledtiden (Liker & Meier, 2006). Den värdeadderande tiden och ledtiden är hursomhelst i praktiken aldrig lika långa. Ledtiden påverkar också tiden mellan AB Formplasts utbetalningar och inbetalningar. En lång ledtid medför lång tid mellan ut- och inbetalning. Lageromsättningen för AB Formplast blir också sämre på grund av ledtiden på 83 dagar (Jonsson & Mattsson 2011).

Värdeflödet för Kåpan indikerar även att andelen produkter i arbete, PIA, är hög. Ett högt antal PIA ökar kapitalbindningen för AB Formplast (Jonsson & Mattsson, 2011). När Kåpan tillverkas mellanlagras produkterna mellan vakuumformning och fräs. När produkterna mellanlagras finns det ett stort antal produkter i arbete (PIA).

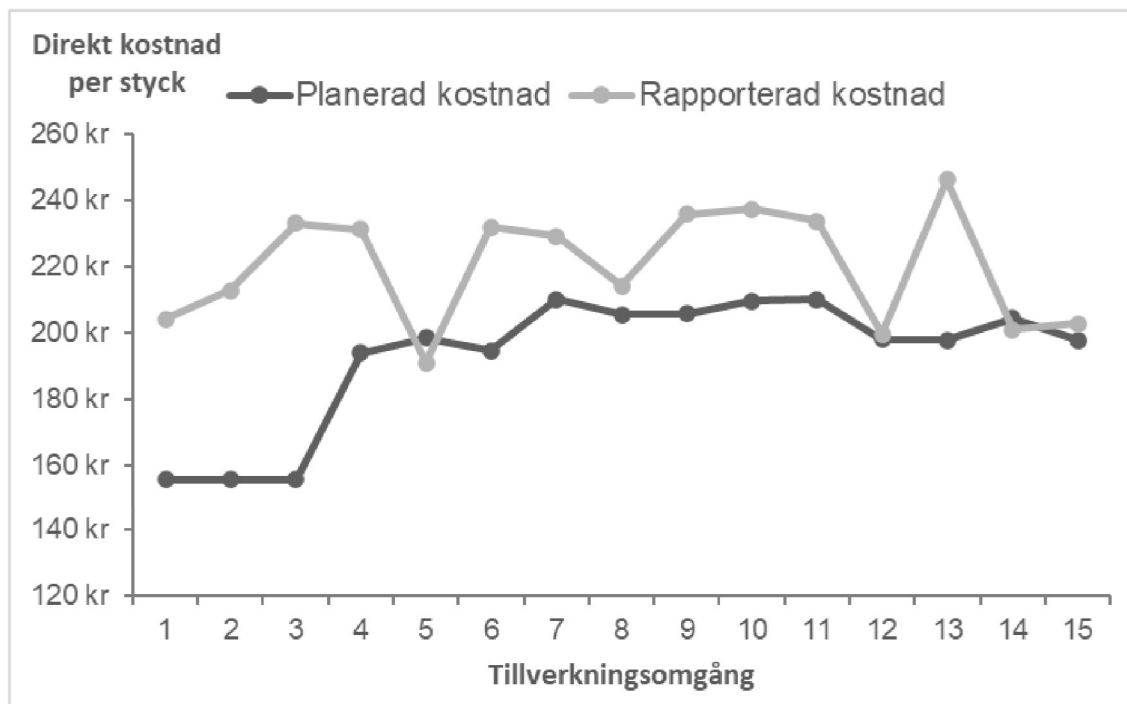
Värdeflödet har för tillfället inte något kontinuerligt flöde då AB Formplast tillverkar mot mellanlager där produkterna lagras innan de ska till fräsoperationen för färdigförädling. Processerna hos vakuumformningsavdelningen och fräsavdelningen sker dessutom självständigt. Kommunikation mellan avdelningarna och visst samarbete förekommer men till stor del arbetar avdelningarna inte gemensamt. Brist på kontinuerligt flöde och självständiga processer tyder på instabila processer i produktionen hos AB Formplast. Instabila processer försvårar möjligheten att nå konsekventa och jämna resultat (Liker & Meier, 2006). Liker och Meier menar att stabila processer är grunden till att minimera variationer och slöserier i produktion.

## 5.2 Variationen i produktionen

Värdeflödesanalysen illustrerar det genomsnittliga flödet av Kåpan under 2022. Värdeflödesanalysen belyser därmed inte de skillnader som observerades mellan tillverkningsomgångarna. För att närmare analysera de individuella tillverkningsomgångarna undersöks tillhörande för- och efterkalkyler för Kåpan under 2022. Förkalkylen utförs i affärssystemet Monitor inför varje tillverkningsomgång och beräknas utifrån estimerad tidsåtgång, materialåtgång, ställtid, kassationsgrad med mera. Efterkalkylen beräknas efter samma kostnadsposter men utförs efter tillverkningsomgångens slut och beräknas med inrapporterade värden. Både för och efterkalkylen är enbart baserad på direkta kostnader och inkluderar således inga omkostnader. Följande kapitel redovisar skillnaderna i utfall mellan årets tillverkningsomgångar och skillnaden mellan för- och efterkalkyl. Syftet är att identifiera kännetecknen för en kostnadseffektiv tillverkningsomgång och belysa orsakerna till variationen.

### 5.2.1 Jämförelse av tillverkningsomgångar

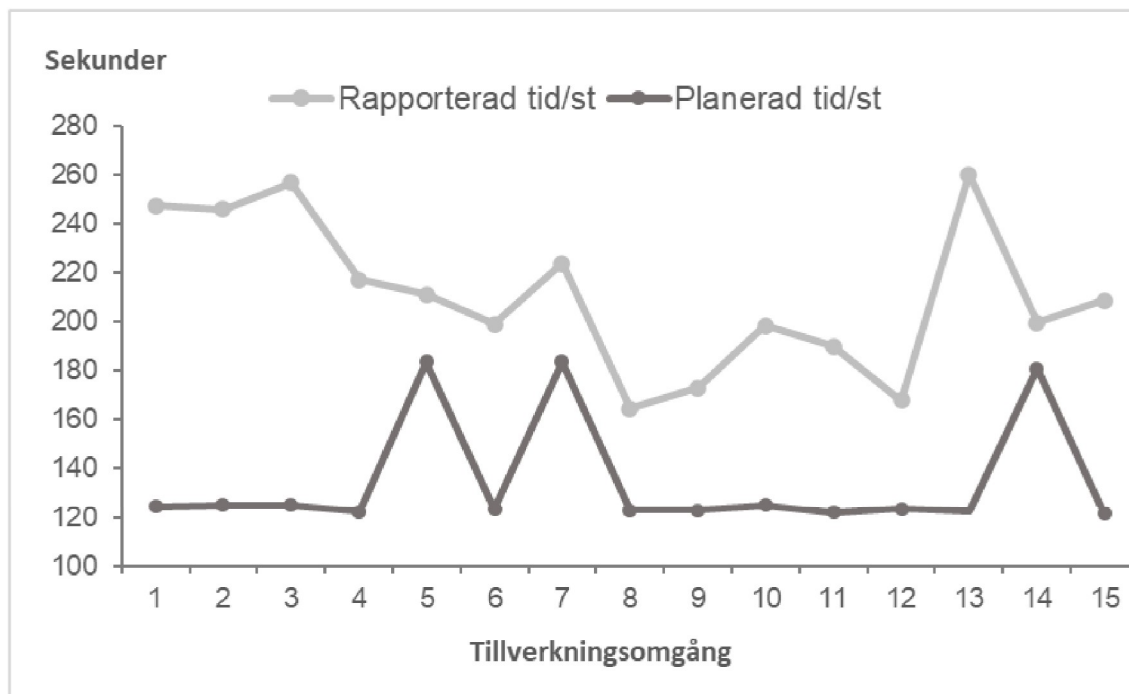
Grafen nedan visar Kåpans planerade- och efterkalkylerade direkta kostnad för alla tillverkningsstillfällen under 2022. Den direkta kostnaden för vakuumformningen och fräsningen är sammanslagen. Kostnaderna är utslagna över planerad respektive avrapporterad kvantitet och visar därför kostnad per styck.



Graf 5.1: Jämförelse mellan planerad kostnad kontra rapporterad kostnad.

Det kan fastslås att den planerade och efterkalkylerade direkta kostnaden skiljer sig åt i de flesta fall. Den planerade kostnaden stämmer alltså sällan överens med den verkliga, rapporterade kostnaden. Det kan också observeras att när dessa skiljer sig åt sker det oftast i form av att de avrapporterade kostnaderna överstiger de planerade kostnaderna, alltså var tillverkningen oftast dyrare än vad som planerats. I genomsnitt var de avrapporterade kostnaderna 15.4% större än de planerade. Det är sällan som variansen mellan den planerade och avrapporterade kostnaden för en batch gör att batchen blir billigare att tillverka. Vidare observeras att den planerade kostnaden förblir relativt konstant mellan tillverkningsomgångar. Den avrapporterade kostnaden varierar i högre grad.

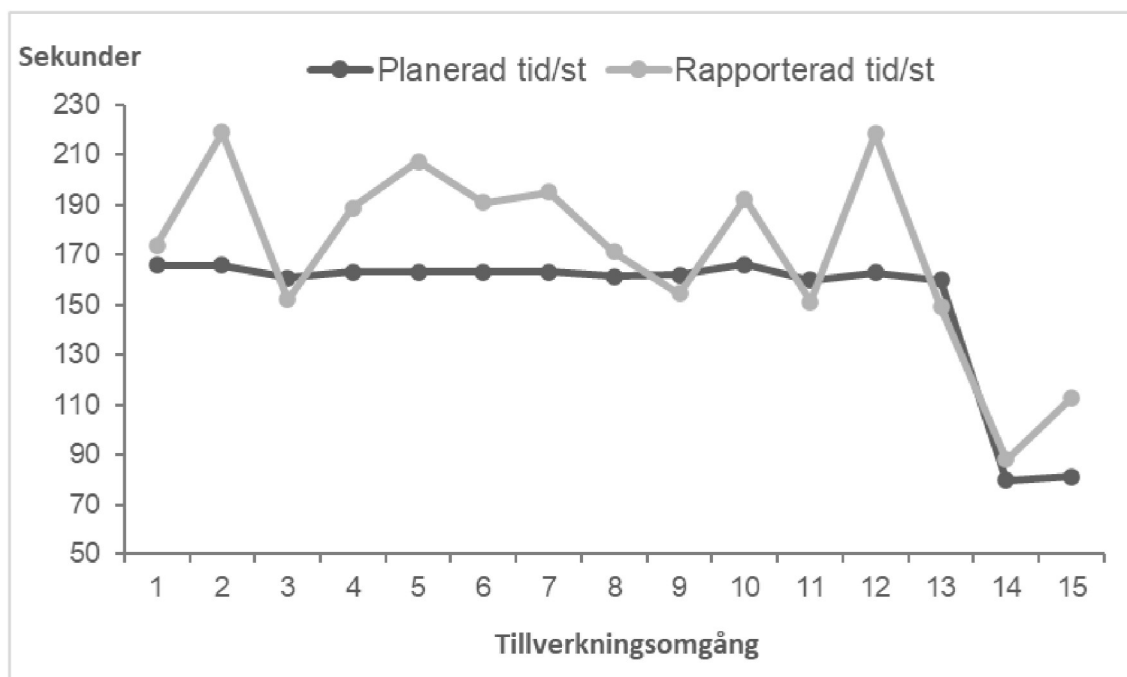
För att undersöka vad som driver variationen i kostnad analyseras faktorer som kan påverka kostnaderna. Förutom direkt material utgör arbets- och maskinkostnaderna de direkta kostnaderna. Arbets- och maskinkostnaderna är proportionella till tidsåtgång. Således kan tillverkningen av ett exemplar av Kåpan bli mer kostsam ju längre tid tillverkningen tar. Grafen nedan visar den planerade och rapporterade tidsåtgången per styck för fräsoperationen på y-axeln. X-axeln visar alla batcher under 2022.



Graf 5.2: Jämförelse av planerad tid kontra rapporterad tid för fräsning.

Från graf 5.2 kan avläsas att fräsoperationen vid samtliga tillverkningsomgångar tog längre tid än vad som planerats, i genomsnitt 60%. Detta indikerar att tidsåtgången för fräsen är för optimistiskt beräknad. Grafen visar också att den faktiska tidsåtgången skiljer sig mycket åt mellan tillverkningsomgångarna. Den produktionstekniska lösningen med tandem-körning i fräsen installerades efter att nämnd data registrerades och därmed är datan är därför inte helt representativ för Kåpans produktion i nuläget. Med tandem-körning har planerad cykeltid minskats till omkring 75 sekunder. Problemen gällande tidsvariation förknippade med fräsen väntas dock bestå.

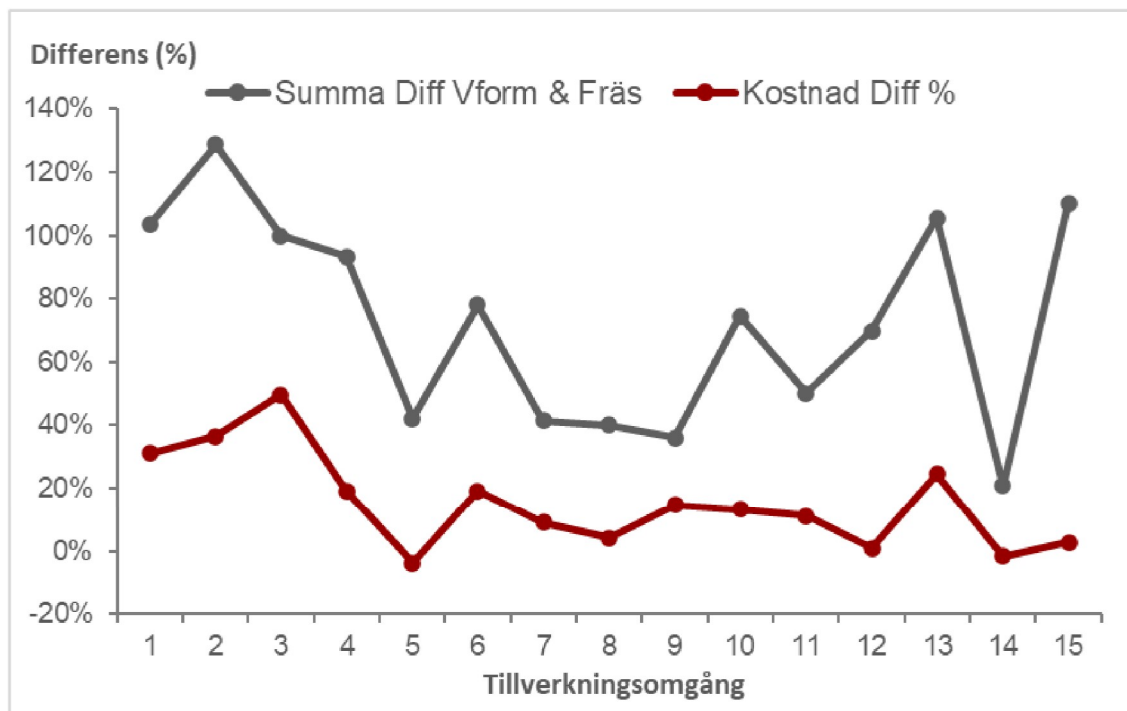
Grafen nedan visar motsvarande utfall för vakuumformningen. Den planerade tidsåtgången för vakuumformningen jämförs med den faktiska tidsåtgången. Den planerade och rapporterade tidsåtgången per styck för vakuumformningen visas på y-axeln. X-axeln visar alla batcher under 2022.



Graf 5.3: Jämförelse av planerad tid kontra rapporterad tid för vakuumformning.

Likt för fräsoperationen skiljer sig den planerade och rapporterade tidsåtgången ofta åt, men inte vid alla tillverkningsomgångar och inte i samma omfattning. I genomsnitt tog vakuumformningen 13% längre tid än vad som planerats. Vid flera tillverkningsomgångar verkar vakuumformningen ha gått snabbare än vad som planerats. Jämfört med fräsoperationen varierar tiden för vakuumformningen avsevärt mindre. AB Formplast konstruerade inför den 14:e tillverkningsomgången ett verktyg med dubbelkavitet för att använda vid vakuumformningsprocessen. Tillverkning med dubbelkavitet resulterar i att två produkter produceras för varje process. Således har cykeltiden halverats vid vakuumformning. Detta kan observeras i tillverkningsomgång 14 och 15 från graf 5.3 där den planerade cykeltiden sänkts från cirka 150 sekunder till 75 sekunder.

För att närmare undersöka hur skillnaden i tidsåtgång från vakuumformningen och fräsen påverkar kostnaden jämförs dessa nedan. Grafen nedan visar hur skillnaden mellan planerad och uppmätt tid för förädlingsprocesserna varierar i samband med skillnaden mellan planerad och inrapporterad kostnad. Skillnaden i tidsåtgång från fräsen och vakuumformningen är sammanlagden. X-axeln visar tillverkningsomgångarna för 2022 och y-axeln visar skillnad i procent.



Graf 5.4: Jämförelse tidsskillnad och kostnadsskillnad.

Det framkommer ett samband mellan att förädlingsprocesserna tar längre tid än planerat och att kostnaden blir högre än planerat. Som diskuterats har det visat sig att variationer i fräsoperationen alltid leder till högre tidsåtgång. Högre tidsåtgång leder i sin tur till att den totala direkta kostnaden för att producera Kåpan blir högre. De tre tillverkningsomgångar där uppmätt kostnad var som lägst, alltså omgång 5, 12 och 14, var också de tre batcher där variationen i tid för fräsoperation var som lägst. Som nämnt verkar inte tidsåtgången för vakuumformningen variera i samma utsträckning som fräsen. Däremot tycks det vara fallet att när väl vakuumformningen tar längre tid än vad som planerats så kan det ha en viss effekt på kostnaden. Vid tillverkningsomgång 2, 5 och 12, vid vilka vakuumformningen tog längre tid än planerat, verkar kostnaden också bli högre. Det finns dock batcher då tidsåtgången i vakuumformningen inte verkar påverka kostnaden på samma sätt och det verkar som att en batch kan bli mer kostsam trots att vakuumformningen gick snabbare än väntat som i tillverkningsomgång 3. Det är viktigt att poängtera att när väl vakuumformningen skiljer i tidsåtgång gör den inte det i alls samma utsträckning som fräsoperationen. Fräsen skiljer sig i snitt 60 % medan vakuumformningen skiljer sig i snitt 13 %. Fräsens processtid varierar i större utsträckning än vakuumformningens processtid och verkar vara den huvudsakliga orsaken bakom skillnaden i direkt kostnad.

### 5.2.2 Standardiserat arbetssätt

Ett skäl till att kostnaderna varierar verkar vara att tidsåtgången för produktionen varierar. Det uppmättes stor skillnad i cykeltid mellan olika tillverkningsomgångar, främst för fräsoperationen. Detta styrktes även av data från Monitor som visade att fräsoperationen alltid tog längre tid än vad som planerats. Cykeltiden för vakuumformningen varierade också men inte i samma utsträckning. En möjlig förklaring till att det är just fräsmaskinens cykeltid som varierar är att

fräsen är till stor del styrd av operatör medan vakuumformningsmaskinens cykeltid är nästan helt beroende av maskinen. Fräsens cykeltid är uppdelad i en del där ett förinställt program automatiskt utför arbete och i en del där operatören utför arbete manuellt. Den delen av cykeltiden som består av operatörens arbete observerades vara mottagligt för variation. Det kan ta olika lång tid att grada, kvalitetskontrollera och byta produkt. Vidare finns även möjlighet att manuellt höja eller sänka hastigheten även på det förinställda programmet. Denna funktion finns till för att kunna sakta ner fräsen när något går fel eller för att kunna köra programmet långsammare när maskinen ska ställas om. Ibland har dock cykeltiden sänkts även under vanlig produktion vilket förlänger cykeltiden. Vakuumformningsprocessen är inte lika känslig för den mänskliga faktorn som fräsen eftersom vakuumformningens cykeltid helt beror på det förinställda programmet.

Från datan som samlats in från Monitor och illustrerats i graferna under kapitlet 5.2.1 framkommer det att tidsåtgång och kostnad varierar mellan tillverkningsomgång och process. Olika operatörer utför arbetet på olika sätt och samma operatörer utför arbetet på olika sätt mellan batcher. Det finns i nuläget inte något fastställt standardiserat arbetssätt och därmed utförs fräsoperationen på olika sätt. Det finns en önskad cykeltid, den planerade, vilken används som mål men denna återspeglar sällan den verkliga. Det finns ingen plan för hur arbetet ska genomföras steg för steg.

### 5.2.3 Mellanlagrets struktur och ordning

Ett annat möjligt skäl till den uppmätta tids- och kostnadsvariationen grundar sig i mellanlagrets struktur och ordning. Mellanlagret utgörs av en öppen yta utan bestämda platser för olika artiklar. Pallar med vakuumformade artiklar fylls på allteftersom de blir klara i väntan på att fräsas. När produkter sedan skall transporteras till fräsoperationen står därför ibland andra produkter i vägen. Detta gäller särskilt vid produktionen av Kåpan eftersom den tillverkas i stora volymer jämfört med andra produkter på AB Formplast och tar därför upp betydande utrymme på mellanlagret. Truckförare behöver då flytta pallar för att komma åt de produkter som står längre in på mellanlagret. När beläggningen på lagret är hög försvåras truckförarnas arbetsuppgifter vilket kan skapa förseningar i tillverkningen. Samma problem identifieras inte i råvarulagret eller färdigvarulagret eftersom dessa lagerutrymmen har pallställ vilket medför utökad lagerhållningskapacitet. Pallställ förenklar även hanteringen av pallar som är staplade på höjden. Jämfört med mellanlagret är dessa lagerutrymmen dessutom större till ytan vilket mildrar dessa problem. I råvarulagret förvaras enbart plastplattor vilka tar upp jämförelsevis lite plats.

Mellanlagret påverkar framförallt produktionens omkostnader när beläggningen är särskilt hög. Vid platsbrist i mellanlagret lagerhålls istället vakuumformade artiklar bredvid maskiner och i truckgångar, ofta i den delen av fabrikslokalen som är avsedd för vakuumformning. Pallar som står i vägen för truckförare och maskinoperatörer utgör ett störningsmoment vilket förhindrar och fördröjer deras arbete. Återigen beror denna störning på graden av beläggning av mellanlagret vilket är olika från batch till batch. Beläggningen av mellanlagret beror på hur stora batcher som tillverkas och hur länge produkterna sedan lagras. Produkterna mellanlagras i snitt i 6.4 dagar men även detta skiljer sig mycket mellan tillverkningsomgångar. Storleken på

batcherna har varierat mellan tillverkningsomgångar. Kostnaderna förknippade med stora lager är exkluderade från både för- och efterkalkyl och är därför dolda kostnader.

## 5.3 Batchutformning

För- och efterkalkylen redovisar Kåpans direkta kostnader. Följande kapitel syftar till att redogöra för de indirekta kostnader som orsakas av Kåpan. Tidsåtgång, materialåtgång, antal kassationer och andra kostnader estimeras för att skapa en självkostnadskalkyl. Genom pålägg tar självkostnadskalkylen även hänsyn till verksamhetens omkostnader. Genom att dela upp självkostnaden i ställkostnader och rörliga kostnader är det möjligt att veta vilka kostnader som påverkas av förändringar i batchstorlek och vilka som inte gör det. Tidsåtgång, lön, materialkostnader och pålägg följer AB Formplasts egna beräkningar. Följande kapitel redogör för hur självkostnadskalkylen genomförs.

Kapitlet redogör även för hur batchstorlek påverkar Kåpans självkostnad. Årets tillverkade batcher och dess tillhörande självkostnad jämförs för att belysa självkostnadens volymkänslighet.

För ytterligare inblick i batchutformningens inverkan på indirekta kostnader jämförs även årets tillverkade batcher med teorin om ekonomisk orderkvantitet (EOQ). Lagerhållningskostnaderna för Kåpan beräknas och jämförs med ställkostnaderna. Den batchstorlek som medför den lägsta totalkostnaden jämförs med de batchstorlekar som tillverkats under året. Kapitlet belyser den potentiella reduktionen av totalkostnaden.

### 5.3.1 Ställkostnad och rörlig kostnad

Ställkostnaderna för Kåpan utgörs av de kostnader som är oberoende av hur många exemplar som tillverkats. Kåpans ställkostnad utgörs av operatörskostnader, maskinkostnader, uppstartskassationer och omkostnader. Alla ställ skiljer sig i hur lång tid de tar att genomföra men det uppskattas att ett typiskt ställ på en vakuumformningsmaskin genomförs på 60 min och ett typiskt ställ på en fräsmaskin genomförs på 30 min. Ställ på vakuumformningen beräknas kräva två operatörer. Ställ på fräsen beräknas kräva en operatör. Fräs- och vakuumformningsmaskinerna beräknas kosta 300 kr/h respektive 460 kr/h och operatörerna 300 kr/h. Vid varje ny batch väntas två plastplattor kasseras under vakuumformningen. På grund av att Kåpan tillverkas med dubbelkavitet kasseras fyra exemplar. Materialet kostar 126 kr/styck för Kåpan. Dessa utgör de direkta ställkostnaderna.

Det beräknas att det tillkommer materialomkostnad (MO) på 10% vilket läggs på materialkostnaden för uppstartskassationerna. Tillverkningsomkostnader (TO) på 40% läggs på direkt lön och maskinkostnad. Utöver tillverkningskostnaden (TVK) tillkommer indirekta kostnader kopplade till ställ i form av affärsomkostnader (AO) och försäljningsomkostnader (FO) vilka båda är 10%. AO och FO läggs som pålägg på tillverkningskostnaden. Ställkostnaden (S) beräknas till 2950.1 kr per batch.

<b>STÄLL KOST (S)</b>	<b>Vform</b>	<b>Fräs</b>
dM	504,0	0,0
MO (10%)	50,4	0,0
dL	600,0	150,0
dT	460,0	150,0
TO (40%)	424,0	120,0
<b>TVK</b>	<b>2038,40</b>	<b>420,00</b>
AO (10%)	203,8	42,0
FO (10%)	203,8	42,0
<b>S</b>	<b>2 446,1</b>	<b>504,0</b>
<b>TOT S</b>	<b>2 950,1</b>	

*Tabell 5.1: Sammanställd ställkostnad för Kåpan.*

Rörliga kostnader utgörs av de kostnader som är proportionella till hur många exemplar som tillverkats. De rörliga kostnaderna består av direkta och indirekta kostnader. De direkta utgörs av materialkostnad på 126 kr/styck och arbets- och maskinkostnad på 28,3 kr/styck. Arbets- och maskinkostnaderna beror på Kåpans cykeltid för förädlingsprocesserna. Dessa är beräknade med cykeltid på 75 sekunder för både fräsen och vakuumformen. Likt för ställkostnaden används samma pålägg för att fördela de indirekta kostnaderna. Rörliga kostnader uppgår till 212,3 kr/styck.

<b>RÖRLIG KOST (R)</b>	<b>Vform</b>	<b>Fräs</b>
dM	126,0	0,0
MO (10%)	12,6	0,0
dL	6,3	6,3
dT	9,6	6,3
TO (40%)	6,3	5,0
<b>TVK</b>	<b>160,8</b>	<b>17,5</b>
AO (10%)	16,1	1,8
FO (10%)	16,1	0,2
<b>R</b>	<b>192,9</b>	<b>19,4</b>
<b>TOT R</b>	<b>212,3</b>	

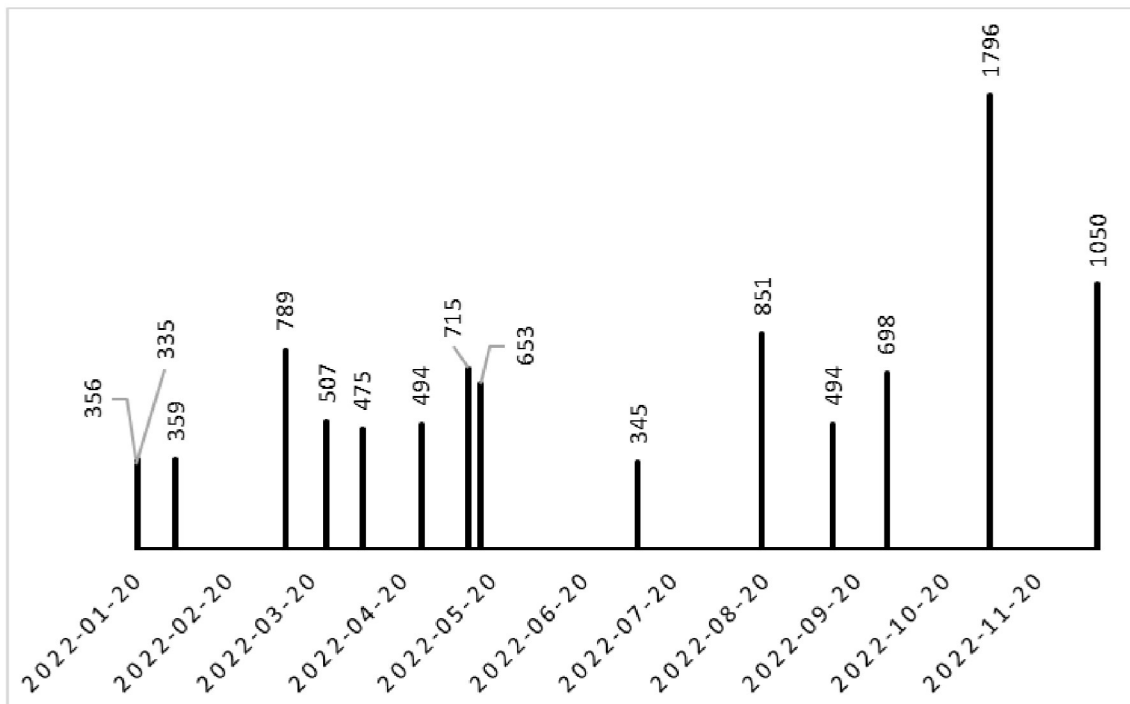
*Tabell 5.2: Rörliga kostnader för Kåpan.*

De rörliga kostnaderna och ställkostnaderna utgör tillsammans självkostnaden (SJK). Ställkostnaderna är oberoende av volym och förblir därmed densamma oavsett hur stor batch som tillverkas. Vid större batcher slås ställkostnaden ut på fler exemplar och självkostnaden per styck blir därmed lägre. De rörliga kostnaderna är beroende av volym och ökar alltså vid större batcher. Per exemplar förblir de rörliga kostnaderna konstanta, oavsett batchstorlek. Självkostnaden per styck beräknas som rörliga kostnader per styck (R) + ställkostnader (S) dividerat med batchstorlek (Q). Kalkylen beräknar självkostnaden enskilt för varje batch enligt:

$$SJK = \frac{S}{Q} + R$$

### 5.3.2 Nuvarande tillstånd

Efterfrågan på Kåpan under 2022 var 8 960 exemplar utspritt till 172 styck per vecka. Dessa tillverkades i batcher, och lagrades sedan innan försäljning. Kåpan vakuumformades och frästes i 15 olika batcher under 2022 i varierande storlek. Eftersom alla exemplar av Kåpan som vakuumformats också fräses upp kombineras operationernas kostnader till en kostnad. Ställkostnaderna förknippade med vakuumformning och ställkostnaderna förknippade med fräs slås därmed ihop till en gemensam ställkostnad (S). Detsamma gäller för operationernas rörliga kostnader (R). Graf 5.5 visar datum för batchtillverkning på x-axeln och hur många exemplar som tillverkats i varje batch på y-axeln. Den genomsnittliga batchstorleken var 661 exemplar men ökade under årets gång. Det kan observeras från grafen att batchstorlekarna var avsevärt större än den veckovisa efterfrågan. Vidare kan konstateras att batchernas storlek ökade under året. De större batcherna som tillverkades mot slutet av året utgör flera veckors efterfrågan.

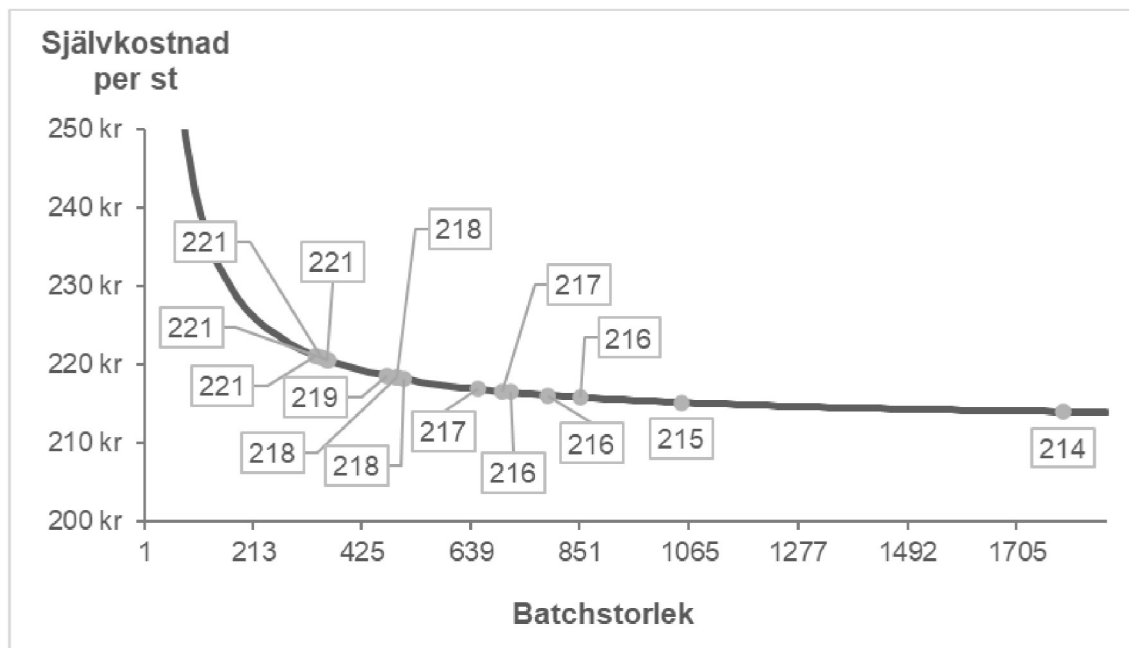


Graf 5.5: Tillverkningsomgångars datum och batchstorlek 2022.

Batchstorlekarnas ökning beror till viss del på att efterfrågan fortsätter att öka. Efterfrågan ökade under året och efterfrågan för 2023 beräknas öka ännu mer. Ökad efterfrågan kräver ökad produktion och således måste tillverkningsfrekvensen eller batchstorlekarna öka. Efterfrågan för 2023 kan kräva en ökning av både tillverkningsfrekvens och batchstorlek. Den ökande storleken på batcherna har också en förklaring av ekonomisk natur. Eftersom den totala ställkostnaden för en batch är oberoende av batchens storlek medför större batcher att ställkostnaden per styck minskar. Batchstorleken är den enda variabeln som påverkar självkostnaden under antagandet att S och R är oberoende av volym. Som tidigare diskuterat beräknas självkostnaden per styck som summan av rörliga kostnader och ställkostnader dividerat på batchstorlek enligt formeln:

$$SJK = \frac{S}{Q} + R$$

Kåpan har tillverkats i batcher av varierande storlek under 2022 och således har även självkostnaden för de olika batcherna varierat. I graf 5.6 visas hur Kåpan producerats under 2022 i förhållande till självkostnadskalkylen. Grafen nedan visualiserar formeln ovan givet S= 2950.1 kr och R= 212.3 kr/styck vilket gäller för Kåpan. X-axeln visar batchstorlek och y-axeln visar självkostnad per styck. Rutorna visar Kåpans självkostnad för de producerade batcherna under året.



Graf 5.6: Självkostnad för olika tillverkningsomgångar 2022.

Självkostnaden per styck minskar i samband med större batcher. Det matematiska sambandet medför att skillnaden i självkostnad är stor vid relativt små batcher. Till exempel kostar en artikel från en batch med 1 exemplar 3162 kr/styck att tillverka medan en artikel från en batch med 10 exemplar kostar 507 kr/styck. Grafen visar också att en ökning av batchstorlek på redan

stora batcher har mindre effekt på självkostnaden. En batch på 200 exemplar ger en självkostnad på 227 kr/styck medan en batch på 400 exemplar ger en självkostnad på 220 kr/styck. En fördubbling av batchens storlek ger alltså vid dessa volymer en kostnadsreducering på 7 kr/styck.

Graf 5.6 visar att de minsta batcherna på omkring 350 exemplar har en självkostnad på 221 kr/styck. Kåpan har tillverkats i batcher av 661 exemplar i genomsnitt och batchernas storlek har successivt ökat, delvis med syftet att sänka självkostnaden för produkten. Samtliga tillverkade batcher under året har beräknats kosta mellan 214 och 221 kr/styck. De senaste två batcherna är de största under året på 1790 respektive 1040 exemplar. En ökning i batchstorlek från den genomsnittliga storleken 661 exemplar till årets största batch på 1790 exemplar sänker den förkalkylerade självkostnaden från 217 kr/styck till 214 kr/styck.

Sammanfattningsvis minskar självkostnaden per styck i samband med större batchstorlekar eftersom ställkostnaden blir utslagen på fler exemplar. Det kan dock observeras att den signifikanta ekonomiska förtjänsten av att producera stora batcher görs redan vid batcher på ungefär 600 exemplar. Vid de största batcherna är reduktion av självkostnaden minimal. Som grafen och observationerna ovan visar har batchernas storlek en inverkan på Kåpans självkostnad. Batchernas storlek har varierat under 2022 och således har självkostnaden varierat.

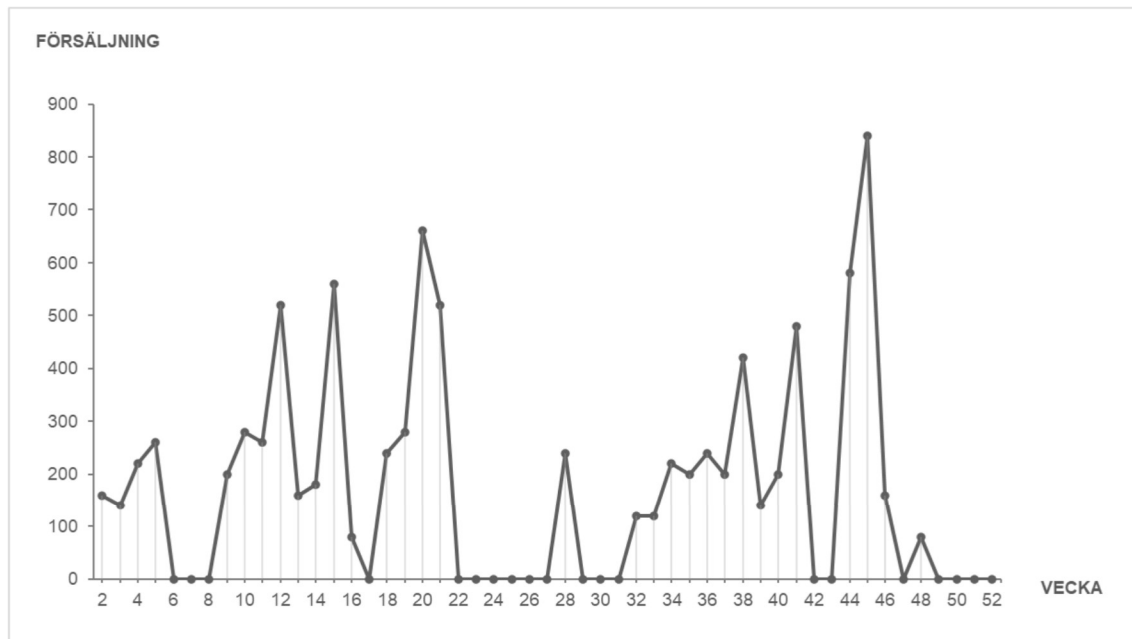
### 5.3.3 Ekonomisk orderkvantitet

Självkostnadskalkylen visar hur batchernas storlek påverkar tillverkningskostnaden men tar inte hänsyn till kostnader förknippade med lagerhållning. För en mer fullständig bild av hur kostnadseffektiv produktionen av Kåpan varit under 2022 jämförs årets batcher med ekonomisk orderkvantitet (EOQ). För att kunna producera på ett kostnadseffektivt sätt bör samtliga kostnader förknippade med batchstorlek tas hänsyn till och därför är totalkostnaden av intresse. Totalkostnad beskriver den totala kostnaden för ställ (S) och lagerhållning (H) under ett år enligt:

$$TK = \frac{E}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot H$$

EOQ är den batchstorlek vid vilken totalkostnaden är som lägst. För att beräkna totalkostnaden undersöks efterfrågan (E) nedan.

Graf 5.7 visar 2022 års försäljning veckovis, alltså efterfrågan. Y-axeln visar antal sålda exemplar av Kåpan. X-axeln visar vecka.



Graf 5.7: Efterfrågan Kåpan 2022.

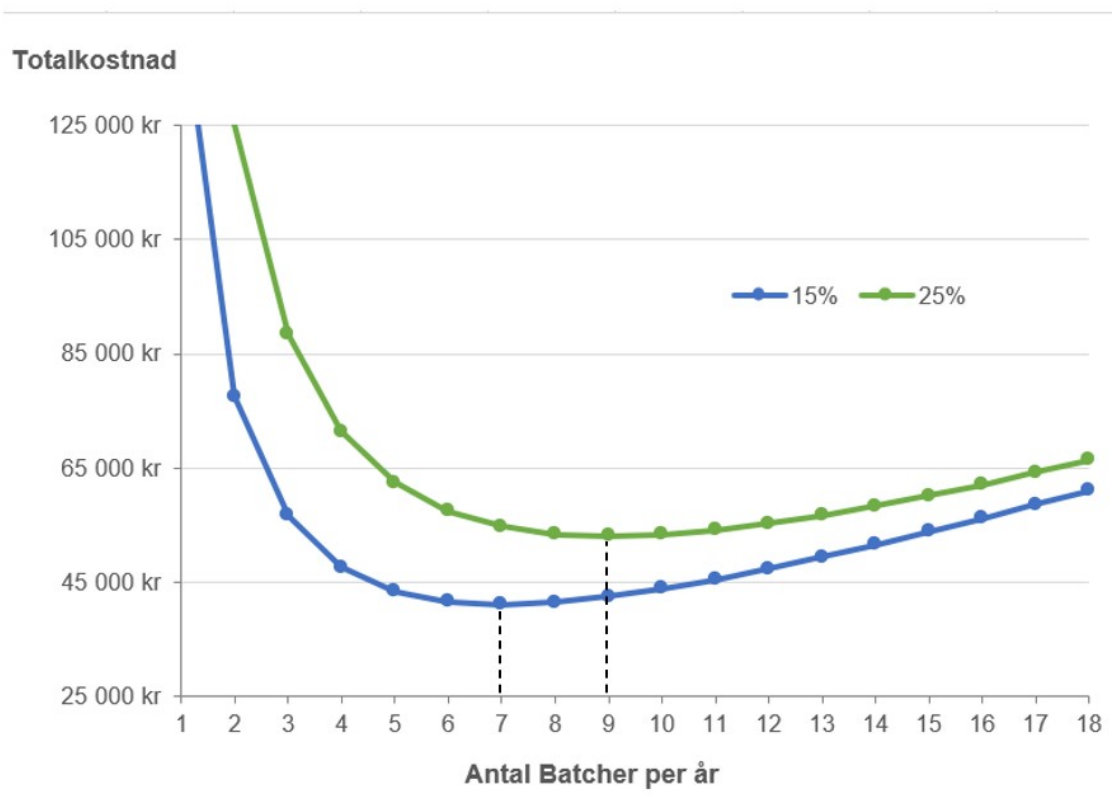
Som grafen visar har efterfrågan historiskt varit ojämn för Kåpan. Den har varierat säsongvis där försäljningen är minimal under sommaren vilket kan härledas till industrisemestern. Efterfrågan har även varierat oberoende av säsong. Grafen visar att efterfrågan följer ett nästan slumpartat mönster. Totalt var efterfrågan (E) 8960 st under 2022.

Vid konstant efterfrågan är medellagret okomplicerat att beräkna. Som beskrivet i teorin beräknas medellagret som halva batchstorleken ( $Q/2$ ) eftersom lagret då förbrukas i jämn takt. Den beräkningen bygger på antagandet att efterfrågan är jämn och att lagret fylls på omedelbart. Detta stämmer inte överens med verkligheten för Kåpan. Efterfrågan är för det mesta noll, tills kunden lägger en order vid vilken efterfrågan omedelbart stiger till ett hundratal exemplar. Lagret fylls heller inte på omedelbart, utan fylls på allteftersom produkter blir färdigbearbetade. Efterfrågan är alltså komplex, och stämmer inte helt överens med de antaganden om verkligheten som EOQ-formeln förutsätter. Att beskriva färdigvarulagret som  $Q/2$  är alltså en förenkling. Likväl gäller sambandet att färdigvarulagret ökar med större batchstorlekar och  $Q/2$  ger en någorlunda rättvis bild av lagernivån, trots förenklingen.

Medellagret multipliceras med lagerräntan ( $L$ ) och Kåpans rörliga kostnader för att beräkna lagerhållningskostnad ( $H$ ). Enligt AB Formplast är en lagerränta mellan 15% och 25% representativ för Kåpan. Därför presenteras totalkostnad för två olika lagerräntor givet det gångna årets efterfrågan på 8960 exemplar av Kåpan enligt:

$$TK = \frac{E}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot R \cdot L$$

Ställkostnaden innefattar ställkostnaden för både vakuumbildningen och fräsen. Nedan presenteras, i graf 5.8, totalkostnaden för 15% och 25% lagerränta på y-axeln. På x-axeln visas antalet batcher tillverkade på ett år. De streckade linjerna markerar det antal batcher per år som minimerar totalkostnaden för respektive lagerränta.



Graf 5.8: Totalkostnad för efterfrågan på 8960 per år.

Den punkt där de årliga ställ- och lagerhållningskostnaderna, det vill säga totalkostnaden, är som minst är EOQ. Batcher kan bara tillverkas i hela omgångar och därför avrundas antalet batcher per år uppåt till närmaste heltal. För lagerhållningsränta på 15% gäller att totalkostnaden minimeras vid tillverkning av 7 batcher per år. Detta medför en batchstorlek på 1286 exemplar. Baserat på detta tillverkades AB Formplast i genomsnitt för små batcher vilket medförde att kostnaden för ställ överträffade lagerhållningskostnaderna. Kåpan tillverkades i 15 olika batcher vilket medförde att totalkostnaden för dessa batcher översteg totalkostnaden för 7 batcher per år. Vid tillverkning av 15 batcher per år beräknas totalkostnaden vara 31 % högre än totalkostnaden för tillverkning av 7 batcher per år. Vid tillverkningsomgång 14 tillverkades 1796 exemplar av Kåpan. Tillverkning av batcher i denna storlek medför totalkostnad som överträffade den minst kostsamma batchstorleken med 6 %.

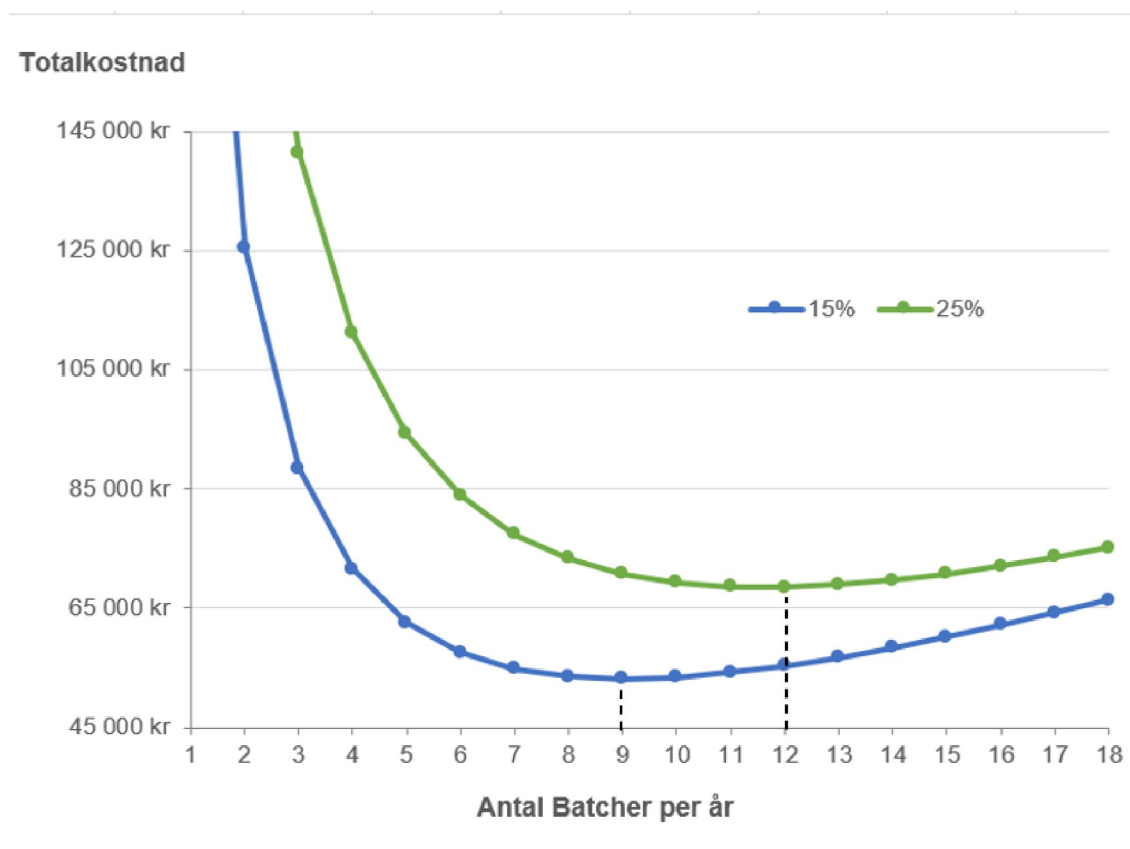
För lagerhållningsränta på 25% gäller att totalkostnaden minimeras vid tillverkning av 9 batcher per år. Detta medför en batchstorlek på 1000 exemplar. Högre lagerränta medför en högre beräknad kostnad för att lagervålla en produkt i ett år. För att minimera totalkostanden bör därmed medellagret vara lägre och således batchstorlekarna mindre. Baserat på detta var årets genomsnittliga batchstorlek på 661 exemplar ändå för liten. Totalkostnaden för att tillverka 15 batcher på ett år överträffade totalkostnaden för att tillverka 9 batcher på ett år med 13%. Enligt lagerhållningsränta på 25% tillverkades också för stora batcher (batch 14 och 15).

Batch 15 var 50 exemplar för stor jämfört med den minst kostsamma batchstorleken och skillnaden i totalkostnad var försumbar. Totalkostnaden för tillverkningsomgång 14 på 1796 exemplar var 18% högre än för den optimala batchstorleken.

AB Formplast bör överväga att tillverka större batcher av Kåpan. Detta skulle minska antalet ställtillfällen och därmed också de tillkommande ställkostnaderna. Beräkningarna av totalkostnad för olika antal tillverkningsomgångar visar att ställkostnaderna i nuläget överstiger lagerhållningskostnaderna. Därmed skulle totalkostnaden för Kåpan minska vid tillverkning av färre batcher, trots ökade lagerhållningskostnader.

Under 2023 väntas efterfrågan uppgå till 15 000 exemplar av Kåpan per år. Det är därför av intresse att beräkna vid vilken batchstorlek totalkostnaden minimeras även vid den förhöjda efterfrågan. Graf 5.9 presenterar totalkostnaden för olika batchstorlekar givet att efterfrågan är 15 000 exemplar av Kåpan om året. Nedan presenteras totalkostnaden för 15% och 25% lagerrenta på y-axeln. På x-axeln visas antalet batcher tillverkade på ett år. De streckade linjerna markerar det antal batcher per år som minimerar totalkostnaden för respektive lagerränta.

$$TK = \frac{E}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot R \cdot L$$



Graf 5.9: Totalkostnad för efterfrågan på 15 000 per år.

För lagerhållningsränta på 15% gäller att totalkostnaden minimeras vid tillverkning av 9 batcher per år. Detta medför en batchstorlek på 1667 exemplar. Baserat på lagerränta på 15%, skulle tillverkning av batcher på 1667 exemplar resultera i 38 % lägre totalkostnad än tillverkning av batcher på 661 exemplar. För lagerhållningsränta på 25% gäller att totalkostnaden minimeras vid tillverkning av 12 batcher per år. Detta medför en batchstorlek på 1250 exemplar vid vilken totalkostnaden är 24% lägre än vid tillverkning av batchstorlekar på 661 exemplar. Vid tillverkning av batcher på 661 exemplar av Kåpan skulle AB Formplast under 2023 behöva tillverka 23 olika batcher för att hinna med efterfrågan på 15 000 exemplar. Enligt totalkostnadsberäkningar med båda lagerräntorna bör AB Formplast producera Kåpan i större batcher under 2023 än vad de har gjort under 2022. För att minimera totalkostnaden bör de därmed producera vid färre tillverkningsomgångar.

För efterfrågan på 15 000 exemplar av Kåpan om året bör AB Formplast tillämpa en produktionsstrategi som innebär tillverkning av större batcher. En sådan strategi skulle bidra till att minska det totala antalet ställtillfällen och därmed också de tillhörande ställkostnaderna. Genom att analysera olika alternativ för antalet tillverkningsomgångar visar beräkningar att de nuvarande ställkostnaderna överstiger kostnaderna för att hålla lager av produkten. Därför skulle det kunna vara fördelaktigt att minska antalet batcher och istället öka lagerhållningskostnaderna. Denna strategi skulle resultera i en minskning av den totala kostnaden för Kåpan trots ökade lagerhållningskostnader.

## 5.4 Sammanfattning Resultat & Analys

I kapitel 5.1 visar värdeflödesanalysen material- och informationsflödet för Kåpan. De olika processerna beskrevs med cykeltid, ställtid och tillgänglig arbetstid. Värdeflödesanalysen visar också på att AB Formplasts nuvarande ledtid var 83 dagar. De delar av värdeflödet som förlänger ledtiden mest är de tre lagrena, framförallt är det råvarulagret som förlänger ledtiden mest. Liker och Meier (2006) menar att lager är ett slöseri då det förlänger ledtid samt ökar lagerhållnings- och transportkostnader. Mellanlagrets tillgängliga yta är dessutom begränsad. När Kåpan vakuumformats och ska mellanlagras leder det till att mellanlagret ibland blir fullbelagt och produkterna måste lagerhållas på annan plats. AB Formplast lagerhåller då resterande pallar på olika ställen i fabriken exempelvis på ytan bredvid vakuumformningsmaskinerna. Detta leder också till slöserierna, onödiga rörelser och transporter. Värdeflödesanalysen visar på att möjligheter till effektivisering och vilka slöserier som kan reduceras i produktionsflödet för Kåpan.

I kapitel 5.2 analyserades data från för- och efterkalkyl. Det visade sig att kostnaden för att producera Kåpan varierade och ofta var högre än planerat. Variationerna i kostnad korrelerade med variationerna i tidsåtgång. Det visade sig också att de olika processernas cykeltider var för optimistiskt uppskattade vilket orsakade att produktionen alltid tog längre tid än planerat. Tidsåtgången varierade även mellan tillverkningsomgångarna. Variationen mellan planerad och faktisk tidsåtgång samt att tidsåtgången varierade mellan tillverkningsomgångar antyder att processerna i produktionen är instabila. Avsaknaden av kontinuerligt flöde i produktionen är något som förstärker misstankarna om att processerna är instabila (Liker & Meier, 2006).

Orsaken till att det finns instabila processer och variation i tidsåtgång verkar vara att AB Formplast för tillfället saknar ett standardiserat arbetssätt för processerna och att mellanlagret ibland är fullbelagt.

Kapitel 5.3.3 redogör för hur batchstorlek påverkar Kåpans självkostnad. Beräkningarna visade att batchernas storlek har viss inverkan på självkostnaden. Större batcher medför lägre självkostnad per styck. Den huvudsakliga sänkningen i självkostnad verkar dock uppnås vid batcher på ungefär 600 exemplar.

I kapitlet jämförs även årets tillverkade batcher med totalkostnadsberäkningar baserade på teori om ekonomisk orderkvantitet. Den ekonomiskt optimala batchstorleken för att minimera ställ- och lagerhållningskostnaderna för Kåpan under 2022 beräknades. Kostnaderna beräknades genom att dela upp kostnaderna i ställkostnader och rörliga kostnader och därefter beräkna respektive kostnadsslag genom påläggskalkylering. Enligt AB Formplast är en lagerränta mellan 15 och 25 procent rättvisande för Kåpan och därför beräknas två olika scenarier med de olika lagerräntorna. För en lagerränta på 15% är den optimala batchstorleken 1286 exemplar och för en lagerränta på 25% är den optimala batchstorleken 1000 exemplar givet 2022 års efterfrågan på 8960 exemplar. Oavsett vilken lagerränta som använts i beräkningarna verkar det som att AB Formplast har tillverkat Kåpan i för små batcher, och således vid för många tillverkningsomgångar under 2022 jämfört med vad som är mest kostnadseffektivt. Slutligen analyseras hur tillverkningen av Kåpan givet efterfrågan på 15 000 exemplar per år bör se ut gällande batchstorlek och tillverkningsfrekvens. För den förhöjda efterfrågan var det av ännu större vikt att tillverka större batchstorlekar oavsett om beräkningarna baserades på 15 eller 25 procents lagerränta. De optimala batchstorlekarna för att minimera totalkostnaden fastställdes till 1667 och 1250 exemplar för respektive lagerränta vid vilket avsevärd reduktion av totalkostnad är möjlig jämfört med dagens genomsnittliga batchstorlek på 661 exemplar.

## 6. Diskussion

I detta kapitel resoneras kring hur tillvägagångssätt och metodval har påverkat rapporten. Utförandets reliabilitet och validitet diskuteras. I detta kapitel presenteras också ett antal konkretiserade problem kopplade till frågeställningarna i kapitel 1 vilka diskuteras. I resultatdiskussionen diskuteras även lösningar på dessa problem.

### 6.1 Metoddiskussion

Företaget har för närvarande ett brett sortiment av produkter. I denna rapport undersöktes endast en av företagets produkter, Kåpan, vilket innebär att generaliserbarheten av rapportens resultat kan uppfattas som vag. Trots detta bedömer författarna och sakkunniga från AB Formplast att omständigheterna för Kåpan i många fall även gäller för andra produkter i sortimentet. De olika produkterna genomgår liknande processer och därmed erhålls en hög generaliseringsgrad.

För att samla in data om processtider, ställtider och lagernivåer användes en blandning av primärdata och sekundärdata. På grund av begränsningar i rapportens omfattning, ojämnheten över tid, den långa ledtiden samt att Kåpan tillverkades sporadiskt var det inte praktiskt möjligt att enbart använda primärdata. Detsamma gällde datan som behandlade årets olika tillverkningsstillfällen vilka utfördes innan datainsamling till rapporten började. Därför har en del data hämtats i form av sekundärdata från Monitor. Det råder viss oklarhet gällande i vilken utsträckning de rapporterade värdena i Monitor stämmer överens med verkligheten eftersom de baseras på operatörers rapportering vilken kan avvika av olika anledningar. Eftersom sekundärdatan samlats in av andra än författarna är det svårt att avgöra hur tillförlitlig datan är.

Mätvärdena i en värdeflödesanalys bör utföras med primärdata. På grund av att tidsåtgång och lagernivåer varierat så pass mycket under den uppmätta perioden användes dock medelvärden under ett år för att ge en mer rättvisande bild av nuläget. Att mäta endast en tillverkningsomgång vore inte representativt för hur tillverkningen ser ut då variationen var väldigt stor i cykeltid, batchstorlek och lagringstid. Eftersom sekundärdatan samlats in av andra än författarna är det svårt att avgöra hur tillförlitlig datan är.

Kostnadsberäkningarna som utfördes med hjälp av påläggskalkyl är gjorda med pålägg som är framtagna av sakkunniga på företaget. Mycket av beräkningarnas ingående data är baserad på sakkunnigas expertis och är alltså sekundärdata. Det råder viss oklarhet kring huruvida denna data stämmer överens med verkligheten. Dessa beräkningar är alltså schablonmässiga och ska därmed inte ses som en exakt beskrivning av kostnaderna utan snarare som ett hjälpmedel vid beslutsfattande. Detsamma gäller beräkningarna av totalkostnad vilka är baserade på en förenklad modell, EOQ. På grund av modellens förenklingar ger den inte någon exakt beskrivning av kostnaderna utan ska även den ses som ett hjälpmedel vid beslutsfattande.

## 6.2 Resultatdiskussion

I detta kapitel presenteras resultatdiskussionen. Diskussionen syftar till att svara på rapportens centrala frågeställningar och resonera kring olika faktorer som är relevanta för frågeställningarna. Vissa problem och tillhörande lösningar överlappar med de båda frågeställningarna och därför besvaras inte frågorna enskilt.

1. Vad orsakar skillnaden mellan för- och efterkalkyl för Kåpan?
2. Hur kan produktionsflödet av Kåpan effektiviseras?

### 6.2.1 Ojämma Processer

Kåpan tog alltid längre tid än planerat att producera. En bidragande faktor till att tillverkningskostnaden för Kåpan skiljde sig mellan för- och efterkalkyl som identifierades var att tidsåtgången för olika moment var för optimistiskt uppskattade. Detta gällde i synnerhet för fräsoperationen vilken tog längre tid än planerat för samtliga batcher. Den faktiska produktionen tog därför längre tid än vad som planerats vilket drev upp kostnaderna.

Utöver det varierade även den faktiska tidsåtgången avsevärt mellan tillverkningsomgångar (graf 5.2 & graf 5.3). Detta tyder på att tillverkningens processer är instabila. Enligt (Liker & Meier, 2006) omöjliggör instabila processer att konsekventa resultat uppnås. Den stora variationen i tidsåtgång som framförallt observerades i fräsen har en möjlig förklaring i att tidsåtgången för fräsen är beroende av fräsens operatör. Det observerades att operatörerna utför arbetsmomenten på olika sätt och således under olika lång tid. Avsaknaden av ett fastställt standardiserat arbetssätt för att producera Kåpan möjliggjorde tidsvariation. Detta gällde i synnerhet vid de produktionsmoment som inte tidsbestäms av maskinens bearbetningstid. När tillverkningens delmoment tar längre tid än planerat blir även kostnaden högre än planerat på grund av de tidsberoende kostnadsposterna; direkt material och direkt maskin.

Detta problem observerades inte i vakuumformningen i samma utsträckning. Detta kan härledas till att vakuumformningsprocessens cykeltid till hög grad är bestämd av maskinen. Den behöver inte startas upp inför varje cykel av en operatör utan tillverkar hela batchen nästan automatiskt. Vakuumformningsmaskinen fortsätter att tillverka i samma takt så länge material finns att tillgå. Till skillnad från fräsoperationen påverkas därmed inte tidsåtgången för vakuumformningsprocessen av den mänskliga faktorn. En möjlig åtgärd för att minska variationen i fräsoperationen grundar sig därmed i att öka graden av maskinstyrning av processen.

Faktorer som materialkostnad, ställtid och kassationsgrad bidrog med säkerhet till variationen mellan för- och efterkalkyl. Som fastställt i kapitel 5.2 verkar dock den varierande tidsåtgången vara den huvudsakliga faktorn för att kalkylerna skiljer sig åt. Skillnaden i tidsåtgång bedöms även vara enklare att åtgärda i produktionsflödet jämfört med att minska exempelvis materialkostnaden. En annan faktor som är viktig för efterkalkylens tillförlitlighet och användbarhet är att maskinoperatörerna rapporterar in tidsåtgång och kassationsgrad på ett standardiserat och konsekvent sätt.