



CHALMERS

En lean ökning av flödeskapacitet

Kapacitetsökning på produktionsflöde hos IMI Hydronic Engineering med hänsyn till principer inom Lean produktion

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Ekonomi och Produktionsteknik*

PETRA FORSMARK
NATHALIE JOSEFSSON

En lean ökning av flödeskapacitet

Kapacitetsökning på produktionsflöde hos IMI Hydronic Engineering med
hänsyn till principer inom Lean produktion

PETRA FORSMARK
NATHALIE JOSEFSSON

En lean ökning av flödeskapacitet

Kapacitetsökning på produktionsflöde hos IMI Hydronic Engineering med hänsyn till principer inom Lean produktion

PETRA FORSMARK
NATHALIE JOSEFSSON

© PETRA FORSMARK OCH NATHALIE JOSEFSSON, 2015

Examensarbete E2015:030

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för Logistik och Transport

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 10 00

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation
Göteborg, Sweden 2015

Förord

Under vårterminen 2015, tredje året på högskoleingenjörsutbildningen Ekonomi och Produktionsteknik på Chalmers tekniska högskola i Göteborg utfördes detta examensarbete på 15 högskolepoäng. Arbetet valdes att utföras inom institutionen teknikens ekonomi och organisation där ämnen som produktionslogistik, Lean produktion och flödeskapacitet berördes. Att få beröra dessa ämnen som haft en betydande roll under vår utbildning mer ingående, har varit ett privilegium.

Studien genomfördes på IMI Hydronic Engineering i Ljung och gav oss tillsammans med teoretisk kunskap en stor inblick i företagets verksamhet. Då företaget ständigt arbetar med principer inom Lean produktion har vi fått många erfarenheter och lärdomar att ta med oss i framtiden. Att ha fått tillhandahålla kunskap om hur studiens område fungerar och verkar i ett praktiskt sammanhang har varit både spännande och utvecklande.

Vi vill efter att ha utnyttjat mycket hjälp, handledningar och inte minst tid, tacka vår entusiastiska handledare och examinator Per Medbo på Chalmers tekniska högskola. Samtidigt vill vi rikta ett tack till Per Karlsson, Tony Carlsson och Sebastian Karlsson på IMI Hydronic Engineering för ert engagemang och bidrag med konstruktiva synpunkter under arbetets gång. Ett stort tack till alla medarbetare på företaget för ett vänligt bemötande och för er behjälplighet under intervjuer och fältstudier. Slutligen vill vi tacka er som presenterat synpunkter på rapporten och dess utformande. Tack!

Petra Forsmark och Nathalie Josefsson

Göteborg, maj 2015



Petra Forsmark



Nathalie Josefsson

Begrepp- och ordlista

Nedan förklaras kortfattat begrepp och ord som senare tas upp i rapporten. Det är bra att ha en förståelse för dessa begrepp då de är relevanta för studiens innehåll. Många av begreppen och orden förklaras även mer djupgående i kapitel 2. *Teori*.

Lean Produktion - Är en filosofi som från början utvecklades på Toyota i Japan, där målet är effektiva produktionssystem som integrerar företagets filosofi (Liker & Meier, 2006, s. 3-6). Lean produktion går inte att följa punktvis genom instruktioner, utan är en filosofi som utvecklas på egen hand genom riktlinjer och lärs på så sätt ut genom övning.

Ställtid - Denna tid syftar till omställning av en process så att en ny produkt eller detalj kan tillverkas (Liker & Meier, 2006, s. 136-138). Tiden mäts från det att den sista detaljen är färdig på partiet, tills dess att omställningen genomförts och att en detalj på det nya partiet är framställd i fungerande skick.

Slöseri - Till slöseri räknas alla aktiviteter som inte tillför något värde till produkten ur kundens synvinkel (Liker & Meier, 2006, s. 35-36). Dessa kategoriseras enligt Ohno i sju grupper; överproduktion, outnyttjad arbetskraft, onödiga rörelser, transporter, felaktiga processer, lager och kassationer.

5S - Är ett verktyg som används inom Lean produktion för att standardisera och samtidigt organisera arbetsplatser (Liker & Meier, 2006, s.64-65). De fem S:en består av att *Sortera*, *Strukturer* samt *Städa* för att uppnå ett original tillstånd för att sedan *Standardisera* och därefter *Skapa vana* för att upprätthålla tillståndet.

OEE (Overall Equipment Effectiveness) - Är ett mått som är till för att mäta utrustningens totala effektivitet genom att multiplicera de tre faktorerna tillgänglighet, operationseffektivitet och kvalitetsutbyte (Van Goubergen, 2010).

LMPU (Labor Minute Per Unit) - Detta är ett annat mått för att mäta den totala effektiviteten men som är anpassad för monteringsarbete där processen inte är automatiserad och beroende av maskiner (IMI Hydronic Engineering, 2015b). Det som beräknas är arbetskraften som krävs för att färdigställa en produkt.

SMED (Single Minute Exchange of Die) - Detta är ett verktyg som används för att drastiskt reducera ställtider (Johansson, 1992, s.25). Metoden går ut på att separera ställmoment som kan utföras under produktion samt kräver att den stoppas, yttre- och inre ställ. För att sedan effektivisera omställningen i högsta grad för att reducera denna tid.

Line Balansering - Detta är ett verktyg som används inom Lean produktion för att balansera processer i ett flöde (Liker & Meier, 2006, s.137-138). Balanseringen innebär en utjämning av cykeltiderna, den tid det tar att producera en detalj, för alla processer som ingår i flödet.

TPM (Total Productive Maintenance) - Denna metod används för att ständigt arbeta med underhåll och därigenom bibehålla produktivitet (Bergman & Klefsjö, 2011, s.180). TPM består av tre grundpelare som ständigt ska användas, dessa är mätning och uppföljning, operatörsunderhåll samt förbättringsgrupper.

Kanban - Är en materialstyrningsmetod som är direkt verkande mellan den förbrukande och försörjande enheten (Jonsson & Mattsson, 2010, s.341-344). Metoden används oftast i form av fysiskt eller visuellt baserad integration med hjälp av Kanban-kort. Mängden material i flödet kontrolleras genom en begränsning av antal kort i omlopp.

Heijunka - Är ett uttryck från Lean produktion som betyder "öka produktionsmixen över en specifik tidsperiod" (Bicheno, J.; Holweg, M.; Anheide, P.; & Hillberg, J. 2013, s.78). Med detta menas att tillverkningspartier minskas för att varianter som tillverkas på en specifik tid ska öka.

För att underlätta organiseringen av byten visualiseras ofta produktionsupplägget med hjälp av en Heijunkabox.

Ledtid - Detta tidsuttryck omfattar den tid som det tar för en produkt från starten av produktionsflödet i fabriken tills dess att samma produkt lämnar företaget, produktens genomloppstid i fabriken (Rother & Shook, 2004, s.17). I ledtiden är all tid som produkten spenderar i fabriken inkluderad, exempelvis lager-, produktions- och transporttid.

Leveransprecision - Detta begrepp avser vid vilken tid en leverans ut till kund sker i jämförelse med vad som är överenskommet, vilket även kallas leveranspålitlighet (Jonsson & Mattsson, 2010, sida 114). Leverans både före och efter utsatt tid kan definieras som låg precision.

Just-in-time - Är ett produktionssystem som går ut på att minska slöseri i form av lager för att uppnå en kundorderstyrd produktion (Johansson et al., 1992, sida 25). Just-in-time avser att leverera rätt produkt eller detalj i rätt tidpunkt, genom minimala eller obefintliga lager.

Jidoka - Denna metod bygger på att uppmärksamma fel direkt när de uppstår genom att stoppa produktionen för att åtgärda felen (Bicheno et al., 2013, sida 269). Principen härstammar från Toyotas elektroniska vävstol som stannar så fort en tråd går av, detta för att inte slösa material eller maskintid i onödan.

Abstract

To create reliable, effective and flexible production systems is a challenge that many manufacturing companies are facing in order to maintain competitiveness in today's society. IMI Hydronic Engineering is one of the companies that are applying ideas and tools within Lean production to face the tougher requirements set. The factory in Ljung manufactures six variants of the product TA-Compact-P which predicts to have great potential at the market and there is hope about an increased demand for this product in the future. Therefore a more flow efficient and flexible production of TA-Compact-P is needed to answer the increased demand.

The aim of this study is to analyze the current production process of the TA-Compact-P so the future increased volume by 230% of the current demand can be produced. The objective with this analysis is also to show how the current production process of TA-Compact-P can be altered to accomplish the needed increase in efficiency and flexibility. To fulfill the aims of this study the following questions are answered in the report;

What does the production process look like in current situation and what capacity does the production flow have?

At the factory in Ljung TA-Compact-P is molded, processed and mounted before it is delivered to the customer. An understanding for the existing production flow was created by making a current state value stream map using observations and interviews. The available capacity in each process of the production flow was calculated to be different for the TA-Compact-P. The process with the lowest capacity represents the capacity of the production flow, which today is not able to supply the current level of demand.

Which areas of concern regarding capacity shortage can be identified for the production flow of TA-Compact-P?

With the resources available to the company, none of the processes can today manage an increased production of 230 %. The company has already planned for an increase in resources and including them in the calculations show that it is the inspection, the assembly line and the packaging that cannot support the increase in production. The identified causes for the capacity shortage are: too small amount of planned time and an unbalanced assembly line.

What are the shortcomings in the production flow that can be identified based on Lean productions point of view with regard to efficiency and flexibility?

Studies of Ohno's Seven Wastes resulted in an identification of all wastes located in the production flow of TA-Compact-P. The main causes found for waste were the following: the production is a push system and not controlled by customer demand, one machine must process the same product twice, the product is manufactured in large batches and defects are detected late in the production flow.

What are the main actions that must be taken to cope with the future conditions?

The proposed actions that were developed are to increase to a 3-shift system for some processes, balancing the assembly line, move the inspection part to an earlier phase in the production flow, use excess capacity to more changeovers of processes to reduce the size of the batches and apply pull system production driven by customer demand. The actions proposed for reducing waste was prepared by using Liker's principles and the checklist with eight improvement points.

The study's conclusions is that a combination of increased capacity and Lean production are ambiguous. For a lean increase in capacity it is required to always have the Lean production philosophy in mind because there is a risk that the increase will counteract an efficient and flexible flow.

Keywords: Production increase, Flow efficiency, Flow flexibility, Value stream mapping, Waste, Capacity calculation, Net capacity, Lean production

Sammanfattning

Att skapa tillförlitliga, effektiva och flexibla produktionssystem är en utmaning som många tillverkande företag har framför sig för att bibehålla konkurrenskraft i dagens samhälle. IMI Hydronic Engineering är ett av de företag som tillämpar idéer och verktyg inom Lean produktion för att möta de hårdnande krav som ställs. På fabriken i Ljung tillverkas sex olika varianter av produkten TA-Compact-P som ses ha stor potential på marknaden och förhoppningarna är en ökad efterfrågan i framtiden. Det anses därmed nödvändigt att skapa en mer flödeseffektiv och flexibel produktion av TA-Compact-P.

Den här studien syftar till att möjliggöra så att TA-Compact-P i framtiden skall kunna produceras i en ökad volym med 230 % av dagens efterfråga. Samtidigt skall det redogöras för hur produktionsflödet för TA-Compact-P kan bli mer flexibelt och flödeseffektivt. För att uppfylla studiens syfte besvaras följande frågeställningar i rapporten;

Hur ser produktionen ut i dagsläget och vilken kapacitet har flödet?

I fabriken i Ljung gjuts, bearbetas och monteras TA-Compact-P innan den levereras till kund. En förståelse för det befintliga flödet skapades genom att ta fram en värdeflödesanalys av nuvarande tillstånd med hjälp av observationer och intervjuer. Den tillgängliga kapaciteten beräknades vara olika för respektive process i flödet för TA-Compact-P. Processen med lägst kapacitet symboliserar flödets kapacitet och är i dagsläget inte högre än vad efterfrågan kräver.

Vilka problemområden gällande kapacitetsbrist kan identifieras hos produktionsflödet för TA-Compact-P?

Med de resurser som företaget har idag klarar ingen av processerna i flödet att försörja en produktionsökning med 230 % av efterfrågan. Företaget har redan planerat för en utökning av resurser och efter att dessa inkluderas i beräkningarna är det avsyningen, monteringslinen och paketeringen som inte klarar produktionsökningen. De orsaker som identifierats till kapacitetsbristerna är: för lite planerad tid och en obalanserad monteringsline.

Vilka brister i produktionsflödet kan identifieras utifrån Lean produktion synvinkel när det gäller effektivitet och flexibilitet?

Utifrån studier av Ohno's sju slöserier kunde samtliga slöserier som hindrar ett effektivt och flexibelt flöde identifieras i produktionen för TA-Compact-P. Det togs fram att huvudorsakerna till att det förekommer slöseri är att produktionen är ett tryckande system och inte är styrd av kundefterfrågan, en maskin måste bearbeta samma produkt två gånger, produkten tillverkas i stora partier och defekter på produkterna upptäcks sent i flödet.

Vilka är de huvudsakliga åtgärderna som måste vidtas för att klara de framtida förutsättningarna?

De åtgärdsförslag som togs fram var att öka till 3-skift för några processer, balansera monteringslinen, flytta avsyningen tidigare i flödet, nyttja överkapacitet till fler omställningar i processerna för att minska partistorlekar samt tillämpa dragande system med produktionsstart efter kundens efterfråga. Åtgärderna för slöseri togs fram med hjälp av Liker's principer och checklistan med åtta förbättringspunkter.

Studiens slutsatser är att en kombination av kapacitetsökning och Lean produktion är tvetydigt. För en lean ökning av kapacitet krävs det att hela tiden ha Lean produktion i åtanke då risken finns att kapacitetsökningen i sin tur motarbetar ett effektivt och flexibelt flöde.

Nyckelord: Produktionsökning, Flödeseffektivitet, Flödesflexibilitet, Värdeflödesanalys, Slöseri, Kapacitetsberäkning, Nettokapacitet, Lean produktion

Innehållsförteckning

Förord	I
Begrepp- och ordlista	II
Abstract	IV
Sammanfattning	V
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	3
1.3 Omfattning	3
1.4 Frågeställning	3
2. Teori	5
2.1 Lean Produktion	5
2.1.1 Liker's 14 principer	5
2.1.2 Ohno's sju slöserier	8
2.1.3 Just-in-time produktion	9
2.1.4 Heijunka	10
2.1.5 Kaizen	10
2.1.6 Supply Chain	10
2.1.7 Värdeflödesanalys	11
2.1.7.1 Värdeadderande och icke värdeadderande tid	11
2.1.7.2 Dragande system och Kanban	12
2.1.7.3 Förbättringspunkter	13
2.1.7.4 Symbolförklaring	18
2.2 Kapacitet	19
2.2.1 Kapacitetsberäkning	19
2.2.2 Kapacitetsbehov	19
2.2.3 Theory of constraints	20
2.2.4 Overall Equipment Effectiveness	20
2.3 Sammanfattning teori	21
3. Metod	22
3.1 Hur ser produktionen ut i dagsläget (2015-02-17) och vilken kapacitet har flödet?	22
3.1.1 Värdeflödesanalys nuläge	22
3.1.2 Flödets kapacitet	24
3.2 Vilka problemområden gällande kapacitetsbrist kan identifieras hos produktionsflödet för TA-Compact-P?	25
3.2.1 Kapacitet vid investeringsalternativ	26
3.2.2 Identifiering av kapacitetsbrister efter investeringsalternativ	26
3.3 Vilka brister i produktionsflödet kan identifieras utifrån Lean produktion synvinkel när det gäller effektivitet och flexibilitet?	27
3.3.1 Identifiering av Ohno's sju slöserier i flödet	27

3.4 Vilka är de huvudsakliga åtgärderna som måste vidtas för att klara de framtida förutsättningarna?	28
3.4.1 Kapacitetsåtgärder	28
3.4.2 Effektivitets- och flexibilitetsåtgärder enligt Lean produktion	29
3.4.3 Framtida värdeflödesanalys med hjälp av förbättringspunkter	29
3.5 Sammanfattning metod	31
4. Resultat	32
4.1 Hur ser produktionen ut i dagsläget (2015-02-17) och vilken kapacitet har flödet?	32
4.1.1 Värdeflödesanalys nuläge	32
4.1.2 Beskrivning av flödet till TA-Compact-P	35
4.1.3 Flödets kapacitet	37
4.2 Vilka problemområden gällande kapacitetsbrist kan identifieras hos produktionsflödet för TA-Compact-P?	38
4.2.1 Kapacitet vid investeringsalternativ	38
4.2.2 Identifiering av kapacitetsbrister efter investeringsalternativ	39
4.3 Vilka brister i produktionsflödet kan identifieras utifrån Lean produktion synvinkel när det gäller effektivitet och flexibilitet?	42
4.3.1 Identifiering av Ohno's sju slöserier i flödet	42
4.3.2 Sammanställning av slöserier	43
4.4 Vilka är de huvudsakliga åtgärderna som måste vidtas för att klara de framtida förutsättningarna?	43
4.4.1 Kapacitetsåtgärder	43
4.4.2 Effektivitets- och flexibilitetsåtgärder enligt Lean produktion	44
4.4.3 Framtida värdeflödesanalys med hjälp av förbättringspunkter	45
5. Diskussion	50
5.1 Metoddiskussion	50
5.2 Resultatdiskussion	52
5.3 Förslag till fortsatta studier	53
6. Slutsats	55
7. Referenslista	56

1. Inledning

I detta kapitel följer en bakgrund till studiens frågeställning, en introduktion till företaget och en förklaring till varför det finns ett behov av att den utförs. Bakgrunden mynnar ut i ett syfte som beskriver studien och vad den förväntas leda till. Det redogörs även i vilken omfattning studien behandlas samt vilka frågeställningar som besvaras för att uppfylla syftet.

1.1 Bakgrund

Sedan 1997 ingår IMI Hydronic Engineering i den brittiska industrikoncernen IMI plc (IMI plc, 2015). Koncernen är engagerad i den yttersta utvecklingen av produkter som kontrollerar vätskors rörelse. År 2011 ombildades koncernen genom att huvudkontoret flyttades till Schweiz där den övergripande planeringen styrs ifrån (IMI Hydronic Engineering, 2015). Sommaren 2014 bytte företagsdelen namn till IMI Hydronic Engineering. Koncernen IMI plc består av IMI Hydronic Engineering, IMI Critical Engineering samt IMI Precision Engineering och är belägen i stora delar av världen, sammanlagt i 61 länder på sex kontinenter. IMI Hydronic Engineering är både ett tillverkande- och tjänsteföretag inom värme-, kyla- och tappvattenprodukter. Affärsidén går ut på att säkerhetsställa ett gott inomhusklimat i byggnader för att tillgodose sina kunder. Företaget behandlar många olika komponenter och är bland de världsledande inom sitt område med högkvalitativa produkter på marknaden.

Fabriken i Ljung har gått under namnet IMI Hydronic Engineering AB sedan företagsdelen bytte namn 2014 (IMI Hydronic Engineering, 2015). År 2014 omsatte fabriken ungefär 500 Mkr och hade i början av 2015 drygt 400 anställda. I Ljung tillverkas ungefär 137 olika produkter bestående av olika detaljer som främst berör injustering och reglering. Varje produkt finns i olika storlekar och har en varierande kundefterfrågan. En av dessa produkter är TA-Compact-P som finns i sex olika varianter (IMI Hydronic Engineering, 2015a).



© IMI Hydronic Engineering

*Figur 1.1 TA-Compact-P
(IMI Hydronic Engineering, 2015)*

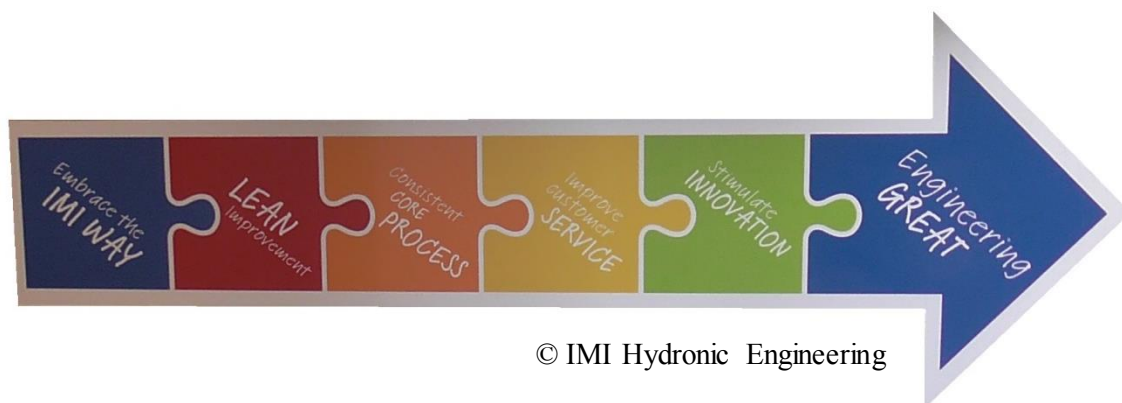
TA-Compact-P är en injusterings- och styrventil för värme- och kylanläggningar som ska ge en optimal temperatur inomhus (IMI Hydronic Engineering, 2015a). Fördelen med denna produkt är att det önskade inomhusklimatet kan uppfyllas till en låg driftskostnad. Produkten används oftast i kontors- och hotellbyggnader där temperaturen enkelt ska kunna regleras mellan olika rum. TA-Compact-P består av många olika detaljer och huvuddelen huset är tillverkad i företagets patenterade A-metal. Till TA-Compact-P används främst återvunnen A-metal från produktionen. Produkten har unika diagnostiska funktioner som gör det enkelt att optimera pumptrycket i systemet och kontrollera genomströmning. Med hjälp av noggrann kontroll på detta kan systems energieffektivitet maximeras.

Framställningen av produkter på IMI i Ljung sker på flera olika avdelningar. Fabriken har bland annat ett eget guteri där de framställer sina produkter, där även ventilen TA-Compact-P framställs genom pressgjutning. IMI i Ljung har tre bearbetningsavdelningar där produkterna bearbetas innan de monteras på monteringsavdelningen. På denna avdelning paketeras även produkterna innan transport till färdigvarulagret sker, för att slutligen levereras ut till kund.

Lanseringen av TA-Compact-P skedde i maj 2014 och är med det en av företagets nyaste produkter. TA-Compact-P bedöms ha stor potential på marknaden vilket förväntas öka kundefterfrågan med 230 % inom en fyraårsperiod. Att det räknas med en ökning beror på prognoser som högsta ledningen granskat och därigenom dirigerat ut planeringsuppgiften till Ljung. Att efterfrågan från kund kommer att öka med denna siffra är en uppskattning som företaget tror är realistisk. Det är denna uppskattning som ligger till grund för att huvudkontoret vill ha svar på frågan om flödet har den kapacitet som krävs. Företaget har också undersökt investeringsmöjligheter i samband med produktionsökningen som har presenterats för högsta ledningen.

IMI Hydronic Engineering och många andra tillverkande företag står inför den stora utmaningen att skapa tillförlitliga, effektiva och flexibla produktionssystem (Dr. Wang, 2011). Dessa måste samtidigt vara kostnadsbesparande för att kunna konkurrera med företag världen över. Den stora utmaningen för svenska företag påträffas i den växande globaliseringen som drar ner priserna på produkter och ledtider i alla produktioner. För att möta dessa krav har många företag tagit till principer inom Lean produktion som inkluderar verktyg för att minska problem gällande systems tillförlitlighet, effektivitet och flexibilitet.

IMI Hydronic Engineering har bestämt sig för att intensifiera arbetet med att implementera Lean produktion. Koncernen har utvecklat en filosofi som bygger på principerna inom Lean produktion, som de kallar "The IMI way". Huvudanledningen till att Lean-arbetet påbörjades berodde främst på att fabriker med effektiva flöden där slöseri kan elimineras ville uppnås. Men även för att endast behöva bekosta värdeskapande processer i produktionen. Lean-arbetet i Ljung startades upp år 2010 med hjälp från andra fabriker inom koncernen i Europa, år 2012 införde fabriken i Ljung en egen Lean-avdelning med två heltidsanställda. Fram till denna tidpunkt hade arbetet mest bestått av att organisera och standardisera arbetet i produktionen med hjälp av 5S.



Figur 1.2 The IMI way

Sedan år 2012 består Lean-avdelningens arbetsuppgifter av att involvera alla avdelningar i förbättringsarbete samt att med hjälp av Lean-verktyg förbättra processer. Lean-avdelningen har sedan starten infört tavlor för att visualisera uppföljningen av produktionen i form av OEE och LMPU. De två anställda arbetar dagligen med verktyg som; SMED, Line Balansering och TPM. Ett arbete som påbörjats är införandet av Kanban system mellan olika processer där detta system kombinerats med en Heijunkabox. Hittills har det införts vid några monteringsavdelningar.

Genom arbetet med Lean har företaget och främst Lean-avdelningen uppmärksammat att många av deras produkter ligger lagerbundna vilket resulterar i att mycket kapital binds (Johnsson & Mattsson, 2012, s.117). Lager i produktionen orsakar också att ledtiden på produkterna blir längre. Att minska ledtiderna i produktionen är centralt att arbeta med för företagets Lean-arbete mot effektivare och mer flexibla flöden. Detta är något de ännu inte hunnit utvärdera för TA-Compact-P, på grund av den nyligen startade produktionen. Stora delar av produktionsflödet för TA-Compact-P är helt eller delvis automatiserat och de flesta processer delas med andra produkter. Det är i dagens läge vanligt att maskiner beläggs av samma produktvariant i upp till tre dygn. Företaget har valt att kategorisera sina varor efter en ABC-kategorisering utifrån vikten av att kunden får varan i tid. Eftersom att TA-Compact-P har fått en större efterfrågan hos kund har det medfört att den kategoriseras som en A-artikel, det vill säga den mest betydelsefulla kategorin. Företagets definition av en A-artikel är att kunden förväntar sig att produkten levereras dagen efter beställning, vilket sätter hårda krav på leveransprecisionen från företaget. Beställningar av TA-Compact-P har även stor produktvariation i kombination med att antalet artiklar som beställs varierar vilket kräver stora lager i kompensation. Detta är bidragande faktorer till ett ineffektivt och oflexibelt flöde (Bicheno et al, 2013)

Utmaningarna som företaget sammanfattningsvis står inför rörande flödet för TA-Compact-P är främst den stora potentiella produktionsökningen på 230 %. Samtidigt som denna kapacitet behöver uppnås står fabriken inför en hårdnande konkurrens på marknaden, där en flexibel, effektiv, och kostnadsbesparande produktion förespråkas (Wang, 2011). För att kunna klara kapaciteten med kraven från globaliseringen är Lean produktion nödvändigt att förespråka och inkludera i en framtida produktion.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att möjliggöra för en volymökning av produktionen med 230 % av TA-Compact-P. Vidare är syftet att ta fram förbättringsförslag på hur flödet kan bli mer flexibelt och samtidigt effektiviseras.

1.3 Omfattning

Studien begränsas till det befintliga flödet för TA-Compact-P på IMI i Ljung med start från att återvunnet material smälts ner, till att produkterna lämnar färdigvarulaget för att levereras ut till kund. Det är genom detta flöde som produktionsökningen förväntas äga rum och därför genomförs även effektiviseringen här. Då IMI i dagsläget redan har investeringsmöjligheter som presenterats för ledningen behöver dessa först undersökas innan ytterligare förbättringsförslag tas fram. Utöver dessa investeringar får inget ytterligare kapital placeras på nya maskiner, då studien endast syftar till att förbättra det befintliga flödet.

1.4 Frågeställning

För att bryta ned syftet har ett antal frågeställningar tagits fram som skall besvaras.

För att ta reda på de framtida förutsättningar som flödet har och vilka problem som behöver lösas måste först en förståelse för det befintliga flödet skapas. Genom en noggrann undersökning av flödet och dess processer kan frågan besvaras;

1. Hur ser produktionen ut i dagsläget (2015-02-17) och vilken kapacitet har flödet?

Kartläggningen av det befintliga flödet ska leda till identifiering av eventuella brister i kapaciteten som gör att de framtida produktionsmålen inte kan uppnås. För att kunna lösa eventuella kapacitetsbrister måste även orsaker till problemen identifieras. Då företaget presenterat ett antal investeringsalternativ för högsta ledningen samt frigit en del kapacitet tas dessa även hänsyn till i frågan.

2. Vilka problemområden gällande kapacitetsbrist kan identifieras hos produktionsflödet för TA-Compact-P?

Problemen som hindrar företaget från att producera effektivt och flexibelt måste även de identifieras för att kunna uppfylla syftet. Det måste även undersökas hur kritiska problemen är med avseende på flödets effektivitet och flexibilitet och vad som ligger bakom dessa. Denna undersökning genomförs efter att företagets investeringsalternativ är inkluderade i flödet.

3. Vilka brister i produktionsflödet kan identifieras utifrån Lean produktion synvinkel när det gäller effektivitet och flexibilitet?

Företaget efterfrågar ett flöde som kapacitetsmässigt klarar den framtida produktionsökningen men de står även inför en hårdnande konkurrens på marknaden. För att leva upp till kundernas krav måste företaget sänka sina egna kostnader och bli mer flexibla i sin produktion. Med dessa förutsättningar krävs en djupare undersökning för vilka problem som är direkt nödvändiga för företaget att lösa.

4. Vilka är de huvudsakliga åtgärder som måste vidtas för att klara de framtida förutsättningarna?

2. Teori

Ett övergripande teoriavsnitt som behandlar den fakta som används i de övriga kapitlen. Detta avsnitt ska finnas som ett stöd till metoden för att ge en klarare bild av hur resultat, diskussion och slutsats konstaterats.

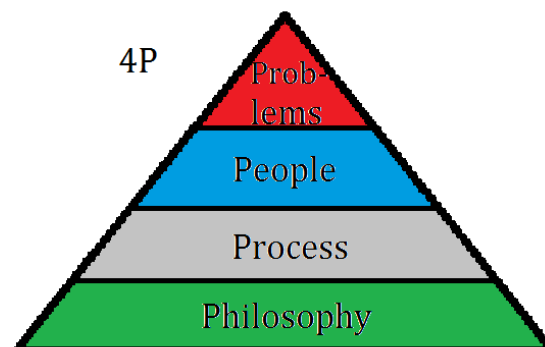
2.1 Lean Produktion

Idéerna bakom Lean produktion härstammar från företaget Toyota (Bicheno et al., 2013, s.268-270). Toyota baserade från början sin verksamhet på en automatiserad vävstol, genombrottet med idén skapade möjligheterna att starta bilföretaget Toyota Motor Company. Efter studier i USA kom begrepp som "produktionstakt" på tal, som vi idag definierar som "takttid" och är en av grunderna inom Lean produktion. Toyota använde sig av enkel utrustning för tillverkningen som senare hade en mycket betydande roll för utformningen av Toyota Production System (TPS) som ligger till grund för det vi kallar Lean produktion idag.

Personen som var drivkraften till det nya produktionssystemet var den anställda produktionsledaren Taiichi Ohno (Bicheno et al., 2013, s.268-270). Han drog tidigt slutsatser om brister i det västländska produktionssystemet som han senare baserade teorin om slöserier på. Redan 1948 implementerades hans teorier i Toyotafabriken. Ohno utvecklade även metoder som Jidoka, Just-in-time och började utveckla verktyget SMED. Det tog många år innan teorin spreds vidare till andra företag och det var först efter Toyotas unika framgång som Lean produktion blev ett produktionssystem för hela världen att ta efter.

2.1.1 Liker's 14 principer

Lean produktion enligt Liker utgår ifrån 14 principer som är uppdelade i fyra kategorier. Dessa kategorier benämns 4P och omfattar filosofi, processer, människor samt problemlösning (Liker & Meier, 2006, s.7-14). Principer utformades för att företag själva ska kunna ta fram en filosofi och ett produktionssystem som passar företagets utformning samtidigt som tankesättet inom Lean produktion följs. De presenteras ofta som en triangel med det olika kategorierna representerade och där botten symboliserar företagets filosofi som ska ligga till grund för beslut i verksamheten.



Figur 2.1 Kategorisering av Liker's 14 principer, 4P (Liker & Meier, 2006)

De 14 principerna som är utformade av Jeffery K. Liker lyder;

Princip 1 (filosofi): Basera ledningsbeslut på långsiktigt tänkande, även då det sker på bekostnaden av kortsiktiga ekonomiska mål (Liker & Meier, 2006, s.8-9). Denna princip tillhör kategorin *filosofi* och syftar till att företag ska ha ett långsiktigt filosofiskt perspektiv på mål som skapas i organisationen. Principen innefattar även att hela organisationen måste inkluderas i dessa gemensamma mål för att alla medarbetare ska ha samma förståelse. I filosofin ska värde skapas utifrån kunden, medarbetarna, ägarna och samhället.

Princip 2 (processer): Skapa kontinuerliga processflöden så att problem blir synliga (Liker & Meier, 2006, s.9). Med denna princip syftar Liker i huvudsak till att eliminera tiden som en produkt väntar mellan operationer eftersom det då inte adderas något värde utifrån kundens synpunkt. Att eliminera slöseri görs inte bara för att skapa flöden där material och information förflyttar sig snabbt, utan också för att länka samman människor och processer. Detta gör att problem tydligt synliggörs i flödet och en lösning på problemen kan hittas fortare. Princip två hör till kategorin *processer* och kan sammanfattas av att kortare ekonomiska investeringar görs, som ger långsiktiga lösningar.

Princip 3 (processer): Styr produktionen med dragande system så att efterfrågan bestämmer takten för att undvika överproduktion (Liker & Meier, 2006, s.9). Även den tredje principen tillhör *processkategorin* och syftar till att kunder ofta är mycket krävande gällande vad som efterfrågas och när det efterfrågas. För att bemästra denna svårighet tillämpar Lean produktion principen med att lagerhålla i små kontrollerade mängder. På detta förfarande styrs produktionen av kunden. Även de olika processerna i flödet får de material som efterfrågas på detta sätt vilket minimerar antalet produkter i arbete. Principen kan sammanfattas med ett system som kallas Just-in-time som syftar till att skapa effektiva system styrda av kundefterfrågan.

Princip 4 (processer): Jämna ut arbetsbelastningen (Liker & Meier, 2006, s.9). Denna princip bygger på att jämna ut arbetsbelastningen för att reducera slöseri och undvika överbelastning i flödet. En utjämnad produktion är också något som förespråkas i denna princip och syftar till att producera i små partier. För att möjliggöra de minsta partierna, enstycksproduktion, förutsätts mycket korta ställtider. En utjämnad produktion tillsammans med flexibel arbetskraft som exempelvis konsultanställda, möjliggör för en jämn arbetsbelastning och flexibla system.

Princip 5 (processer): Skapa en kultur som tillåter stopp i produktionen för att lösa problem som uppstår, så att det blir rätt från början (Liker & Meier, 2006, s.10). I många produktioner uppmärksammas fel på produkter mycket tidigare i flödet än de åtgärdas vilket medför onödiga produktionskostnader. Detta är något Lean produktion sätter stopp för genom sin femte princip som menar att kvalitativa metoder, där utrustning med förmågan att upptäcka fel, är grunden till bra produkter. För att stoppa onödig produktion som omarbetning bör fel åtgärdas direkt vid uppmärksammandet genom att stoppa eller sakta ner processen så att kvalitén blir rätt från början. Systemet som signalerar att ett fel har uppstått kallas inom Lean produktion för Jidoka.

Princip 6 (processer): Standardiserat arbetssätt är grunden till ständiga förbättringar och medarbetares delaktighet (Liker & Meier, 2006, s.10). Liker menar genom denna princip att det är viktigt att hela företaget uppnår ständiga förbättringar genom medarbetarnas delaktighet. Standardiserat arbetssätt är en beskrivning av hur arbetsmomentet ska utföras, i vilken ordningsföljd samt vilken tid det förväntas ta. Arbetssättet som följs är det vid tiden bäst dokumenterade ur kvalitet- effektivitet- och säkerhetssynpunkt. Med standardiserat arbetssätt som grund kan arbetare kontinuerligt komma med förbättringsförslag. På så sätt kan alla medarbetare ta del av förbättringen istället för att utvecklas olika mycket individuellt. Genom standardiserat arbetssätt förbättras ständigt hela företaget med hjälp av kunskap från de som utför uppgifterna dagligen. Detta bidrar även till ett långsiktigt tänkande genom att bevara innovation på företaget i form av dokumentation på kunskapen och kompetensen.

Princip 7 (processer): Arrangera verksamheten visuellt så att inga problem kan döljas (Liker & Meier, 2006, s.10-11). Människor behöver en tydlig visualisering av problem för att dem ska bli synliga. Detta kan göras genom informationstavlor nära arbetsplatsen där aktuell information visualiseras och det går då snabbt att se om produktionen fungerat optimalt eller var avvikelser uppstått. Liker förespråkar alltså att företag ska utforma enkla visuella system som stödjer flödet och det dragande systemet som rekommenderats tidigare.

Princip 8 (processer): Använd bara tillförlitlig och välbeprövad teknik som underlättar arbetet i organisationen för människor och processer (Liker & Meier, 2006, s.11). Lean-filosofin förespråkar att använda teknik som är tillförlitlig men uppmuntrar också medarbetare till att tänka innovativt. Principen avser att praktiska tester alltid kan genomföras samt att teknik noga ska undersökas innan den köps och införs på företaget. Lean rekommenderar att använda sig av ny teknik om tekniken visar sig fungera. Installationen av den nya tekniken ska gå snabbt och effektivt för att inte stoppa upp produktionen. För att summera principen ska teknik inte hindra arbetare från att utföra sitt arbete utan endast hjälpa.

Princip 9 (människor): Utveckla ledare med ingående kännedom om företagets uppgifter och verksamhet, som följer företagets filosofi och har förmågan att lära ut den till andra (Liker & Meier, 2006, s.11-12). Denna princip är den första principen som kategoriseras till *människan*. Denna kategori fokuserar på hur människor i företag ska formas för att organisationen ska fungera på bästa sätt. En ledare enligt Liker är en person som är en förebild för andra. Ledaren måste förstå och samtidigt följa företagets filosofi för att kunna lära ut och få andra att följa. Ledare inom Lean behöver även ha detaljerad kunskap i produktionen för att kunna genomföra beslut som underlättar eller förbättrar arbetet. Något som är centralt i ledarskap är lagarbete och den ständiga kontakten med människor.

Princip 10 (människor): Utveckla exceptionellt duktiga medarbetare som värdesätter arbeta i grupp och tillämpar företagets filosofi (Liker & Meier, 2006, s.12). För att hålla ihop och fungera som en grupp måste alla arbeta mot ett gemensamt mål för att organisationen ska fungera. I ett företag är det därför viktigt med en tydlig filosofi att handla utifrån. Liker menar att det är människorna och inte verktygen som gör att produktionen fungerar som den ska. Inom Lean produktion är det därför medarbetarna som värdesätts högst. Genom att prioritera lagarbete blir arbetsinnehållet större och hjälp från gruppen kan fås vid problem.

Princip 11 (människor): Respektera företagets nätverk av partners och leverantörer genom att sätta utmanande mål samt hjälpa dem till förbättring (Liker & Meier, 2006, s.12-13). Filosofin inom Lean produktion och Liker pekar på att det är viktigt att respektera partners och leverantörer. Detta genom att behandla dem som en förlängning av den egna verksamheten. Det egna företaget ska utmana partners och leverantörer till att vilja växa och utvecklas tillsammans. Samtidigt som utmaningar ges ska även hjälp erbjudas vid behov. Denna princip bygger på filosofin Supply Chain som beskrivs i kapitel 2.1.6 *Supply Chain*.

Princip 12 (problemlösning): Gå och se med egna ögon för att verkligen förstå situationen (Liker & Meier, 2006, s.13). Denna princip hör till kategorin *problemlösning* som syftar till vart fokus ska ligga när problem ska lösas och hur en lösning tas fram. Enligt Liker kan problem inte lösas genom att endast titta på rapporter eller siffror. Det viktiga är att gå och se med egna ögon hur situationen ser ut för att kunna komma fram till möjliga och fungerande lösningar. För att alla inblandade ska känna sig delaktiga är det viktigt att genomföra problemlösningen på platsen där problemet uppstått. För att vara medveten om vilka aspekter som tagits hänsyn till ska även data alltid verifieras på egen hand.

Princip 13 (problemlösning): Fatta beslut omsorgsfullt och i samförstånd med full hänsyn till alla alternativ samt genomför sedan besluten snabbt (Liker & Meier, 2006, s.13). Inom Lean är det viktigt att genomföra noggranna undersökningar innan idéer kan implementeras. Alla möjliga lösningar ska övervägas noga så att den bästa lösningen på varje problem implementeras. Detta är tidskrävande och kostar mycket resurser då alternativ ska undersökas grundligt och åsikter från så många som möjligt ska diskuteras. De faktorer som påverkar hur fort implementeringen går undersöks också för att införandet sedan ska gå utan svårigheter och stanna upp produktionen minimalt.

Princip 14 (problemlösning): Bli en lärande organisation genom att oförtröttligt reflektera och ständigt förbättra (Liker & Meier, 2006, s.13-14). Inom Lean handlar det om att ständigt växa och att alltid sträva mot det bättre genom att skapa en standard som kan förbättras. Genom skapandet av standarder behöver inte varje nytt projekt börja från noll utan samma idé kan användas flera gånger och då utvecklas. Inom Lean heter detta "Kaizen" och betyder "ständiga små förbättringar". När projekt genomförs är det även enligt Lean produktion viktigt att ta lärdom av arbetsgången. Detta görs oberoende av hur projektet resulterade för att alltid reflektera över misstag och hur det i fortsättningen kan förhindras. Att reflektera på detta sätt kallas i Lean produktion för Hansei. Verktyg som används inom Lean för att möta dessa förväntningar är "5 varför-analys", som är ett verktyg där frågan varför ställs tills problemets grundorsak kan identifieras. Ett annat verktyg som refererar till att reflektera är "PDCA-hjulet". Detta hjul består av handlingarna; planera, genomföra, kontrollera och reflektera som sedan fortsätter runt i denna ordning. Hjulet används för att utveckla planer, där förändringar hela tiden reflekteras över för att finna bättre lösningar och undvika gamla misstag.

2.1.2 Ohno's sju slöserier

Inom Lean produktion beskriver Ohno sju typer av slöseri som ska förebyggas för ett produktionseffektivt flöde (Bicheno et al., 2013, s.26-31). För att uppnå ett effektivt flöde enligt Ohno krävs det främst att prioriteringar görs för att förhindra förekommandet av slöseri. Är eliminering av slöseri inte utförbart ska minskning av respektive förespråkas. De sju slöserierna som bör undvikas är;

Överproduktion - Detta slöseri är det största enligt Ohno då det lägger grunden till många andra problem (Bicheno et al., 2013, s.26-27). Överproduktion innebär att produkter produceras utan någon efterfråga, att de produceras för tidigt eller bara för säkerhets skull. Tanken med att undvika detta slöseri är att börja producera precis i tid för att hålla en jämn produktionstakt och kunna leverera produkterna i rätt tid och mängd (Just-in-time). Att överproducera leder till att ledtider och tiden i lager för produkterna i produktionen blir lång. Det leder även till slöserier som stora lager och onödiga rörelser då produkter måste transporteras till lagerhyllor då stora buffertar mellan processer skapas.

Väntan (outnyttjad arbetskraft) - Till skillnad från många andra metoder där eliminering av väntan syftar till att maskiner inte ska stå still, syftar väntan i Lean synvinkel på att produktionsflödet med kompetens och material hela tiden ska vara i arbete (Bicheno et al., 2013, s.27). Detta grundar sig i Japans kultur där kunder inte ska behöva vänta. I produktionsfall syftar detta till material som inte ska behöva vänta på maskiner samt att operatörer ska nyttja denna väntetid väl. Detta slöseri uppstår ofta då det finns en flaskhals i flödet. För att undvika att material får vänta vid flaskhalsen behöver produktionen vara utjämnad och anpassad efter denna process.

Onödig rörelse - Detta slöseri syftar främst till två huvudproblem (Bicheno et al., 2013, s.27). Det första är onödiga rörelser av människor i form av dålig ergonomi vilket leder till dålig produktivitet och kvalitet. Det andra är layouten i fabriken som gör att tid slösas på rörelser som inte tillför värde till produkten. En ergonomisk arbetsplats ökar inte bara kvalitén på arbetslivet utan ger även en ekonomisk fördel i form av ökad produktivitet. Onödiga rörelser kan vara att sträcka eller böja sig, men även att behöva skruva flera varv för att få loss en bult. Slöseriet kan minskas genom att använda sig av 5S för att standardisera arbetet till få onödiga rörelser och bygga arbetsplatsen utifrån den standarden.

Transporter - Transport av produkter, både inom företaget och ut till kund, bekostas oftast av företaget om inte överenskommelsen gällande detta gjorts (Bicheno et al., 2013, s.28). Transport i produktionen är något som företaget alltid bekostar och som inte kan elimineras helt. Om produkter har lång transportsträcka i produktionen försvåras kommunikation och feedback. Detta påverkar främst kvalitén på produkterna då åsikter inte når ända fram. För att minimera slöseriet

krävs det att människor som berör produktionsområdet placeras fysiskt nära varandra och produktionen. Det gäller även att göra arbetare medvetna om transport som ett slöseri, så att dubbel- eller onödiga transporter inte förekommer.

Felaktiga processer - Ett fel som företag ofta gör är att de använder maskiner som egentligen inte är konstruerade för att tillverka de produkter som produceras (Bicheno et al., 2013, s.28). Det förekommer även att komplexa maskiner köps in som har en hög kapacitet och en mångsidig produktion. Problem som då förekommer av att denna maskin ingår i många flöden är att den aldrig får sluta producera utan beläggs konstant. Detta leder bland annat till överproduktion och dåliga layouter i fabriken. För att undvika detta slöseri ska satsningar göras på att köpa in mindre maskiner som klarar kvalitets- och kvantitetskraven. Maskiner kan då dedikeras till ett specifikt flöde av produkter vilket möjliggör för ett långsiktigt tänkande med förbättrad layout. Det leder även till att underhåll kan utföras mer rutinmässigt utan att hela fabriken drabbas och att maskinens produktion lättare kan styras av kundefterfrågan.

Lager - Att skapa en produktion helt utan lager är mycket riskabelt och inte utförbart, däremot kan de reduceras (Bicheno et al., 2013, s.28-29). Stora lager leder till långa ledtider och förhindrar upptäckten av problem. Det leder också till att mycket kapital binds och att processer får svårt att veta när de behöver producera. Detta då företaget endast ser till ett ytbehov istället för vad som faktiskt lagras och efterfrågas av kund. Tryckande system är huvudorsaken till att det bildas stora lager då detta system inte ser till efterfrågan. Det finns tre typer av lager som påverkas olika av produktionen och kan reduceras i olika grad;

1. **Råvarulager** - Här lagras råvaror som ska bearbetas i produktionen. Detta lager är därför beroende av samarbetet mellan underleverantörer och fabriken. Detta lager kan behöva finnas beroende på vilken överenskommelse leverantören och fabriken har gällande kvalitet och leveransprecision.
2. **Färdigvarulager** - Detta lager är ett samarbete mellan kunden och fabriken. Färdigvarulagret kan också behöva förekomma i kontrollerad storlek beroende på graden av leveransprecision på färdiga produkter ut till kund. Det beror även på hur långtid det tar att färdigställa produkter i produktionen.
3. **Lager i produktion** - Lager i produktionen styrs och kontrolleras helt av företaget själva. Dessa lager är produkter som ligger ute i produktionen mellan olika processer. Lager i produktionen bör elimineras i högsta möjliga mån för att skapa kontinuerliga flöden och på så sätt korta ned ledtider och synliggöra problem i produktionen. Vid fall där eliminering av lager inte är möjligt ska lagringsmängden hållas kontrollerad.

Defekter (kassationer) - Sista slöseriet enligt Ohno som är kopplat direkt till produktionen är produkter som produceras med fel eller brister (Bicheno et al., 2013, s.29). Produktion av felaktiga produkter kostar pengar då produkterna antingen kasseras eller måste omarbetas. Hur tidigt felet upptäcks har en stor påverkan på kostnaden för företaget. Fel som uppmärksammas internt på företaget måste omarbetas eller skrotas. Detta leder till att leveransen till kund riskerar att försenas. Dessa fel har en rimlig kostnad till skillnad från externa fel som först upptäcks ute hos kunden. När felet uppmärksammas hos kunden måste produkten antingen ersättas med garanti, repareras eller servas ute på plats. I värsta fall finns risk för att kunden förloras helt efter att ha mottagit en defekt produkt. De externa felet vill därför förhindras för att minska kostnader och intäktsförluster, vilket kan göras genom att satsa på kvalitetskontroller i produktionen. Metoden för att uppmärksamma fel tidigt i produktionen kallas inom Lean för Jidoka.

2.1.3 Just-in-time produktion

Konceptet Just-in-time, eller JIT, grundar sig i att en produktion skapas som tillverkar det som kunden efterfrågar i den tidpunkten och mängd det efterfrågas (Bicheno et al., 2013, s.29-30, 269). Metoden är en stark drivkraft inom Lean produktion och Ohno var tidig med att definiera JIT som en bas inom Lean produktion. Grundtanken med JIT speglas i att skapa en effektiv

produktion genom att eliminera slöserier, variationer och överbelastningar. Metoden kan både tillämpas inom tillverkning av produkter samt vid tjänster. Konceptet tillämpas inte bara mot färdiga produkter som ska levereras ut till kund, utan det är även ett samspel mellan de olika processerna i produktionen. Detta för att uppnå grundidén som är rätt detaljer, på rätt plats, vid rätt tidpunkt som då möjliggör ett flexibelt produktionssystem.

2.1.4 Heijunka

System med Heijunka syftar till att jämna ut produktionen och öka produktionsmixen (Bicheno et al., 2013, s.78). Principen bygger på begreppet "pitchar" som är tiden det tar att tillverka de partistorlekar som bestämts i produktionen. Då kunden sällan beställer i specifikt pitch antal ska denna tid vara så kort som möjligt (Liker & Meier, 2006, s.146). Detta betyder att flera olika produkter ska tillverkas på den definierade tiden så att produktionsmixen blir högre. Att producera med en utjämnad produktionsmix leder till minskade partistorlekar vilket vägs upp av att de produceras oftare (Bicheno et al., 2013, s.17). Detta möjliggör för kunden att tillhandahålla rätt produkter i tid. Heijunka leder med detta till en jämn produktion som är utvecklad till det yttersta inom flexibilitet och ger omedelbar respons på ändrade kundefterfrågningar utan någon pisksnärteffekt (Liker & Meier, 2006, s.146). Pisksnärteffekten är ett fenomen som förekommer vid värdeflöden där variationen i efterfrågan växer på vägen bakåt genom flödet (Bicheno et al., 2013, s.240, 243). Till detta system är även Heijunkaboxen utvecklad för att visualisera och styra produktionen.

2.1.5 Kaizen

Begreppet Kaizen betyder ständiga små förbättringar och syftar till att kunden står i centrum (Bicheno et al., 2013, s.187). Kundens förväntningar förändras kontinuerligt och företagets uppgift är därför att hela tiden uppfylla de nya förväntningarna. Kaizen är ett centralt begrepp i Lean-verksamheter där många verktyg inom Lean produktion tillämpas. Idén bygger på att skapa ett standardiserat arbetssätt som sedan ständigt ska förbättras i små steg då nya standarder tas fram. Masaaki Imai har även utvecklat en Kaizen-flagga för att peka på att alla i en organisation måste vara delaktiga i arbete för att utvecklas i rätt riktning.

Inom metoden värdeflödesanalys (teoriavsnitt 3.1.7 *Värdeflödesanalys*) används också begreppet Kaizen men då som insatser (Bicheno et al., 2013, s.187). Detta är insatser som omfattar en drastisk förändring på oftast en femdagars period där uppgiften inte bara är att skapa förbättringar utan även att lära och kommunicera. Kaizen-insatser omfattar oftast interna processer där först en noga analys görs genom värdeflödeskartläggning vilket är ett viktigt moment innan själva eventet genomförs. För noggrannare beskrivning av hur Kaizen används vid värdeflödesanalyser se kapitel 2.1.7.3 *Förbättringspunkter, Förbättringspunkt 8*.

2.1.6 Supply Chain

Denna princip uppkom på 80-talet då företag fick insikt om att konkurrenskraft inte enbart var relaterat till den egna fabriken utan även var ett samarbete mellan leverantörer och kunder (Bicheno et al., 2013, s.240-244). Företag insåg att leveranstid för en produkt inte kan kortas endast genom effektivisering av den egna tillverkningen. Slutsatsen av det som uppmärksammats var att även leveranstiden är beroende av hur snabbt distributören kan fördela produkterna ut till kunden. Detta var anledningen till att många företag började tillämpa Supply Chain för att öka konkurrenskraften och är bakgrunden till att principen fick ett viktigt syfte i många företag och även inom Lean produktion (Liker & Meier, 2006, s.12-13). Det finns även andra anledningar till att Supply Chain är en användbar princip då ett bra samarbete genom hela tillverkningskedjan ger mer kontroll vilket leder till ett flexibelt flöde (Bicheno et al., 2013, s.240-244). Det handlar främst om att kontrollera gränserna mellan företagen för att kunna se hela kedjan som ett flöde för ultimt kundanpassade produkter. Även Liker pekar på detta genom sin elfte princip och menar att partner och leverantörer ska ses som en förlängning av den egna verksamheten, där ansvar tas för hela kedjan (Liker & Meier, 2006, s.12-13).

2.1.7 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys är en metodik för att kartlägga och förbättra värdeflöden (Rother & Shook, 2004). Metoden grundar sig i en tillämpning av flera utav Liker's 14 principer som bygger på filosofi inom Lean produktion. Några centrala principer som tillämpas är; *skapa processflöden som för upp problem till ytan (princip 2)*, *låt efterfrågan styra produktionen (princip 3)* samt *gå och se med egna ögon för att förstå den verkliga situationen (princip 12)*. Syftet med en värdeflödesanalys är att först skapa en karta för att visualisera flödet. Utifrån den kan sedan diskussioner kring hur slöserier kan elimineras och därmed få ett effektivare flöde göras. Vid första tillämpning av metoden behandlas vanligtvis värdeflödet från ”dörr till dörr” i en fabrik. Från att råvaror levereras till företaget till dess att produkten lämnar fabriken för att hamna i kundens händer.

Metoden värdeflödesanalys kan brytas ned i fyra övergripande steg (Rother & Shook, 2004):

1. Välj ut en produkt/produktfamilj - En grupp av produkter som i stort sett följer samma flöde är en produktfamilj. Val av produktfamilj för värdeflödesanalysen skall utgå ifrån vilken produkt eller vilka produkter företaget vill undersöka.

2. Rita en karta av de nuvarande tillståndet - Kartläggningen innebär att alla steg i flödet ritas upp, både material- och informationsflöden. Detta görs genom att vandra produktens väg från dörr till dörr genom fabriken.

3. Rita en karta för framtida tillståndet - Det framtida tillståndet illustrerar ett effektivare flöde för den utvalda produkten. Värdeflödet designas om med hjälp av en checklista med åtta förbättringspunkter som tillämpar Liker's principer och dess verktyg. (se kapitel 2.1.7.3 *Förbättringspunkter*).

4. Genomför förändringar - De förändringar som är nödvändiga för att uppnå det framtida flödet utifrån dagens läge måste alla implementeras innan det uppritade framtida tillståndet fungerar som planerat.

2.1.7.1 Värdeadderande och icke värdeadderande tid

En kartläggning av det nuvarande flödet avser att belysa slöseri (Rother & Shook, 2004). Genom en jämförelse av den värdeadderande tiden och ledtiden kan tiden som läggs på slöserier urskiljas. Värdeadderande tid för en produkt är den tid i produktionen som skapar värde utifrån kundens perspektiv. Tid i produktionen som nyttjas till slöserier, exempelvis kontroll, justering och väntan behandlas som icke värdeadderande tid.

Leditiden för en produkt är den tid som det tar från att den levereras till fabriken som råvara till dess att den lämnar fabriken, det kan förklaras som produktens genomloppstid (Rother & Shook, 2004, s.17). Leditiden inkluderar både värdeadderade och icke värdeadderande tid. En kortare leddid betyder även en kortare tid mellan att företaget betalar för råvara till dess att den får betalt av kunden för den färdiga produkten. Resultatet av en kort leddid ger därmed en bättre lageromsättningshastighet och blir indirekt ekonomiskt fördelaktigt för företaget.

Vid genomförande av en värdeflödesanalys och beräkning av ledtiden för produkten genom fabriken behöver processtid, cykeltid och tiden som produkten spenderar i lager beräknas (Rother & Shook, 2004). Dessa definieras följande;

Cykeltid (C/T) - Cykeltid är tiden från det att en produkt färdigställs i en process till dess att nästa produkt är färdigställd. Om flera produkter behandlas samtidigt delas tiden i antalet produkter som färdigställs samtidigt.

Processtid (P/T) - Processtid är tiden som det tar att genomföra en process. För en process som endast behandlar en produkt åt gången är processtiden lika med cykeltiden.

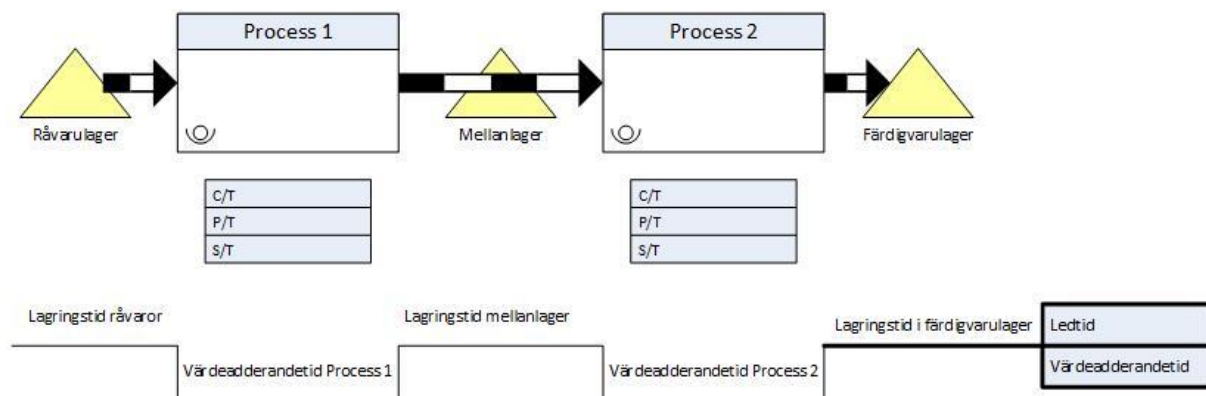
För att simplificera skillnaden och relationen mellan cykel-, process- och värdeadderande tid brukar ”koka potatis”- exemplet användas, taget från *Lära sig se* (Rother & Shook, 2004). Om 20 potatisar kokas i 20 minuter så är *processtiden* 20 minuter medan *cykeltiden* är 20 minuter dividerat med 20 potatisar, alltså en minut. Den *värdeadderande tiden* i det här fallet är 20 minuter då även en potatis behöver 20 minuter för att bli färdigkokt.

Lagringstid, ledtid genom ett lager för en produkt, adderas med de övriga genomloppstiderna för att bestämma den totala ledtiden (Rother & Shook, 2004). Lagringstiden för en produkt beräknas utifrån kundefterfrågan med hjälp av *formel 2.1*. Formeln är även känd som Little’s lag.

$$\text{Lagringstid i dagar} = \frac{\text{Lagerkvantitet}}{\text{Dagligt kundbehov}}$$

Formel 2.1 Lagringstid i dagar, Little’s lag (Rother & Shook, 2004)

Då lager enligt Lean definieras som ett slöseri behandlas lagringstiden som icke värdeadderande tid vid kartläggningen av värdeflödet (Rother & Shook, 2004). Processtegen och dess data ritas in i värdeflödeskartan enligt *figur 2.2*.



Figur 2.2 Värdeflödeskarta exempel (Rother & Shook, 2004)

2.1.7.2 Dragande system och Kanban

Inom Lean produktion är idealet ett kontinuerligt flöde (Rother & Shook, 2004). Ett kontinuerligt flöde är ett flöde med enstycksproduktion (Liker & Meier, 2006). För att en produkt skall passera hela produktionsprocessen med högsta effektivitet skall produkten förflytta sig kontinuerligt genom stegen den kortaste sträckan med minsta möjliga väntetid mellan processtegen. Detta är inte alltid möjligt då det kan förekomma ojämnheter i cykeltid eller att det av andra skäl inte går att koppla ihop två processer.

Där ett kontinuerligt flöde inte är möjligt tillämpas istället ett dragande system (Rother & Shook, 2004). Ett dragande system förespråkas då det i ett tryckande system inte finns någon överenskommelse mellan leverantör- och kundprocessen när och hur mycket som skall produceras (Liker & Meier, 2006). Den levererande processen i ett tryckande system arbetar helt i sin egen takt och efter sin egen planering. Ett tryckande system är därför svårt att kontrollera utan att det skapas slöserier.

Ett dragande system är ett återfyllnadssystem som är konsumtionsbaserat (Standard & Davis, 2001). Det är förbrukningsstyrt tillskillnad från ett tryckande system som är styrt genom orders eller prognoser. Med ett dragande system kontrolleras och begränsas mängden produkter i arbete vilket gör att först när produkter färdigställts och levererats till kund kan nytt material skickas in för tillverkning i systemet.

För processer som har långa ledtider, hanterar många olika produktvarianter eller har en längre transportsträcka kan en buffert användas mellan två processer (Rother & Shook, 2004). Supermarket och FIFO-bana är två varianter av buffertar med begränsat lagringsutrymme som kan tillämpas i ett dragande system.

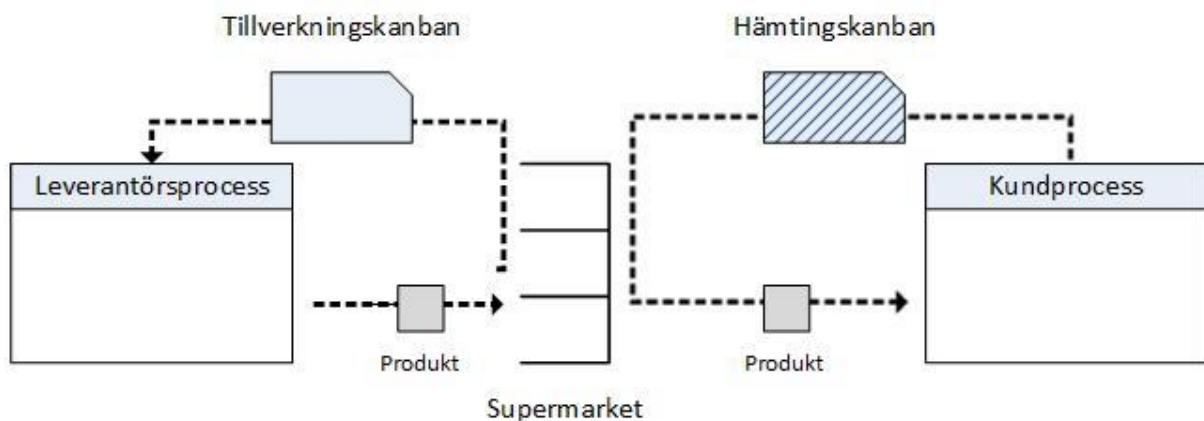
Supermarket - Kundprocessen går till en supermarket och hämtar det den behöver när den behöver det och leverantörprocessen tillverkar då det som förbrukats i supermarketen. I detta lager finns alla produktvarianter representerade.

FIFO-flöde (First in, First out) - Är en bana som kan liknas vid en rutschbana där en bestämd mängd material får plats. När FIFO-banan är full producerar inte leverantörprocessen förrän kundprocessen plockat material av banan. Ett FIFO-flöde är lämplig för skräddarsydda produkter och efter pacemakerprocessen (se avsnitt 2.1.7.3 Förbättringspunkter, fråga 5).

För att kunna styra ett dragande system behövs indikationer för när material ska sättas i rörelse, ett system för att tillämpa detta är Kanban (Standard & Davis, 2001).

Kanban- Är en metod som används vid dragande system och i anslutning till supermarket. Metoden kan användas genom ett begränsat antal Kanban-kort eller markerade lagerplatser för att kontrollera material i produktionen. Kanban fungerar som en signal för transport, tillverkningsstart eller båda delarna.

Kanban-kort sätts vanligtvis fast på en låda med artiklar (Rother & Shook, 2004). På kortet står artikelnummer och hur många artiklar det finns i lådan. Då lådan hämtats av kundprocessen, plockas kortet av och läggs i en Kanban-låda. Kanban-lådan töms sedan exempelvis av en materialhanterare som får indikationen att en ny låda då behövs från leverantörprocessen för den artikeln, ett Hämtingskanban. En ny låda hämtas hos leverantörprocessen. Detta kan vid ett Två-korts-Kanban system frigöra ett nytt Kanban-kort, ett Tillverkningskanban, som då hamnar hos leverantörprocessen och signalerar tillverkningsstart.



Figur 2.3 Två-korts-Kanban (Rother & Shook, 2004)

En liknande tillämpningsmetod är ett bingesystem (Rother & Shook, 2004). Istället för kort används istället själva lastbäraren som indikator, exempelvis en korg eller låda. När en lastbärare är tömd hos kundprocessen skickas den för återfyllnad hos leverantörprocessen. Även lastbäraren erhåller information om vilken artikel samt antalet artiklar den skall innehålla.

2.1.7.3 Förbättringspunkter

Vid framtagning av det framtida tillståndet rekommenderar boken *Lära sig se*, användning av ett antal riktlinjer och frågor som skall besvaras (Rother & Shook, 2004). Detta för att uppnå ett kundorienterat värdeflöde och sedan även rita upp ett karta över det framtida tillståndet. Dessa kan sammanfattas i en checklista på åtta förbättringspunkter som inkluderar frågor.

1. Vad är det verkliga kundbehovet? Vilken takt förekommer?

Dessa två frågor behöver besvaras för att ta reda på i vilket takt produktionen skall tillverka för att motsvara försäljningstakten (Rother & Shook, 2004). Detta görs genom att beräkna den så kallade takttiden.

$$Taktid = \frac{\text{Den tillgängliga arbetstiden per skift}}{\text{Kundernas behov under ett skift}}$$

Formel 2.2 Taktid (Rother & Shook, 2004)

Genom att beräkna takttiden erhålls en tid som beskriver hur ofta en produkt behöver vara färdigbehandlad. Detta skapar en känsla för hur snabbt respektive processteg behöver producera för att klara kundernas efterfråga.

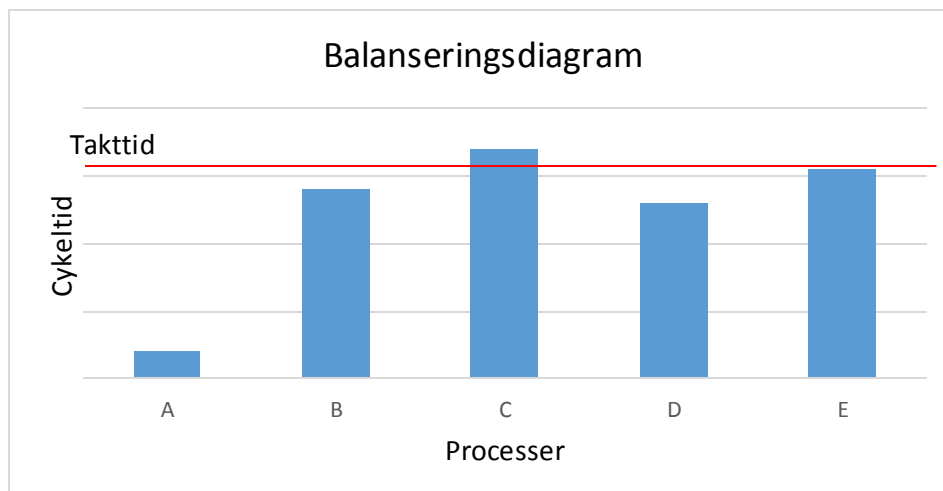
2. Kommer det tillverkas för direkt leverans eller till en supermarket med färdiga produkter?

Det finns två alternativ för att avsluta ett produktionsflöde enligt författarna till *Lära sig se* (Rother & Shook, 2004). Det är antingen genom leverans direkt till kund från produktionsflödet eller genom leverans från en supermarket ut till kund. Vid direkt leverans till kund är det de inkommande kundorderna som bestämmer produktionsstarten i flödet. Detta alternativ är det mest ideala men förutsätter att ledtiden är tillräckligt kort i förhållande till den tid som kunden förväntas få leveransen på.

Vid tillverkning mot en supermarket kan flödet hantera större variationer i kundens beställningar på grund av en buffert i supermarketen (Rother & Shook, 2004). Vid produktion av skräddarsydda produkter är det inte lämpligt att producera mot en supermarket då alla produkter ser olika ut.

3. Var kan ett kontinuerligt produktionsflöde tillämpas?

För att ta reda på var produktionsflödet kan vara kontinuerligt brukar ett balanseringsdiagram användas (Rother & Shook, 2004). Ett balanseringsdiagram visar de olika processtegen med respektive cykeltid i förhållande till takttiden.



Figur 2.4 Balanseringsdiagram exempel (Rother & Shook, 2004)

De processer som har relativt lika cykeltid kan undersökas om de kan kopplas ihop till ett kontinuerligt flöde (Rother & Shook, 2004). Undersökningen går ut på att finna dessa hinder så att artikeln istället kan gå direkt från en process till nästa. Vid mindre olikheter i cykeltiderna kan arbetsuppgifterna i respektive process undersökas noggrannare. Vid en sådan undersökning kan det ses över om det går att omfördela arbetsuppgifter mellan processerna så att cykeltiderna blir lika och klarar taktiden.

Samtidigt kan det undersökas hur många operatörer det krävs om cykeltiderna adderas och sedan divideras med taktiden. Då fås antalet operatörer som krävs totalt till arbetsuppgifterna för att klara produktion enligt taktiden.

$$\text{Antal operatörer eller stationer} = \frac{\text{Cykeltid}}{\text{Takttid}}$$

Formel 2.3 Antal operatörer eller stationer per process (Rother & Shook, 2004)

4. Var måste en supermarket tillämpas?

Där flödet inte kan konstrueras som ett kontinuerligt flöde behövs en supermarket installeras (Rother & Shook, 2004). Denna behövs sedan styras med hjälp av någon typ av Kanban-system. Om processer har lång ställtid i förhållande till cykeltiden är det inte alltid praktiskt att ställa om efter varje uthämtad låda från en supermarket. Hur ofta det är rimligt för processen att producera denna artikel får då beräknas. Därefter beräknas ett kritiskt minsta antal lådor i en supermarket mellan två processer.

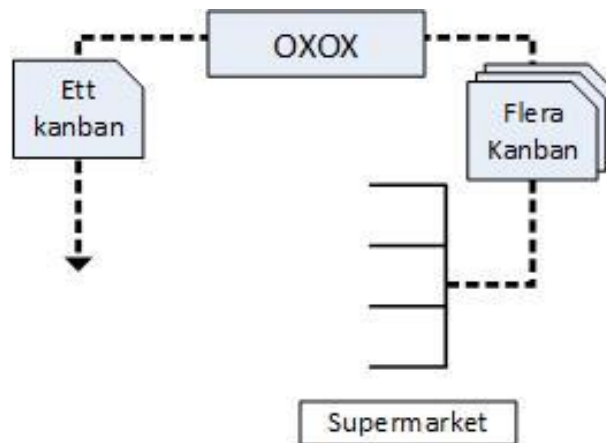
5. Från vilken punkt i kedjan kommer tillverkningen att styras?

Då ett dragande system används i hela fabriken behöver produktionen endast styras från en punkt i flödet (Rother & Shook, 2004). Detta betyder att det är endast en process i flödet som styr resterande processer. Denna process styrs av kundefterfrågan antingen direkt utifrån vad kunden efterfrågar eller indirekt via den takt kunden efterfrågar produkter över en specificerad tid. Den processen kallas pacemakerprocess och utifrån att tillverkning startat i denna process, startas sedan tillverkningen i resterande processer i flödet. Pacemakerprocessen väljs vanligtvis till den process som ligger närmast leveransen till kund. Detta på grund av att nedströms pacemakerprocesser är enklare att styra och ger ett jämnare flöde.

6. Hur kan produktionsmixen i processerna jämnas ut?

Det flesta företag tycker att det är enklare att planera för att producera en typ av produkt under en längre tid menar författarna till *Lära sig se* (Rother & Shook, 2004). Detta för att undvika många omställningar. Genom att tillverka i stora partier försvårar det för företag att ge kunder snabb service för beställningar avvikande från det producerade partiet. Detta vägs istället upp med stora färdigvarulager i många fall.

En annan följd av att producera i stora partier är att stora supermarket i produktionen även behöver erhållas (Rother & Shook, 2004). Detta då stora mängder material konsumeras och försvinner från lagret samtidigt. Detta betyder att även efterföljande process behöver produceras i stora partier och denna cykel fortsätter med ökad partistorlek uppströms genom flödet. En mer utjämnad tillverkning av produktvarianter över en tidsperiod kallas utjämnad produktionsmix. En utjämnad produktionsmix i pacemakerprocessen ger en kortare ledtid med mindre produkter i färdigvarulager och lager i produktionen. Företag kan också bättre förhålla sig till förändringar av kundens behov. Att minska partistorleken kräver fler omställningar vilket innebär mer arbete för medarbetare. En reducering av partistorlekar resulterar i att värdeflödet för produkten får mindre slöserier.

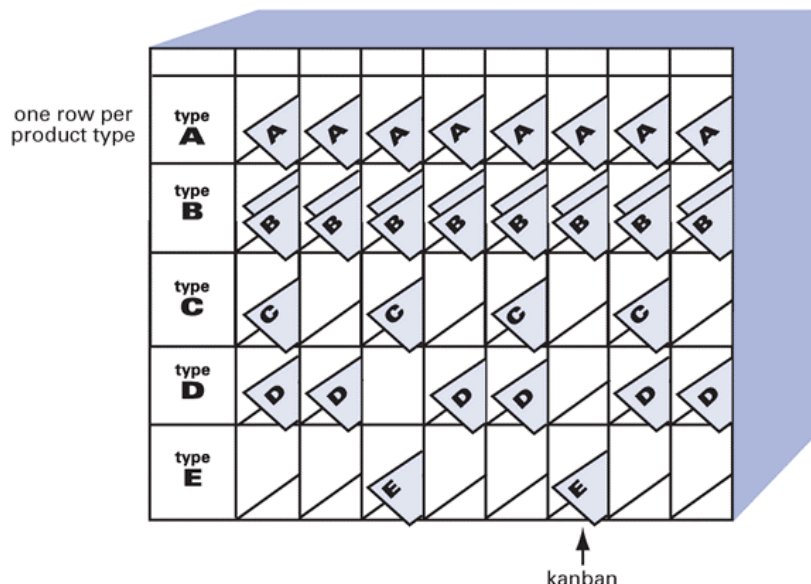


Figur 2.5 Utjämnad produktionsmix (Rother & Shook, 2004)

7. Hur skapas taktkänsla i alla processer, dvs. vilka satsstorlekar kommer regelbundet att tas ut?

För stora och sällan utlagda arbetsorder skapar stora problem i produktionen (Rother & Shook, 2004, s.45). Med detta försvinner känslan för vad kundens verkliga behov är och det försvårar även bedömningen av vilken fas som produktionsmässigt förekommer. Produktionsvolymen blir ojämn över tiden och detta skapar onödig arbetsbelastning på personalen. En utjämnad produktionstakt för en bestämd volym motverkar detta och brukar kallas för tidsstyrd hämtning.

Ett verktyg för att tillämpa tidsstyrd hämtning och skapa taktkänsla är en utjämningsbox eller en Heijunkabox (Rother & Shook, 2004, s.45). Boxen kan ses som en matris med många små fack där kolonnerna är indelade i tidsintervall och satser (den produktionsvolym som motsvarar tidsintervallet). Raderna i utjämningsboxen symboliserar de olika produktvarianterna. En utjämningsbox används ihop med Kanban-kort och ett dragande system. Kanban-korten placeras i facken allt eftersom produkterna förbrukats av kundprocessen i en supermarket.



Figur 2.6 Heijunkabox (the Lean Enterprise Institute, 2004)

8. Vilka process förbättringar blir nödvändiga?

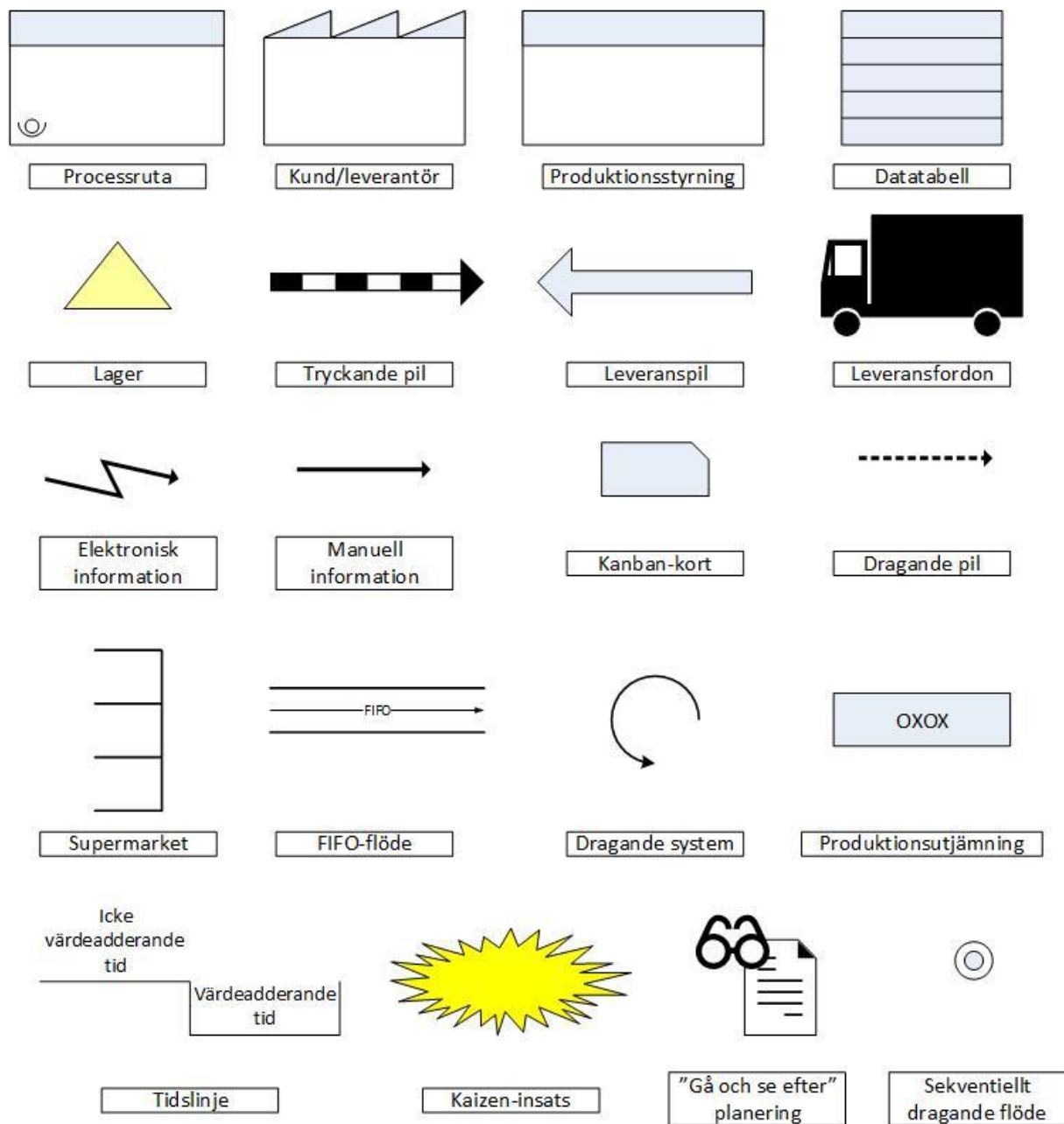
Det sista steget vid framtagning av flödets framtida tillstånd är att markera var processförbättringar är nödvändiga för att få flödet att fungera som planerat (Rother & Shook, 2010). Dessa processförbättringar kallas Kaizen-insatser. En Kaizen-insats kan till exempel vara att flödet kräver en kortare ställtid vid någon process eller att en process behöver en högre Uptime. En Kaizen-insats markeras i den framtida kartan med en Kaizen-stjärna.



*Figur 2.7 Kaizen-insats markerad som en Kaizen-stjärna
(Visio Professional, 2013)*

2.1.7.4 Symbolförklaring

Nedan i *figur 2.8* finns en förklaring av symboler som kan identifieras i en värdeflödesanalys.



Figur 2.8 Symbolförklaring värdeflödesanalys (Visio Professional, 2013)

2.2 Kapacitet

Ett tillverkande företag har olika produktionsresurser för att kunna tillföra värde till sina produkter (Jonsson & Mattsson, 2010, s.384-393). Kapacitet är den möjlighet en produktionsresurs har att genomföra värdetillag. Ur ekonomisk synpunkt är det fördelaktigt att tillgången och efterfrågan på kapacitet är den samma. Då en produktionskapacitet, exempelvis en maskin, medför kostnader både när den används och när den inte används.

2.2.1 Kapacitetsberäkning

Kapacitet kan mätas i olika enheter beroende på vad som är mest representativt för verksamheten (Jonsson & Mattsson, 2010, s.384-393). De vanligaste enheterna som används är maskintimmar eller mantimmar. Kvantitet av produkter, volym eller kronor för en viss period är exempel på andra enheter som kan användas. Vid beräkning av kapacitet måste hänsyn tas till att det alltid finns kapacitetsbortfall (Jonsson & Mattsson, 2010, s.384-393). Enligt Jonsson och Mattsson så finns det fyra nivåer av kapacitet med olika mycket bortfall.

Maximal kapacitet- Den högsta kapacitetsnivån symboliserar den kapacitet resursen skulle ha om produktionen gick dygnet runt alla dagar. Denna nivå är oftast inte intressant då det inte brukar vara fysiskt möjligt att producera dygnets alla timmar.

Nominell kapacitet- Den nominella kapaciteten brukar istället vara den första som beräknas då den utgår ifrån vilka tider resursen beräknas nyttjas. Nominell kapacitet beräknas genom att multiplicera antalet arbetstimmar per dag med antalet maskiner och antal dagar per planeringsperiod.

Bruttokapacitet- Utifrån den nominella kapaciteten måste det sedan räknas med att det förekommer en del kapacitetsbortfall på grund av exempelvis korttidsfrånvaro, underhåll och maskinhaverier. När dessa faktorer räknats bort återstår en bruttokapacitet.

Nettokapacitet- Denna måste sedan justeras efter indirekt tid där ingen produktion kan förekomma, exempelvis väntetid och arbetslednings möten. Även aktiviteter som inte är planerbara så som omarbetning, upptar även de kapacitet och måste därför tas hänsyn till. Då alla ovanstående faktorer är inkluderade i kapacitetsberäkningen återstår nettokapaciteten och det är denna kapacitet som kan beräknas vara tillgänglig för den planerade tillverkningen.

Maximalkapacitet			
Nominell kapacitet			Kapacitet ej planerad att utnyttjas
Bruttokapacitet		Kapacitetsbortfall	
Nettokapacitet	Ej planerbar verksamhet		

Figur 2.9 Kapacitetsnivå matris (Jonsson & Mattsson, 2010)

2.2.2 Kapacitetsbehov

Avsikten med kapacitetsberäkning och planering är att se till att kapacitetstillgången stämmer överens med behovet av kapacitet (Jonsson & Mattsson, 2010). Alltså skall det finnas tillräckligt med kapacitet för att producera de produkter som kunden efterfrågar. Kapaciteten bör inte heller vara överdimensionerad så att mycket kapacitet inte utnyttjas då det fortfarande innebär kostnader. Om tillgången och behovet på kapacitet inte överensstämmer finns det enligt Jonsson och Mattsson (2010) fyra huvudsakliga åtgärder som kan vidtas:

- Öka/minska tillgången på kapacitet
- Omfördela den aktuella kapacitetstillgången mellan olika avdelningar
- Öka/minska kapacitetsbehovet
- Omfördela kapacitetsbehovet mellan olika perioder

Vid ett behov av en ökning av kapacitetstillgångar kan det ses över om personalstyrkan, antal maskiner eller arbetstider kan utökas eller alternativt lägga över arbetsuppgifter på en annan avdelning eller underleverantör (Jonsson & Mattsson, 2010). För en minskning av kapacitetstillgångar krävs det motsatta.

Kapacitetsbehovet, alltså det som kunderna efterfrågar, kan ökas genom kampanjer eller marknadsföring (Jonsson & Mattsson, 2010). Om företaget har säsongsvariationer kan kapacitetsbehovet ökas eller minskas genom utjämning av produktionen. Detta kan göras genom justering av lagernivåer eller leveranstider. Alltså byggs ett lager upp under lågsäsong för att tillgodose högsäsongens behovet eller så kan ett införande av längre leveranstid vid högsäsong jämna ut behovet.

2.2.3 Theory of constraints

Theory of constraints tar uttrycket ”En kedja är aldrig starkare än sin svagaste länk” till en modell inom management (Tulasi & Rao, 2012). Det är den svagaste personen eller processen som begränsar systemet från att uppnå sina mål. Författarna till *Review on Theory of constraints* menar att det alltid finns minst en sådan begränsande del.

En del av Theory of constraints eller begränsningsteorin utgör att balansera flödet genom produktionen (Jonsson & Mattsson, 2011). Till en början måste de trånga sektionerna identifieras i flödet, alltså de sektioner som har mindre kapacitet tillgänglig än vad som efterfrågas. De trånga sektionerna bör sedan läggas fokus på för att kunna utnyttjas maximalt och i största utsträckning förhindra produktionsstörningar där. För att balansera flödet genom produktionssystemet skall de övriga processernas utnyttjandegrad anpassas för att motsvara den trängsta sektionens volymer.

2.2.4 Overall Equipment Effectiveness

Overall Equipment Effectiveness eller total utrustningseffektivitet förkortas OEE och ett är mått för att mäta en enhets effektivitet (Van Goubergen, 2010). Enligt Van Goubergen (2010) kan en maskins verkliga potentiella kapacitet beräknas med hjälp av OEE, om det mäts och beräknas på rätt sätt.

OEE uttrycks i en procentsats och beräknas genom att multiplicera tre faktorer.

$$OEE = \text{Tillgänglighet} \times \text{Effektivitet} \times \text{Kvalitet}$$

Formel 2.4 Overall Equipment Effectiveness (Van Goubergen, 2010)

Tillgängligheten är ett mått på hur stor del av tiden som maskinen har varit tillgänglig att producera, då tid som maskinen stått stilla av olika anledningar räknats bort (Van Goubergen, 2010). Tillgängligheten kan också benämnas som tidstillgänglighet och beräknas på följande sätt;

$$\text{Tidstillgänglighet} = \frac{\text{Tillgänglig tid} - \text{Stilleståndstid}}{\text{Tillgänglig tid}}$$

Formel 2.5 Tidstillgänglighet (Van Goubergen, 2010)

Även om maskinen har varit tillgänglig att genomföra operationer så fås inte alltid lika många produkter ut som beräknat (Van Goubergen, 2010). Detta kan bero på flera skäl så som tomma positioner i maskinen eller justeringar i form av omarbeting. Effektiviteten, eller operationseffektiviteten, beror av dessa faktorer och beräknas via formeln;

$$\text{Operationseffektivitet} = \frac{\text{Ideal cykeltid} \times \text{Processat antal}}{\text{Tillgänglig tid} - \text{Stilleståndstid}}$$

Formel 2.6 Operationseffektivitet (Van Goubergen, 2010)

Alla artiklar som producerats är nödvändigtvis inte korrekta. En del kommer inte heller kunna omarbetas utan måste kasseras (Van Goubergen, 2010). Kvalitet eller kvalitetsutbyte är då ett mått på hur stor del färdiga produkter som blivit godkända. Kvalitetsutbytet beräknas enligt;

$$\text{Kvalitetsutbyte} = \frac{\text{Processat antal} - \text{Felaktigt antal}}{\text{Processat antal}}$$

Formel 2.7 Kvalitetsutbyte (Van Goubergen, 2010)

2.3 Sammanfattning teori

Sammanfattning teori är ett avsnitt för att samla upp det viktigaste delarna i kapitel 2. *Teori*. Detta avslutande avsnitt är till stöd för att förklara hur teorin har tillämpats i studien.

Produktionsflödets kapacitet har en central roll i studien och därmed även beräkningar av denna. De olika kapacitetsnivåerna som beskrivs i teorin används för att illustrera vad som hämmar kapaciteten för en specifik resurs. För att uppnå den kapacitet som efterfrågas för produktionsflödet är det relevant att veta hur kapaciteten för en resurs kan justeras utefter kapacitetsbehovet. Theory of constraints eller begränsningsteorin används för att bestämma produktionsflödets kapacitet, då det enligt teorin är den begränsande enheten i flödet som bestämmer hela flödets kapacitet.

För kapacitetsberäkningar används många faktorer som överensstämmer med faktorer som används vid beräkning av OEE. En del nyckeltal ur företagets OEE-beräkningar används därmed för att beräkna maskiners kapacitet. OEE-talen används inte ytterligare då försiktighet måste antas vid beräkning av OEE i Lean-syfte (Van Goubergen, 2010). OEE-talen kan i själva verket bli bättre om det förekommer överproduktion, vilket enligt Lean produktion är ett slöseri.

Med Lean produktions metod värdeflödesanalys skapas en tydlig bild och förståelse av flödet. Kartan av det nuvarande flödet hjälper till att identifiera Ohno's sju slöserier och illustrerar var värde skapas i produktionen. För att reducera slöserier i produktionsflödet tillämpas Liker's 14 principer. Detta för att ta fram ett framtida Lean-optimerat flöde med hjälp av de åtta förbättringspunkterna och därmed komma närmare en Just-in-time produktion.

3. Metod

Nedan följer en detaljerad beskrivning av de metoder som används för att besvara frågeställningarna. Det argumenteras även för varför dessa metoder har valts och är lämpliga att använda i detta syfte.

3.1 Hur ser produktionen ut i dagsläget (2015-02-17) och vilken kapacitet har flödet?

För att kunna besvara frågan började undersökningen med att detaljerat söka information i olika databaser inom Chalmers bibliotek för att på bästa sätt kunna kartlägga produktionen i dagsläget. Databaserna som användes var Proquest, Emerald och Scopus i samband med kurslitteratur från kurser i Lean produktion, logistik samt kvalitet och driftsäkerhet. Metoden som påträffades var värdeflödesanalys, ett välanvänt Lean-verktyg för att kartlägga och beskriva det nuvarande tillståndet (Rother & Shook, 2004). Metoden kan även användas för att senare kunna rita upp ett framtida eller ideal tillstånd enligt Liker's 14 principer (Liker & Meier, 2006, s.37-42).

3.1.1 Värdeflödesanalys nuläge

Metoden för att visualisera flödet till TA-Compact-P valdes till värdeflödesanalys för att få en klarare bild över hur tillverkningen av produktens nuvarande tillstånd såg ut. Metoden värdeflödesanalys fångar upp många koncept ur Lean produktion och gör att helheten av filosofin bibehålls (Rother & Shook, 2004, s.1-3). Vid användandet av metoden väljs en detalj ut av produkten som ska följas genom fabriken. Både detaljens material- och informationsflöde ritas upp vilket var syftet som ville uppnås med visualiseringen. I en värdeflödeskarta inkluderas alla stationer och uppsamlingsplatser som detaljen passerar på sin resa genom fabriken och ger då en tydlig bild över det specifika flödet. Tanken med värdeflödesanalysen var att på ett smidigt sätt kunna utse vilka processer som ingick i det nuvarande flödet och därmed kunna beräkna kapaciteten på dessa processer. Med anledning av att värdeflödesanalysen både visualiserade flödet för att finna brister ur Lean produktion synpunkt och samtidigt redogjorde för vilka processer som behövde kapacitet beräknas, ansågs metoden som ett utmärkt val. I samråd med företaget ansågs även denna Lean-metod vara accepterad då strävan mot Lean produktion är önskvärd och ett arbete som pågår.

Innan nuvärdeskartan ritades gjordes ett "Val av produktfamilj". Då studien redan var avsedd att följa flödet till TA-Compact-P användes en produktfamiljmatris för att undersöka om fler produkter färdas genom samma processteg och därmed skulle inkluderas i studien.

Undersökningen gjordes genom fältstudier i fabriken. Matrisen genomfördes genom att processteg och utrustningar först ritades in på x-axeln för att sedan rita in produkterna på y-axeln. Efter att matrisen framställdes kunde det processer där produkten passerar markeras. Ur matrisen kunde det då utläsas vilka produkter som följer samma tillverkningssteg och därigenom bildar en produktfamilj. Före konstruerandet av matrisen utsågs vilken detalj av TA-Compact-P som skulle följas genom produktionen och därmed vara utgångspunkt för värdeflödeskartan.

PROCESSTEG OCH UTRUSTNING						
P		1	2	3	4	5
R	A	X	X	X		X
O	B	X	X	X		X
D	C	X	X	X		X
U	D		X	X	X	X
K	E	X		X		X
TER	F	X	X		X	

Figur 3.1 Produktfamiljexempel (Rother & Shook, 2004)

För att kunna göra en karta över ett nuvarande tillstånd på produktionsflödet för TA-Compact-P användes ett datainsamlingsformulär som konstruerats utifrån boken *Lära sig se* (Rother & Shook, 2004). Detta formulär användes som checklista för att få med all nödvändig data från respektive processteg.

Värdeflödesanalys - Mall för faktainsamling

Mellanlager Buffert  Antal Hur länge	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Process</td></tr> <tr><td>Antal operatörer</td></tr> <tr><td>Cykeltid, C/T</td></tr> <tr><td>Processtid, P/T</td></tr> <tr><td>Ställtid, S/T</td></tr> <tr><td>Uptime</td></tr> <tr><td>Kassation</td></tr> <tr><td>Tillgänglig produktionstid</td></tr> <tr><td>Partistorlek</td></tr> </table>	Process	Antal operatörer	Cykeltid, C/T	Processtid, P/T	Ställtid, S/T	Uptime	Kassation	Tillgänglig produktionstid	Partistorlek	Mellanlager Buffert  Antal Hur länge	Transport Tid Hur ofta Avstånd
Process												
Antal operatörer												
Cykeltid, C/T												
Processtid, P/T												
Ställtid, S/T												
Uptime												
Kassation												
Tillgänglig produktionstid												
Partistorlek												
Transport Avstånd	Kommentarer											
Arbetsorder Varifrån Hur ofta												

Figur 3.2 Mall för faktainsamling vid kartläggning av värdeflöden (konstruerad utifrån Rother & Shook, 2004)

Informationen samlades in genom att gå runt på de olika avdelningarna i fabriken och observera samt intervjua lämplig personal. Vidare samlades informationen in genom att ta tid på stationer och beräkna antalet produkter som samlats i mellanlager. Då storleken på lager förändras över tid togs denna data vid ett och samma tillfälle, det är denna tidpunkt det nuvarande tillståndet sedan ritas utifrån.

Värdeflödeskartan som ritats utgår ifrån det att företaget tar emot råmaterialet till dess att produkten lämnar fabriken, enligt Rother och Shook (2004) är detta den detaljnivå som översiktligt ska ritas (Rother & Shook, 2014, s.2-10). I kartan ritades både produktens väg genom fabriken samt kommunikationen mellan avdelningar och produktionsstyrningen. Metoden värdeflödesanalys ger enligt Rother och Shook (2004) en helhetsbild och skapar grund för planering av förbättringar med avseende på hela flödet. Med det möjliggör metoden att rita upp hur flödet ser ut idag samt till att finna vilka processer som kapaciteten ska beräknas på.

För att förtydliga bilden över flödet och för att beräkna produkternas genomloppstid beräknades antalet produkter i lager om till tid. Denna beräkning gjordes med hjälp av Little's lag som beror av variabelerna antal produkter i lager och kundefterfrågan på produkterna under en viss tidsperiod (Rother & Shook, 2004, s.26-27).

$$\text{Lagringstid i dagar} = \frac{\text{Lagerkvantitet}}{\text{Dagligt kundbehov}}$$

Formel 3.1 Lagringstid i dagar, Little's lag (Rother och Shook, 2004)

Lagringstiderna för alla lager adderades till en total tid som en produkt lagerhålls i fabriken (Rother & Shook, 2004, s.26-27). Produktens totala förädlings- och lagringstid beräknades också, den värdeadderande tiden. Till den värdeadderande tiden räknades all processtid som tillförde något till produkten för att tillfredsställa kundens krav. Den värdeadderade tiden adderades med lagringstiden för alla lager och tillsammans bildades genomloppstiden för en produkt genom fabriken. Den värdeadderande tiden jämfördes sedan med genomloppstiden för att se hur stor del av den som i dagsläget bestod av slöserier.

3.1.2 Flödets kapacitet

Efter färdigställandet av värdeflödeskartan kunde även de processer som behandlade TA-Compact-P identifieras och en kapacitetsberäkning på det nuvarande tillståndet göras. Kapacitetsberäkningen genomfördes på varje process där antalet TA-Compact-P som kan produceras per år räknades fram, som en procentsats av kundefterfrågan idag. Denna enhet valdes då syftet definierats i samma enhet, en specifik volymökning i procent.

Nominell kapacitet

Inledningsvis beräknades den nominella kapaciteten, denna räknades fram genom att multiplicera antalet arbetstimmar per dag med maskiner och dagar per planeringsperiod (Jonsson & Mattsson, 2010, s.384-393). Denna tid dividerades sedan med cykeltiden för en produkt vid det olika processerna för att få kapaciteten i antal produkter. Denna fakta hämtades vid observationer och intervjuer till värdeflödesanalyser då frågor kring kapacitet även ställdes.

Vid beräkning av nominell kapacitet vid de delade processerna multiplicerades även denna siffra med utnyttjandegraden för TA-Compact-P. Utnyttjandegraden för produkten är den tid som återstår i maskinen när övriga produkter producerats. Alltså den återstående tid som är tillgänglig för att producera TA-Compact-P. Utnyttjandegraden för produkten baserades på produktionsstatistik från föregående halvår.

Det återstående antalet produkter dividerades med efterfrågan idag vilket resulterade i den nominella kapaciteten för varje process uttryckt i procent av dagens efterfråga.

$$\text{Nominell kapacitet i \%} = \frac{\frac{\text{Tillgängligt tid}}{\text{Cykeltid}} \times \text{Utnyttjandegrad} \times \text{Antal maskiner}}{\text{Kundefterfrågan idag}}$$

Formel 3.2 Nominell kapacitet i procent (konstruerad utifrån Jonsson & Mattsson, 2010)

Bruttokapacitet

När den nominella kapaciteten tagits fram för varje process beräknades bruttokapaciteten genom att *kapacitetsbortfall* räknades bort (Jonsson & Mattsson, 2010, s.384-393). Till *kapacitetsbortfall* räknades maskinhaveri och stopp för underhåll. Denna siffra togs från företagets OEE beräkningar i form av Uptime i procent som beräknas kontinuerligt på företaget till varje process.

Enligt Jonsson och Mattsson ska eventuell korttidsfrånvaro inkluderas i *kapacitetsbortfall*. Hos IMI i Ljung tillsätts alltid personer från en reservpool vid korttidsfrånvaro och påverkar därmed inte kapaciteten. Resultatet av bruttokapaciteten angavs i procent av kundefterfrågan idag.

$$\text{Bruttokapacitet i \%} = \text{Nominell kapacitet} \times \text{Uptime}$$

Formel 3.3 Bruttokapacitet i procent (konstruerad utifrån Jonsson & Mattsson, 2010)

Nettokapacitet

För att slutligen få ut nettokapaciteten skall *ej planerbar verksamhet* exkluderas från den tillgängliga tiden för produktion i respektive process (Jonsson & Mattsson, 2010, s.384-393) Till *ej planerbar verksamhet* räknades ställtid, produktionsmöten, väntetid på material, personlig fördelningstid och kassationer. Till en början beräknades den totala ställtiden per år via fakta som togs från företagets dokumentationer;

$$Total\ ställtid = \left(\frac{Bruttokapacitet\ i\ sekunder}{(Medelparti \times Cykeltid) + Ställtid} \right) \times Ställtid$$

Formel 3.4 Den totala ställtiden för en process (konstruerad utifrån Jonsson & Mattsson, 2010)

Vid beräkningarna av tappad kapacitet för indirekta bortfall som produktionsmöten, väntetid på material och personlig fördelningstid tillhandahölls en procentsats av företaget. De indirekta bortfallen beräknades inte påverka kapaciteten för de processer som är helautomatiserade då produktion kan fortgå på egen hand under exempelvis kortare möten och raster.

För att kunna exkludera tiden för ombearbetning togs det fram en procentsats av de antal produkter som bearbetas om på grund av att det senare har kasserats. Dessa kasserade produkter räknas bort då det har tagit upp kapacitet från processen. En procentsats för kassation vid varje process erhöles genom noggrann data som företaget registrerat.

För att få ut nettokapaciteten i tillgängligtid subtraherades den totala ställtiden från bruttokapaciteten för att sedan multiplicerats med procentsatserna för indirekta bortfall och kassation. Nettokapaciteterna i tid dividerades sedan med cykeltiden för en produkt vid och för de olika processerna, för att sedan dividera antalet med efterfrågan idag. Resultatet blev då kapaciteten i enheten som eftersökts, alltså en procentsats av hur mycket produkter som kan produceras i förhållande till den nuvarande efterfrågan. Nettokapaciteten är den kapacitet som stämmer mest överens med verkligheten då hänsyn till flest förluster tagits.

$$Nettokapacitet\ i\ \% = \frac{(Bruttokapacitet - Total\ ställtid) \times Indirekta\ bortfall \times (1 - Kassationer)}{Cykeltid \times Kundefterfrågan\ idag}$$

Formel 3.5 Nettokapacitet i procent (konstruerad utifrån Jonsson & Mattsson, 2010)

Eftersom flödet består av flera fristående processer och inte är kontinuerligt kunde även flödets totala kapacitet identifieras. Flödets totala kapacitet är därför densamma som kapaciteten hos flaskhalsen i flödet (Tulasi & Rao, 2012).

3.2 Vilka problemområden gällande kapacitetsbrist kan identifieras hos produktionsflödet för TA-Compact-P?

Då företaget har prognostiserat en potentiell ökad försäljning av produktgruppen TA-Compact-P så efterfrågades även att produktionsflödet har kapacitet för detta i framtiden. Den framtida försäljningen beräknades vara 230 % större än i dagsläget. För att undersöka om dagens produktionsflöde hade kapacitet för detta kontrollerades kapacitetsresultatet som togs fram i föregående avsnitt. Detta gjordes genom att se om den procentuella kapaciteten för respektive processteg i flödet översteg 330 %, alltså en potentiell ökning med 230 %. Detta gjordes för att undersöka vilka processer som inte klarade det framtida kapacitetsbehovet och därefter identifierades även orsaker.

3.2.1 Kapacitet vid investeringsalternativ

För att öka kapaciteten i en process finns det enligt Johnsson och Mattson (2010) två alternativ. Antingen att ökning av kapacitetstillgångarna, så som personalstyrkan och maskiner eller att omfördela operationer till andra flöden eller avdelningar. Företaget hade redan sett över en del möjligheter för att frigöra kapacitet och öka kapaciteten för processerna i flödet för TA-Compact-P. Även dessa möjligheter togs därför med i beräkningarna av kapaciteten hos det framtida flödet. De investeringar som företaget lagt förslag på redogörs för nedan.

Dubbling av processer - Dubbling av några processer är en ökning av kapacitetstillgång som företaget planerat för.

Utgående produkt - Kapaciteten som var tillgänglig för TA-Compact-P beräknades öka på grund av en utgående produkt. Produkten har en minskad efterfråga från kund och beräknas därför inte produceras i framtiden eller produceras i mycket liten kvantitet.

Automatisering - Ytterligare en investering som företaget planerat för är att automatisera en manuell station och placera denna i ett kontinuerligt flöde.

Omfördelning av operationer - För att ytterligare frigöra kapacitet i en process menade företaget att det fanns möjlighet att omfördela operationer till andra flöden eller utesluta dem helt. Utifrån maskinens operationsstatistik från 2014 togs det fram i samråd med företaget vilka produkter som kunde hänvisas till andra flöden.

Samtliga processers kapacitet räknades därmed om efter införda investeringsalternativ och utifrån flödets framtida förutsättningar enligt formeln till nettokapacitets *formel 3.5* i metodavsnitt 3.1.2 *Flödets kapacitet*. Resultatet av beräkningarna kontrollerades för att se om processernas tillgängliga kapacitet var tillräcklig. De processer som fortfarande saknade kapacitet efter investeringsalternativen, togs till vidare undersökning.

3.2.2 Identifiering av kapacitetsbrister efter investeringsalternativ

För att hitta orsaken till att processerna inte klarar produktionsökningen visualiserades kapaciteten för respektive process i de tre kapacitetsnivåerna nominell kapacitet, bruttokapacitet och nettokapacitet. Sedan observerades kapacitetsbortfallen för de olika nivåerna och respektive process.

- **Nominell kapacitet**, är den tid som maskinen är belagd att producera produktfamiljen som observeras. I denna kapacitet finns inga förluster.
- **Bruttokapacitet**, är nominell kapacitet efter att kapacitetsbortfallen exkluderats i form av maskinhaverier och andra stopp för underhåll av processerna.
- **Nettokapacitet**, är bruttokapacitet efter att indirekt och inte planerad verksamhet exkluderas. Detta är förluster som små pauser i arbetet, omställning av processer, produktionsmöten, väntetid på material, personlig fördelningstid samt omarbetning på grund av kassationer.

I de fall där kontinuerliga flöden förekom krävdes en grundligare undersökning av hur processerna var utformade för att hitta orsaken till den bristande kapaciteten. Detta gjordes genom en noggrann genomgång av delprocesserna. Därefter mättes cykeltiden för respektive delprocess och taktiden beräknades för den aktuella processen. Resultatet redovisades i ett balanseringsdiagram som enligt författarna till *Lära sig se* är det lättaste sättet att se vilka delprocesser som inte klarar taktiden (Rother & Shook, 2004). Sedan genomfördes en beräkning för att se om balansering var möjlig inom taktiden genom att addera cykeltiderna för att sedan dela med taktiden enligt *formel 3.6*.

$$\text{Antal operatörer eller stationer} = \frac{\text{Cykeltid}}{\text{Takttid}}$$

Formel 3.6 Antal operatörer eller stationer vid en process (Rother & Shook, 2004)

Utifrån undersökningar av kapacitetsnivåer och processernas uppbyggnad kunde sedan orsaker till kapacitetsbristerna hos respektive process identifieras.

Kapaciteterna för de olika processerna som inte klarade produktionsökningen rangordnades efter nettokapaciteten i stigande ordning där processen med lägst nettokapacitet rangordnades högst på listan. Detta var relevant då den lägsta kapaciteten i flödet även symboliserade flödets kapacitet.

3.3 Vilka brister i produktionsflödet kan identifieras utifrån Lean produktion synvinkel när det gäller effektivitet och flexibilitet?

Enligt författarna till *Lära sig se* är metoden värdeflödesanalys det lättaste sättet att se var i ett produktionsflöde som värde skapas samt var i flödet det finns orsaker till slöserier (Rother & Shook, 2004). Därmed följde en noggrannare granskning av informationen från värdeflödeskartan och tidigare intervjuer med berörd personal. Ohno's sju slöserier studerades i litteraturen *Ny verktyglåda för lean* för skaffa djupare kunskaper i ämnet (Bicheno et al., 2013). Utifrån detta kunde produktionsflödets brister gällande effektivitet och flexibilitet identifieras. Vid besvarandet av frågan inkluderades investeringsalternativen i flödet.

3.3.1 Identifiering av Ohno's sju slöserier i flödet

Slöserier kan åskådliggöras på olika sätt i ett flöde enligt Taiichi Ohno. Vid metodens utformande valdes det därför att beskriva varje slöseri var för sig. Vid undersökningen av flödet till TA-Compact-P utgicks det från Ohno's teori för att identifiera alla slöserier i flödet.

Överproduktion - För att identifiera överproduktion i flödet till TA-Compact-P utgicks det ifrån Ohno's beskrivning om hur de kan uppmärksammas (Bicheno et al., 2013, s.26-27).

Överproduktion i en process kan uppmärksammas om det bildas stora lager efter denna process i flödet. Är det bara en process som överproducerar förekommer det relativt lite lager i resten av flödet. Förekommer det istället mycket lager i hela flödet signalerar detta att det är många processer som överproducerar. Ett stort färdigvarulager är också en indikation på att hela flödet överproducerar. Om flödet styrs av ett tryckande system kan även detta tyda på att det förekommer överproduktion då det är svårare att producera utifrån kundefterfrågan. För att undersöka var lager förekommer i flödet till TA-Compact-P kunde de utläsas i värdeflödesanalysen där lagerstorlekarna även räknats om till tid. Genom Ohno's beskrivning kunde det identifieras var överproduktion förekom i flödet. Även eventuellt långa ledtider i produktionen kunde utläsas från kartan.

För att upptäcka överproduktion i flödet togs även kapacitetsberäkningarna till hjälp. Genom granskningar av nettokapaciteten i förhållande till kundefterfrågan kunde eventuell överkapacitet synliggöras. Överkapacitet är det samma som överproduktion förutsatt att hela kapaciteten nyttjas till att producera.

Väntan (outnyttjad arbetskraft) - Det undersöktes ifall slöseriet *Väntan* förekom i flödet genom att granska värdeflödeskartan och det kunde därmed urskiljas om material fått vänta mellan processerna.

Onödig rörelse - Det undersöktes om det förekom onödig rörelse vid processerna genom observationer i fabriken och samtal med operatörer vid respektive process. Det undersöktes om processerna hade lång cykeltid eller ställtid och om de i så fall berodde på onödiga rörelser.

Transporter - Slöseriet *Transporter* kan inte elimineras helt utan endast minskas i avstånd. För att undersöka om långa transporter förekom i produktionsflödet granskades en layout-karta över fabriken och avstånd mättes för den väg materialet transporteras.

Felaktiga processer - För att identifiera om det fanns några felaktiga processer i flödet undersöktes vilka processer som var delade och försörjde flera andra flöden i produktionen genom informationen från värdeflödeskartan. Enligt Ohno är en process som används felaktigt ofta en komplex maskin med hög kapacitet och mångsidig produktion. Han menar även där igenom att en felaktig process beläggs till att alltid producera. Med information från tidigare observationer och samtal med produktionsplanerare, diskuterades det om någon process stämde in på denna beskrivning.

Lager - För att identifiera detta slöseri undersöktes både lager i produktionen mellan processerna och lager med färdig produkter. Lager i fabriken undersöktes genom fältstudier vid kartläggningen av värdeflödet. I kartan kunde därför lagerstorlekar hittas som även räknats om till lagringstid med hjälp av Little's lag.

Defekter (kassationer) - För att minska kostnader ska defekter som uppstår på produkter uppmärksammas så tidigt i produktionen som möjligt enligt Jidoka. Det undersöktes därför när defekter uppstod genom att granska företagets statistik över kassationer som noga övervakas och registreras. Det undersöktes även var i flödet olika fel uppmärksammades där värdeflödeskartan användes som illustration.

För att skapa en övergripande bild över var i flödet det förekom slöseri och vad som orsakade slöseriet fördes dessa in i en tabell. Orsakerna till slöseri togs sedan till vidare arbete med att finna åtgärdsförslag i kommande fråga.

3.4 Vilka är de huvudsakliga åtgärderna som måste vidtas för att klara de framtida förutsättningarna?

För att kunna fastställa vilka åtgärder som behöver vidtas för att både klara det framtida förutsättningarna men samtidigt skapa ett effektivt och flexibelt flöde enligt Lean produktion undersöktes frågan i tre delar.

3.4.1 Kapacitetsåtgärder

Först undersöktes de processer som fortfarande inte klarade kapacitetsökningen efter företagets investeringsalternativ. För att kunna ge åtgärdsförslag till företaget undersöktes orsakerna *För lite planerad tid* och *Obalanserat kontinuerligt flöde* som påträffats. Nedan redogörs lösningar till dessa orsaker med lösningsgång.

För lite planerad tid - Vid processer där den planerade tiden inte var tillräcklig för att klara det framtida kapacitetsbehovet, undersöktes det ifall dessa processer producerade mindre antal timmar i veckan jämfört med resterande flöde. Denna undersökning gjordes för att på ett enkelt sätt kunna få ett jämnare flöde och samtidigt klara kapaciteten utan att ändra layout eller produktionsupplägg.

Obalanserat kontinuerligt flöde - För de processer med obalanserat kontinuerligt flöde beräknades en ny takttid utifrån den nya tillgängliga tiden som togs fram. Denna tid fördes sedan in i balanseringsdiagrammet för att jämföras med cykeltiderna. För de delprocesser som fortfarande inte klarade att arbeta under takttiden utreddes åtgärdsförslag till de obalanserade kontinuerliga flödet. Då inget kapital får placeras på maskiner undersöktes aldrig detta tillvägagångssätt. Istället utvärderades förslag som Line Balansering och extra personal. Processerna granskades även noggrannare för att hitta andra möjligheter till att åtgärda brister.

3.4.2 Effektivitets- och flexibilitetsåtgärder enligt Lean produktion

För att hitta de huvudsakliga åtgärderna ur Lean produktion perspektiv måste filosofin betraktas närmare. För att på ett strukturerat sätt enligt Liker och Meier kunna följa Lean-kultur samtidigt som den egna företagskulturen tillämpas användes Liker's 14 principer (Liker & Meier, 2006).

Principerna beskriver allt som ska inkluderas i en företagskultur för att uppnå företagets uppsatta mål (Liker & Meier, 2006). Först kategoriserades därför principerna efter om de berör produktionsflödet eller om principerna låg utanför omfattningen för studien. De principer som använts för att förhålla sig till de slöserier som identifierats är därför;

Princip 2 - Skapa kontinuerliga processflöden så att problem blir synliga.

Princip 3 - Styr produktionen med dragande system så att efterfrågan bestämmer takten för att undvika överproduktion.

Princip 4 - Jämna ut arbetsbelastningen.

Princip 5 - Skapa en kultur som tillåter stopp i produktionen för att lösa problem som uppstår, så att det blir rätt från början.

Principerna tillämpades sedan för att ta fram åtgärder till de slöseriorsaker som identifierats i kapitel 3.3.1 *Identifiering av Ohno's sju slöserier i flödet*. Till att börja med undersöktes de orsaker som skulle kräva en lösning som innebar alternativa vägar för produktionsflödet eller en layout förändring. Det genomfördes kapacitetsberäkningar för samtliga alternativ för att se vilka som var genomförbara. Av dessa valdes sedan de lösningar som ansågs orsaka minst slöseri.

3.4.3 Framtida värdeflödesanalys med hjälp av förbättringspunkter

Till hjälp för att förbättra flödet enligt Liker's principer och för att hitta åtgärder till slöseriorsakerna användes checklistan från teoriavsnittet 2.2.3 *Förbättringspunkter*. Punkterna två till åtta med tillhörande frågor tillämpades på flödet. Med dessa underlag framställdes ett framtida tillstånd för flödet med reducerade effektivitets- och flexibilitetsbrister som har kapacitet för den tänkta produktionsvolymen.

Förbättringspunkt 2: För att kunna bestämma om flödet ska producera direkt till kund eller till en mellanliggande supermarket togs hänsyn till fältstudier som tidigare gjorts. De faktorer som beaktades var företagets leveransprecision till kund, variationen på produktvarianter samt skillnaden på antalet produkter som beställningen innehöll.

Förbättringspunkt 3: Frågor till förbättringspunkt tre gällande "var är kontinuerliga flöden tillämpbara i det befintliga flödet?" besvarades. Denna punkt kunde även kopplas ihop med Liker's tredje princip som då även tillämpades. För att kunna redogöra var kontinuerliga flöden kan tillämpas överblickades cykeltider för de olika processerna. Det som också undersöktes var avståndet mellan processerna för att kunna konstatera om en produktion utan lager kan tillämpas.

Förbättringspunkt 4: För att kunna minska det största slöseriet, överproduktion undersöktes möjligheterna att införa ett dragande system. För att kunna tillämpa ett dragande system undersöktes även alternativen FIFO-lager och supermarket. FIFO flöden rekommenderades på det ställen där produkterna endast var på genomresa mellan två processer medan supermarket föreslogs där alla produktvarianter behövde stanna upp samt vara representerade. Genom att ändra produktionsflödet till ett dragande system medföljde även en justering av hur flödets information ska styras. Kanban eller bingesystem rekommenderades därför i anslutning till supermarket som styrning av påfyllnaden till supermarketets.

Förbättringspunkt 5: När pacemakerprocessen skulle utses togs den process med lägst kapacitet i beaktning enligt rekommendationer från Rother och Shook (2004). Synpunkter som att välja processen som ligger närmast till kund när pacemakerprocessen bestäms, togs också hänsyn till.

Förbättringspunkt 6 och 7: För att uppnå ett flexibelt flöde tillämpades "utjämning av produktionsmixen" i de olika processerna i flödet. Det som gjordes var att undersöka hur små partier som var möjligt att köra genom de olika processerna med tanken på att mindre partier kräver fler omställningar. Det var därför centralt att jämföra cykeltider och ställtider, för att ta fram en rimlig partistorlek beroende på förhållandet tiderna emellan. För att även undersöka om processerna hade kapacitet till dessa omställningar användes den överkapacitet som identifierats hos de olika processerna. Överkapaciteten beräknades om för att kunna se hur många omställningar som var genomförbart för respektive process. Uppskattandet av partistorlekar gjordes endast för att eventuellt poängtera möjligheterna till fler omställningar och minska partistorlekar som framhäver ett mer flexibelt flöde. Dessa storlekar är därför endast en uppskattning och görs för att undersöka om detta är en åtgärd som företaget borde räkna på själva. Efter att denna förändring genomförts på den nya kartan krävdes det även att en taktkänsla genom produktionen skapades. Verket som undersöktes var Heijunkabox som tillämpas tillsammans med Kanban-kort för att definiera partistorlekarna till en tidsenhet.

Förbättringspunkt 8: För att det nya tillståndet ska fungera som tänkt i produktionen krävs det att processförbättringar i form av Kaizen-insatser som måste genomföras. Dessa har markerats med Kaizen-stjärnor i kartan. Dessa förbättringar är nödvändiga att införa innan flödet förändras med resterande sju förbättringspunkter för att flödet ska fungera som planerat.

Medan frågorna till förbättringspunkterna besvarades enligt metoden ovan så ritades även den nuvarande kartan om till ett framtida tillstånd med Kaizen-stjärnor. Då lösningsförslag endast ska ges och implementering ligger utanför studiens omfattning, uppskattades lager och liknande för att kunna beräkna en överskådlig genomloppstid i jämförelse med den värdeadderande tiden. Detta gjordes endast för att kunna definiera om en effektivisering på flödet genomförts genom kortad ledtid. Till hjälp vid uppskattandet av lagerstorlekar användes kartan från den 17 februari. Lager större än kundefterfrågan för en vecka tillämpades inte.

3.5 Sammanfattning metod

Nedan följer en sammanfattande tabell av de olika metoder som använts

METODER	SYFTE
Datainsamling - Intervjuer - Observationer	För att skapa en förståelse för produktionsflödet och samla nödvändig data för övriga metoder.
Värdeflödesanalys - Nuläge - Framtida tillstånd	För att illustrera och skapa ytterligare förståelse för flödet. För att belysa och identifiera slöserier. För att kunna förändra det gamla flödet med hjälp av <i>Förbättringspunkter</i> och konstruera ett framtida flöde enligt Lean produktion.
Kapacitetberäkning - Nuläge - Med investeringar - För alternativa vägar	För att se vilka processer som inte klarar av den potentiella produktionsökningen före och efter investeringsalternativ För att hitta begränsande processer i flödet och därmed även bestämma flödets kapacitet För att undersöka om det fanns möjlighet för produkterna att ta andra vägar för att minska slöserier.
Nominell, brutto- och nettokapacitetsindelning	För att identifiera orsaker till kapacitetsbrist
Balanseringsdiagram	För att undersöka vilka delprocesser som inte klarar att producera under taktid samt illustrera brister i kontinuerliga flöden
Litteraturstudier	För att kunna få en djupare förståelse för ämnesområden samt styrka argument för åtgärder. För att kunna identifiera orsaker till respektive slöseri.

Tabell 3.1 Metod sammanfattning

4. Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten på frågeställningarna som tidigare redogjorts utifrån studiens syfte. Resultaten har tagits fram med hjälp av lösningsgången som presenterats i kapitel 3. *Metod*.

4.1 Hur ser produktionen ut i dagsläget (2015-02-17) och vilken kapacitet har flödet?

För att kunna beräkna kapaciteten på flödet gjordes först en värdeflödeskarta för att identifiera de olika processer som ingår i flödet till TA-Compact-P.

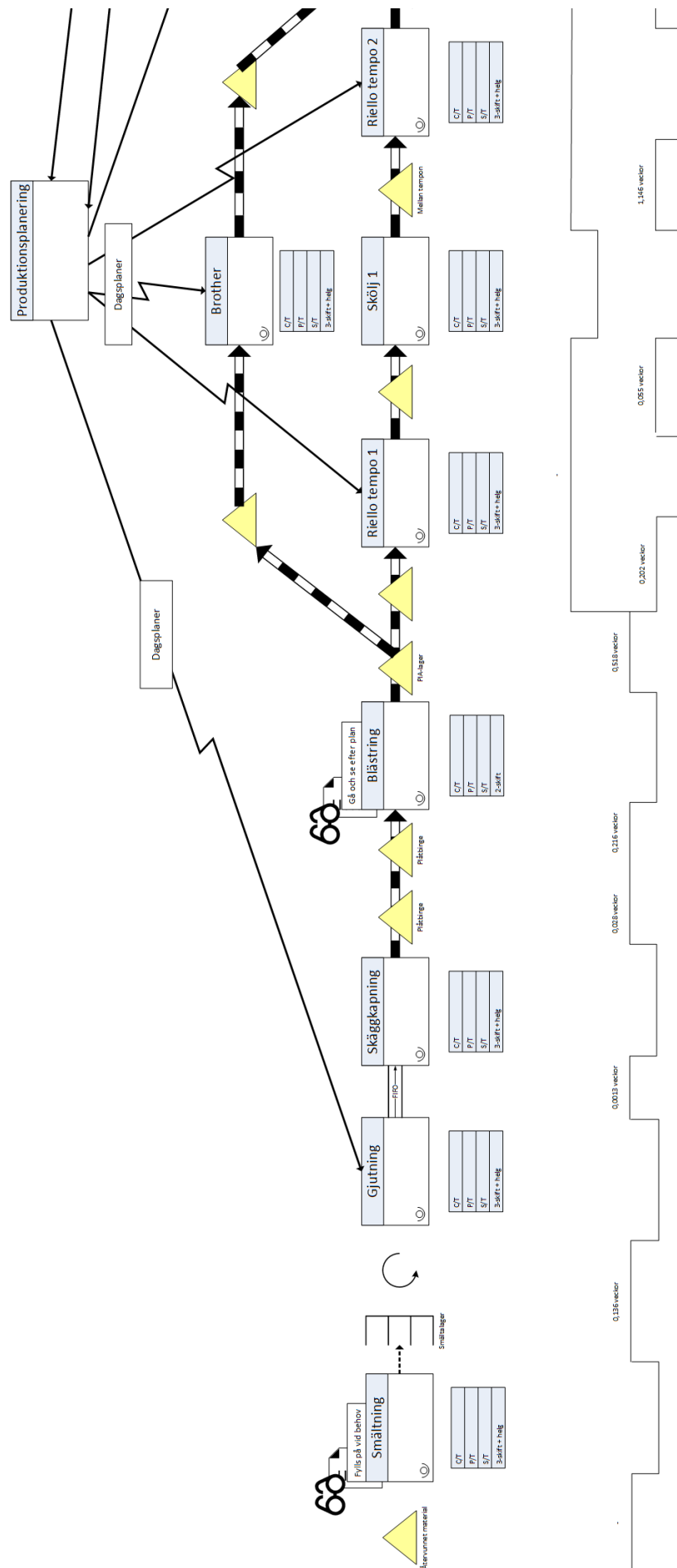
4.1.1 Värdeflödesanalys nuläge

För att visualisera hur produktionen såg ut den 17 februari 2015 genom en värdeflödeskarta valdes först huset till TA-Compact-P som detalj att följa genom flödet. Huset var enda detaljen på TA-Compact-P som följde flödet från gjuteri till färdigvarulagret. Om fler detaljer följde samma flöde som huset till TA-Compact-P undersöktes via produktfamiljs-matrisen *figur 4.1*.

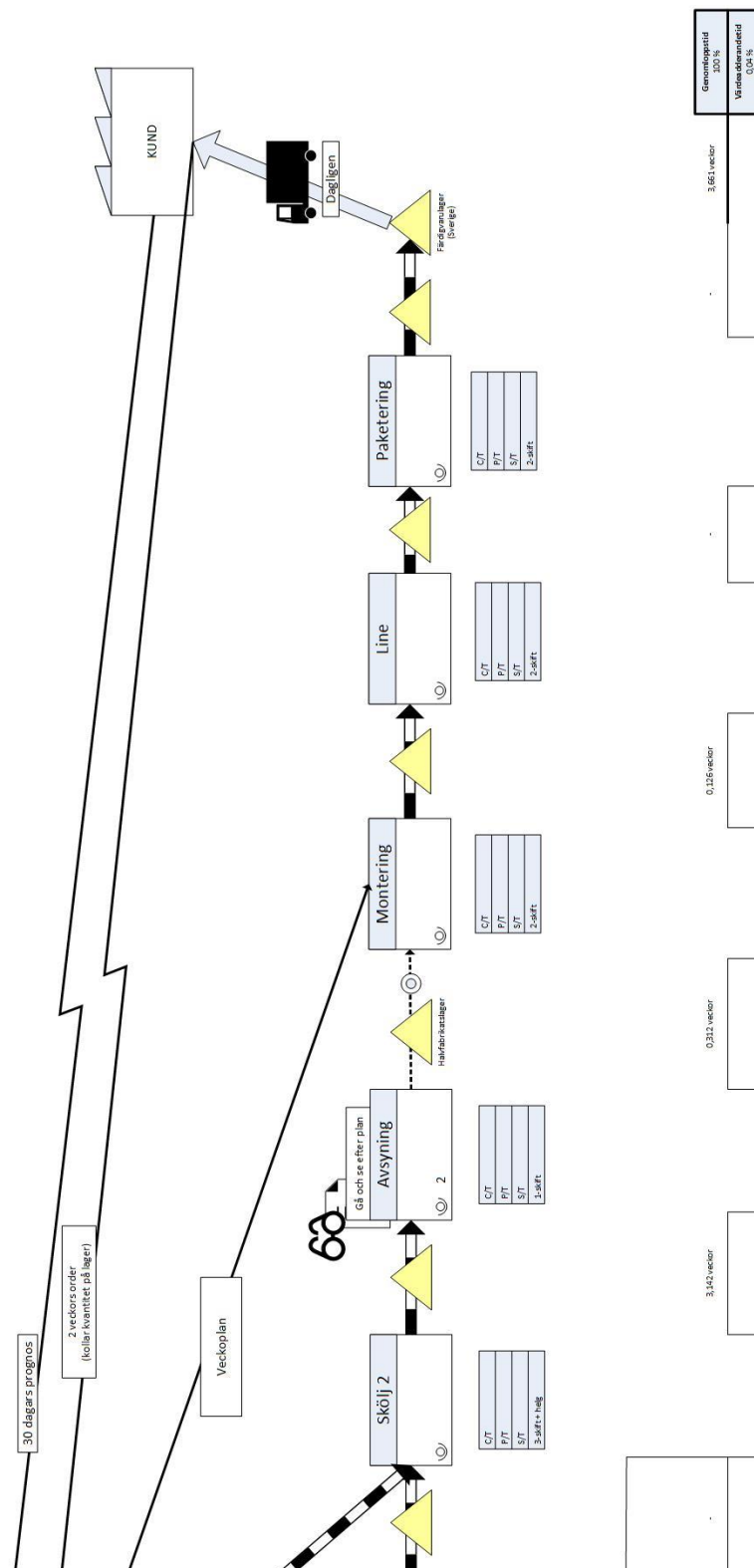
P	PROCESSTEG OCH UTRUSTNING						
R		M15	Blästen	Riello	Avsugning	Monteringbänk	Monteringsline
O	TA-Compact-P DN10	X	X	X	X	X	X
D	TA-Compact-P DN15L	X	X	X	X	X	X
U	TA-Compact-P DN15N	X	X	X	X	X	X
K	TA-Compact-P DN20	X	X	X	X	X	X
T	TA-Compact-P DN25	X	X	X	X	X	X
E	TA-Compact-P DN32	X	X		X	X	X
R	TBV-CMP		X	X	X		X

Figur 4.1 Identifikation av produktfamilj genom flödet till TA-Compact-P

Att utläsa av matrisen konstaterades att endast huset till TA-Compact-P i de fem olika storlekarna följde liknande flöden och utsågs därför till en produktfamilj. Utifrån produktfamiljen konstruerades sedan värdeflödeskartan, se *figur 4.2*. Lagringstiderna för produkterna som räknades fram med hjälp av Little's lag och annan data från fältstudier återfinns i värdeflödeskartan *figur 4.2a och 4.2b*.



Figur 4.2a Värdeflödeskarta TA-Compact-P nuläge



Figur 4.2b Värdeflödeskarta TA-Compact-P nuläge

Nutida tillstånd TA-Compact-P
17 februari 2015

4.1.2 Beskrivning av flödet till TA-Compact-P

Nedan följer en beskrivning av alla processer som var inkluderade i flödet till TA-Compact-P den 17 februari 2015. Övriga observationer som gjorts under fältstudier med relevans för fortsatta studier presenteras också nedan.

Gjuteri

Flödet till TA-Compact-P startar vid en gjuterimaskin med namn 15. Processen börjar med att återvunnen A-metal smälts i två kar för att huset till TA-Compact-P sedan ska pressgutas. Maskin 15 är dedikerad till att endast gjuta husen till TA-Compact-P i de olika storlekarna. Gjutprocessen består även av ett FIFO-lager där husen svalnar innan ingöt kapas och gjutskägg stansas bort. Gjutprocesserna styrs helt av en robot som samordnar och koordinerar arbetet. Efter kapning och stansning samlas produkterna i en plåtbinge som förs vidare till en blästringsmaskin av en operatör. Detta görs när bingen är full.

Blästring

Vid blästringen samlas alla produkter i ett FIFO-lager med obegränsat antal platser, lagerplatserna är inte heller definierade. FIFO-lagret finns på grund av att blästern är en delad resurs där cirka 200 andra produkter från gjuteriet också blästras. Blästringsprocessen fungerar som en torktumlare där en binge med hus blästras åt gången. Efter detta överförs detaljerna i trälådor som rymmer två bingar och vägs för att kontrollera antalet produkter som lämnar gjuteriet. Dessa trälådor med hus förs ut till ett hyllställage med flytande hyllplatser vid namn PIA.

Bearbetning

I PIA-lagret samlas alla produkter i fabriken innan det förs vidare till lediga maskiner i bearbetningen. Husen till TA-Compact-P bearbetas i olika maskiner beroende på storlek. DN32 den största varianten är ensam om att bearbetas i Brothermaskinen medan de andra varianterna bearbetas i Riello. Bearbetningsmaskinen Riello laddas med material både genom att det manuellt läggs upp detaljer på rullband och automatiserat av att en robot sköter det. I Riello finns sju stationer som bearbetar varje detalj i små steg, sju detaljer bearbetas därför samtidigt. Brothermaskinen laddas med material manuellt och bearbetar endast en detalj i taget. Cykeltiden som huset befinner sig i Brother är därför tio gånger längre än tiden i Riello.

Huset till TA-Compact-P är en komplicerad detalj som kräver bearbetning från många olika vinklar vilket medför att maskinerna som bearbetar detaljen måste klara att byta grepppunkt under programmets gång. Detta medför svårigheter för Riello som inte kan byta grepp och gör att detaljen måste bearbetas i två tempon med skilda program. Brother däremot har två griparmar som gör bytet av grepppunkt möjligt. Brother tillskillnad från Riello kan därför bearbeta hela detaljen i ett tempo utan mellanlagring.

Skölj

Efter de båda tempona i Riello sköljs husen. För huset till DN32 som bearbetas i Brother behövs endast en sköljning efter programmets slut. Sköljningen av husen till TA-Compact-P genomförs så fort två korgar fyllts. En korg innehåller mellan 50-100 produkter beroende på detaljens storlek. Korgarna med färdigsköljda hus förs vidare till ett lager vid avsyningsprocessen, detta lager har precis som vid blästern ingen definierad plats.

Avsugning

Från lagret efter sköljen tas alla husen till en manuell avsyningsprocess där två personer arbetar med att avsyna husen till TA-Compact-P. Vid den manuella avsyningen kontrolleras husen för att uppmärksamma defekter som uppstått vid gjutprocessen. Defekter vid gjutprocesser är enligt författaren till boken *Manufacturing Process Selection Handbook* ett vanligt problem som måste kontrolleras (Swift & Booker, 2013). För företaget är denna process viktig då endast små gjutdefekter får förekomma vid tätningsytor för att produkten skall vara tät. Efter avsyningen

transporteras husen till ett lager med obegränsat antal platser, detta lager består av halvfärdiga produkter.

Monteringsbänk

Processen efter halvfabrikatslagret är en manuell monteringsbänk där husen till TA-Compact-P monteras ihop med två andra detaljer. När en hel korg färdigställts vid monteringsbänken skickas de vidare till den automatiserade monteringslinen.

Monteringsline

Den första stationen på linan utgörs av en operatör som förmonterar ytterligare tre detaljer till huset innan den förs vidare på en palett. På monteringslinan förekommer sedan fyra automatiserade stationer där de första stationerna består av att skruva fast delarna som monterats på tidigare. I de två nästkommande processerna testas produkten i två steg för att på den sista stationen lasermärkas om produkten är felfri. De produkter som lasermärkts åker vidare på rullband till paketeringen medan de produkterna med fel kasseras.

Paketeringen

Innan produkterna förs ut i färdigvarulagret paketeras de i små kartonger med instruktioner för att sedan läggas i en gemensam låda. Färdigvarulagret som produkterna fraktas till ägs inte av fabriken i Ljung utan tillhör IMI i Schweiz. Detta medför att allt som förs ut på lagret måste godkännas av huvudkontoret innan de placeras i hyllor med flytande platser.

Styrning av produktion

Styrningen av produktionen är uppdelad på två produktionsplanerare som är ansvariga över var sin del av flödet till TA-Compact-P. Båda produktionsplanerarna bygger sina planer utifrån marknadsprognoser från huvudkontoret i Schweiz samt utifrån lagerstatus i färdigvarulagret.

Produktionsplanerare 1

Den första produktionsplaneraren är ansvarig över gjuteriet och bearbetningen.

Produktionsplanerare 1 skickar veckovis produktionsplaner på vad som ska tillverkas till både gjuteriprocessen och bearbetningsmaskinerna. Planerna anpassas utefter bestämda partistorlekar som skiljer sig något åt för de olika varianterna på TA-Compact-P.

Idag syftar arbetet för produktionsplanerare 1 till att belägga maskinerna till att producera så stor del av den tekniskt tillgängliga tiden som möjligt. Detta berör främst bearbetningsmaskinen Riello då många detaljer i fabriken endast kan bearbetas genom denna maskin. Produktionsplanerare 1 vill även kunna producera hela det planerade partiet i Riello utan produktionsstopp eller extra omställningar på grund av problem i gjuteriet. Gjuteriet producerar därför klart ett helt parti innan det börjar bearbetas i Riello vilket leder till ett stort PIA lager.

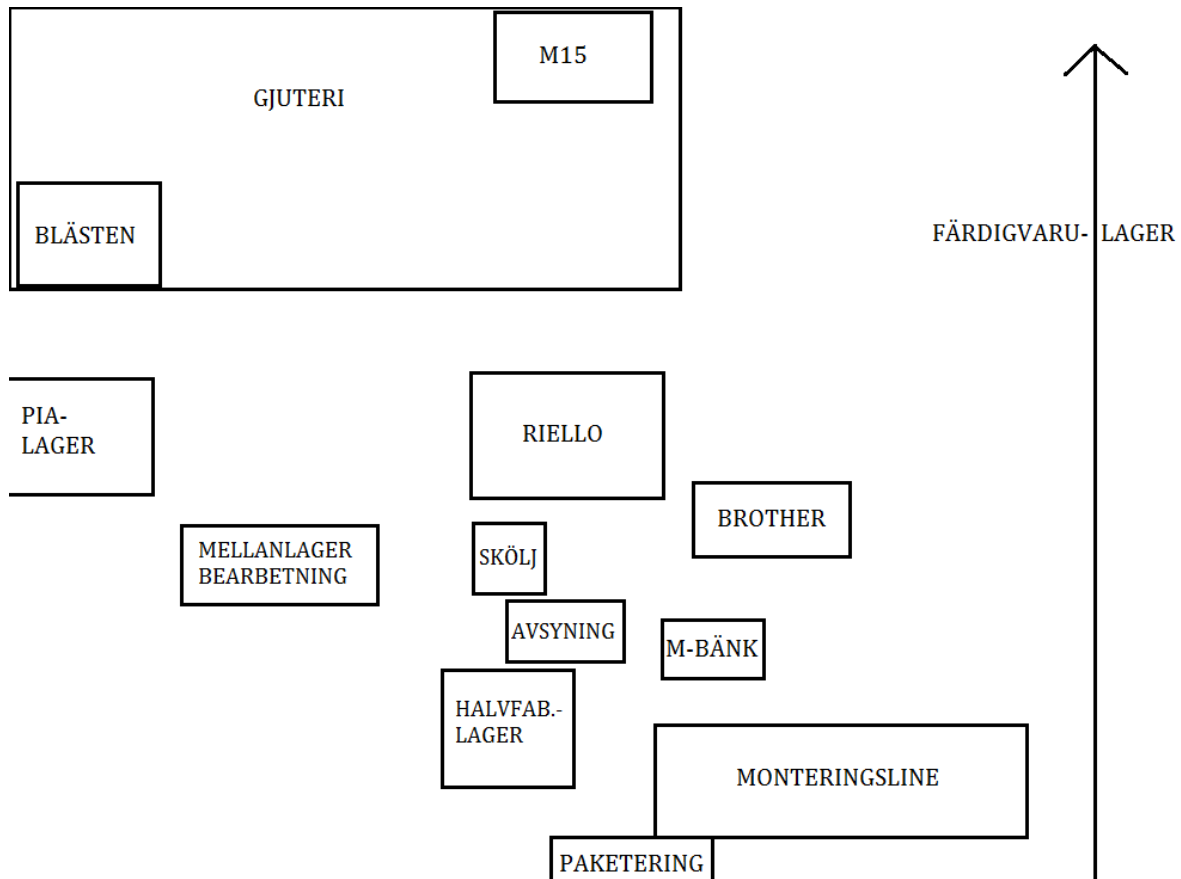
Avsyningen styrs inte utav någon produktionsplanering utan resurser sätts in beroende på behovet av hus i halvfabrikatslagret. Vid halvfabrikatslagret avslutas ordern som produktionsplanerare 1 är ansvarig för.

Produktionsplanerare 2

Den andra produktionsplaneraren är ansvarig för ordern på TA-Compact-P mellan halvfabrikatslager och färdigvarulager. Planerna bygger på orders som levereras varannan vecka till företaget. Arbetet som produktionsplanerare 2 utför är att lägga upp planer för vad som måste produceras vilken vecka. Det är sedan upp till driftledaren vid monteringen att bestämma vad som monteras och paketeras när.

Övriga observationer

Under fältstudier observerades även att huset till TA-Compact-P körs i stora partier i både gjuteriet och bearbetningsmaskinerna. Resultatet av de stora partistorlekarna är att samma parti kan belägga en maskin i tre dygn. Lagret mellan tempona som körs i Riello påverkas också av de stora partistorlekarna då hela partiet med hus ska in i samma maskin igen. Detta resulterar i att alla produkter som bearbetas i Riello första tempot måste vänta tills Riello ställts om innan andra tempot kan starta. Detta betyder att när lagret mellan tempona är som störst ligger det ett helt parti där.



Figur 4.3 Layout för en del av IMI fabriken i Ljung

© IMI Hydronic Engineering

4.1.3 Flödets kapacitet

Kapaciteten beräknades för de olika processerna där resultatet tillhandahölls i antal produkter. Detta dividerades sedan med den nuvarande efterfrågan för att få fram en procentsats se *tabell 4.1*. Kapaciteten redovisades i följande kapacitetsnivåer;

- **Nominell kapacitet**, är den tid som maskinen är belagd att producera produktfamiljen som observeras. I denna kapacitet finns inga förluster.
- **Bruttokapacitet**, är nominell kapacitet efter att kapacitetsbortfallen exkluderats i form av maskinhaverier och andra stopp för underhåll av processerna.
- **Nettokapacitet**, är bruttokapacitet efter att indirekt och inte planerad verksamhet exkluderas. Detta är förluster som små pauser i arbetet, omställning av processer, produktionsmöten, väntetid på material, personlig fördelningstid samt omarbetning på grund av kassationer.

	Gjuteri	Bearbetning	Avsugning	Monteringsbänk	Monteringsline	Paketering
<i>Nominell kapacitet</i>	378 %	425 %	130 %	368 %	208 %	208 %
<i>Bruttokapacitet</i>	325 %	358 %	130 %	368 %	188 %	208 %
<i>Nettokapacitet</i>	258 %	297 %	95 %	277 %	139 %	165 %

Tabell 4.1 Kapacitet på processer i flödet till TA-Compact-P

Nettokapaciteten är den kapacitet som stämmer bäst överens med verkligheten då flest bortfall och förluster tagits hänsyn till. Med hjälp av tabell 4.1 identifierades flödets kapacitet genom att urskilja vilken process som hade lägst kapacitet. Flödets kapacitet var därmed densamma som för avsugningen, alltså 95 % av dagensefterfråga. Att avsugningens kapacitet inte ens uppnår 100 % i dagsläget ses inte som ett problem då resurser tillsätts till denna process för att uppnå detta behov.

4.2 Vilka problemområden gällande kapacitetsbrist kan identifieras hos produktionsflödet för TA-Compact-P?

Det identifierades vilka processer som inte hade tillräcklig kapacitet för att klara en produktionsökning med 230 %. Utifrån tabell 4.1 kan det utläsas att ingen av processernas kapacitet översteg en nettokapacitet på 330 % och klarar därmed inte produktionsökningen.

4.2.1 Kapacitet vid investeringsalternativ

Nedan presenteras de investeringsalternativ som företaget planerat i flödet för TA-Compact-P och vilken innebörd de har för kapaciteten.

Gjuteri

Det visade sig att ytterligare en maskin blir tillgänglig för tillverkning av TA-Compact-P i gjuteriet. Detta på grund av att produkten TBV-CMP är en *utgående produkt* med sjunkande efterfråga. Den beräknas därför vara borta ur sortimentet i framtiden eller kunna produceras i mycket liten kvantitet då det är en styr och injusteringsventil med liknande egenskaper som TA-Compact-P (IMI Hydronic Engineering, 2015a). TA-Compact-P har ett mindre utrymmesbehov än TBV-CMP och det är något som efterfrågas på marknaden. Det är dessa anledningar som ligger till grund för att produkten TBV-CMP kan beräknas utgå från sortimentet. Det räknades därför med en *dubbling av gjuteriprocessen* och så även av kapaciteten.

Bearbetning

En del operationer som körs i Riello beräknas kunna *omfördelas* till andra flöden. De produkter som tillverkats under kortast bearbetningstid i Riello 2014 kunde antingen förflyttas till andra flöden eller beräknas vara borttagna ur företagets sortiment. Gränsen drogs för de produkter som tillsammans understeg 2 % av operationstiden under 2014. Utnyttjandegraden för TA-Compact-P i Riello beräknades därmed kunna öka från 62 % till 73 %.

Utnyttjandegraden för TA-Compact-P i Riello beräknades enligt *formel 4.1*

$$\text{Utnyttjandegraden för TA - Compact - P i \%} = \frac{\text{Tillgänglig tid} - \text{Tid för övriga produkter}}{\text{Tillgänglig tid}}$$

Formel 4.1 Utnyttjandegraden för TA-Compact-P i procent

Tid för övriga produkter är definierad som total bearbetningstid och ställtid från 2014 för alla produkter som fortfarande beräknas bearbetas i Riello bortsett från TA-Compact-P.

Företaget har investerat i ytterligare en bearbetningsmaskin av typen Brother och därmed *dubblat processen* som beräknas vara tillgänglig för TA-Compact-P. Även den gamla Brothermaskinen dedikeras helt till flödet för TA-Compact-P då TBV-CMP förväntas *utgå* ur företagets sortiment.

Montering

Företaget har investerat för att inkludering och *automatisering* av den externa monteringsbänken i monteringslinen. Därmed behöver inte kapaciteten för monteringsbänken tas med i beräkningarna för det framtida tillståndet. TA-Compact-P beräknas kunna utnyttja hela monteringslinens kapacitet då TBV-CMP *utgår* och inte längre kommer att monteras.

	<i>Gjuteri</i>	<i>Bearbetning</i>	<i>Avsyning</i>	<i>Monteringsline</i>	<i>Paketering</i>
<i>Nominell kapacitet</i>	757 %	641 %	194 %	311 %	311 %
<i>Bruttokapacitet</i>	651 %	536 %	194 %	280 %	311 %
<i>Nettokapacitet</i>	517 %	729 %	141 %	199 %	248 %

Tabell 4.2 Kapacitet på processer med investeringsalternativ

Utifrån *tabell 4.2* kan det utläsas att kapaciteten efter investeringsalternativ inte överstiger 330 % för avsyning, paketering och monteringslinen. Dessa klarar därmed inte en produktionsökning på 230 %.

4.2.2 Identifiering av kapacitetsbrister efter investeringsalternativ

Nedan utreds orsaker till varför avsyningen, paketeringen och monteringslinen inte klarar produktionsökningen.

	<i>Avsyning</i>	<i>Monteringsline</i>	<i>Paketering</i>
<i>Nominell kapacitet</i>	194 %	311 %	311 %
<i>Bruttokapacitet</i>	194 %	280 %	311 %
<i>Nettokapacitet</i>	141 %	199 %	248 %

Tabell 4.3 Kapacitet på avsyning, monteringsline och paketering med investeringsalternativ

Avsyning

För avsyningen kan det utläsas en viss skillnad mellan netto- och bruttokapaciteten men ingen skillnad mellan brutto- och nominell kapacitet. Detta beror på att avsyningen är en manuell process och har därför inga bortfall som maskinhaverier. Däremot så finns här bortfall som personlig fördelningstid och kassationer. Det som även uppmärksammas är att inte ens den nominella kapaciteten för avsyningen uppgår till den efterfrågade kapaciteten. Det innebär då att det planerade tiden till att utnyttja resursen är för låg för att klara den framtida efterfrågade kapaciteten.

Paketering

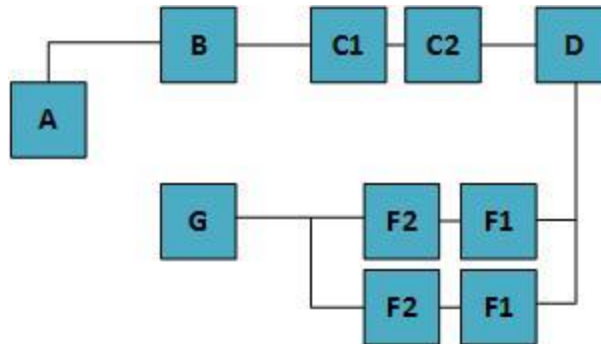
Paketeringen är också en manuell process och har liksom avsyningen inga större bortfall av kapacitet förutom personlig fördelningstid och liknande. Vilket betyder precis som för avsyningen att grundproblemet ligger i att den planerade tiden som processen används är för låg.

Monteringslinen

Även för monteringslinen kan konstaterandet göras att den planerade produktionen är för låg, då den nominella kapaciteten endast uppgår till 311 %. Monteringslinen har till skillnad från de två andra processerna fler bortfall inom processen som kassationer och maskinhaverier men som valdes att ses som ett mindre problem på grund av de relativt små förlusterna.

Då monteringslinen är ett kontinuerligt flöde beslutades det att titta närmare på de delprocesser linan består av. På detta sätt kunde orsaken hittas till vad som avgör att monteringslinen inte klarar att producera enligt taktiden.

Monteringslinen består av åtta stationer och ser ut på följande sätt:



Figur 4.4 Layout monteringsline

Station A - Här arbetar en person som manuellt monterar ihop ett flertal detaljer med huset till TA-Compact-P. Personen placerar även detaljen på en palett som sedan skickas iväg ut på monteringslinen.

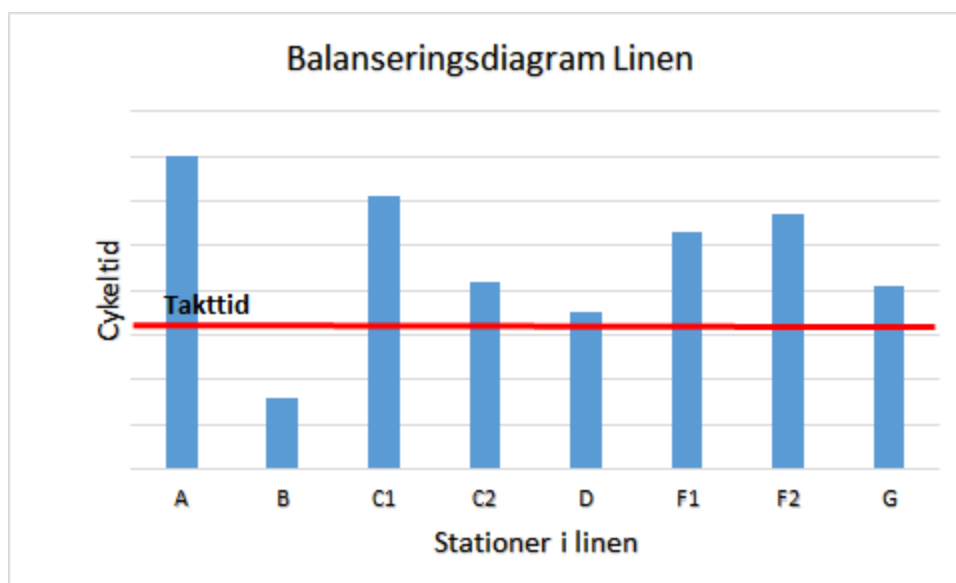
Station B, C1, C2 och D - På dessa stationer arbetar en robot med att montera, skruva åt och spänna fast olika delar på detaljen. Station B, C1 och C2 används inte för TA-Compact-P i dagsläget.

Station F1 och F2 - Vid dessa två stationer är produkten färdigställd och testas därför endast så att produkten fungerar optimalt. Testerna finns dubblerade i monteringslinen som parallella flöden men vid undersökningstillfället användes endast det ena flödet.

Station G - Här lasermärks den färdiga produkten innan den skickas till paketering.

Den framtida taktiden beräknades enligt *formel 2.2* och cykeltiden för respektive station klockades. För de stationer som i dagsläget inte används vid montering av TA-Compact-P uppmättes cykeltiden vid montering av TBV-CMP. Enligt företaget kommer cykeltiderna att vara identiska mellan de två produkterna.

Vilka stationer som inte klarar taktiden redovisas i ett balanseringsdiagram.



Figur 4.5 Balanseringsdiagram monteringslinen

Diagrammet visar att det är endast station B som klarar den framtida taktiden som krävs samt att monteringslinen inte är balanserad.

Balanseringsberäkningarna, enligt *formel 3.6*, visar att en balansering inte var möjlig utan att inkludera ytterligare fyra stationer för att klara taktiden. Det skulle innebära att linjen hade behövt bestå av tolv stationer istället för åtta.

4.2.3 Sammanfattning kapacitetsbrister

Nedan visas en sammanställning av processerna med kapacitetsbrister före och efter investeringsalternativ.

PROCESSER	Nettokapacitet före investeringar	Investering	Nettokapacitet efter investeringar
Gjuteri	<u>258 %</u>	Dubblad process Utgående produkt	517 %
Bearbetning	<u>297 %</u>	Omfördelning av operationer Utgående produkt Dubblad process	729 %
Avsugning	<u>95 %</u>	Utgående produkt	<u>141 %</u>
Monteringsbänk	<u>277 %</u>	--Flyttad--	-
Monteringsline	<u>139 %</u>	Utgående produkt Automatiserad monteringsbänk	<u>199 %</u>
Paketering	<u>165 %</u>	Utgående produkt	<u>248 %</u>

Tabell 4.4 Sammanfattning kapacitet före och efter investeringsalternativ

Tabell 4.5 visar processerna med kapacitetsbrister efter investeringsalternativ rangordnade efter nettokapaciteten samt orsaker till kapacitetsbristen.

PROCESSER	Nettokapacitet	Orsak till kapacitetsbrist
Avsyning	<u>141 %</u>	För lite planerad tid
Monteringsline	<u>199 %</u>	För lite planerad tid Obalanserat kontinuerligt flöde
Paketering	<u>248 %</u>	För lite planerad tid

Tabell 4.5 Sammanfattning kapacitetsbrister

4.3 Vilka brister i produktionsflödet kan identifieras utifrån Lean produktion synvinkel när det gäller effektivitet och flexibilitet?

Efter en analys av informationen från värdeflödesanalysen och djupare studier av Ohno's sju slöserier kunde samtliga sju identifieras i värdeflödet för TA-Compact-P.

4.3.1 Identifiering av Ohno's sju slöserier i flödet

Nedan följer en beskrivning av produktionsflödets identifierade slöserier.

Överproduktion - Produktionsflödet för TA-Compact-P styrs inte efter kundefterfrågan och har därmed ett tryckande system vilket ofta leder till överproduktion. Många produkter lagras i färdigvarulager vilket tyder på överproduktion för hela flödet. Det lagras även många produkter efter bearbetningsprocessen vilket tyder på att denna process överproducerar. Framförallt har gjuteriprocessen överkapacitet gentemot kundefterfrågan och om gjuteriet nyttjar hela kapaciteten för produktion förekommer överproduktion även i denna process.

Väntan - Det har uppmärksamats att material får vänta mellan processer i flödet. Speciellt uppmärksammades detta emellan de två tempon som körs i bearbetningsmaskinen Riello. Här får material vänta både under ställtiden samt under produktion av övriga produkter i partiet då samma produkter bearbetas två gånger i samma process. En orsak till att materialet får vänta en längre tid mellan processerna är på grund av stora partistorlekar i produktionen.

Onödig rörelse - Onödiga rörelser som förekommer vid en arbetsplats som inte är ergonomisk är en bidragande orsak till bland annat långa ställtider vilket misstänks vara fallet vid bearbetningsprocessen. Även förflyttning av material till och från lagerplatser mellan bearbetningsoperationerna i Riello ses som onödiga rörelser.

Transporter - Transport av material är något som förekommer i de flesta flöden och går inte att eliminera. På företaget förekommer inga längre transporter mellan processerna men det är inte heller någon flödesorienterad layout. Då detta slöseri inte tycks påverka materialflödet till TA-Compact-P väsentligt valdes det att inte ta fram åtgärdsförslag för detta.

Felaktig process - En process används felaktigt om den beläggs för att alltid kunna producera. Detta förekommer ofta vid delade processer som skall försörja flera flöden och har en mångsidig produktion. Bearbetningsmaskinen Riello har identifierats till att vara en sådan process på grund av dessa faktorer.

Lager - Företaget förbinder mycket produkter i lager både i färdigvarulager och i lager mellan processerna. Detta syns tydligt då en produkts genomloppstid är betydligt längre än den värdeadderande tiden som beräknats i värdeflödesanalysen. Den höga lagerhållningen av produkter är en följd av den stora partistorleken och företagets tryckande flöde. Detta bidrar till en

minskad flexibilitet och gör det därmed svårt för företaget att hålla den korta leveranstid de erbjuder kunder utan konsekvenser som stora lager.

Defekter (kassationer) - I produktionsflödet har det identifierats att det förekommer produkter med defekter som antingen kasseras eller omarbetas. Det som uppmärksammas är att defekterna upptäcks på avsyningen som ligger relativt sent i flödet vilket säger emot metoden Jidoka.

4.3.2 Sammanställning av slöserier

Nedan visas resultatet av slöseriidentifieringen i en tabell.

SLÖSERI	PLATS	SLÖSERIORSAKER
Överproduktion	<i>Hela flödet Bearbetning Gjuteri</i>	• Produktion ej styrd av kundefterfrågan • Tryckande system
Väntan	<i>Bearbetning</i>	• 2-tempo i Riello • Stora partier
Onödig rörelse	<i>Bearbetning</i>	• 2-tempo i Riello
Felaktig process	<i>Bearbetning</i>	• Riello's beläggning
Lager	<i>Färdigvarulager Mellan processer</i>	• Tryckande system • Stora partier • Produktion ej styrd av kundefterfrågan
Defekter (kassationer)	<i>Avsyning</i>	• Upptäcks sent

Tabell 4.6 Sammanställning slöseriidentifikation

4.4 Vilka är de huvudsakliga åtgärderna som måste vidtas för att klara de framtida förutsättningarna?

För att kunna redogöra för de huvudsakliga åtgärderna som måste vidtas för att produktionsflödet för TA-Compact-P skall klara de framtida förutsättningarna, presenteras här resultatet i tre delar.

4.4.1 Kapacitetsåtgärder

Åtgärdsförslag för de orsaker till kapacitetsbrister som tagits fram presenteras nedan.

För lite planerad tid

Det fastställdes att den främsta orsaken till att paketeringen, monteringslinen och avsyningen inte klarade den framtida kapaciteten beror på att den är planerad att nyttjas för få timmar. Kapaciteten beräknades därför om för att beläggas i 3-skift för samtliga processer vilket redovisas i tabell 4.7.

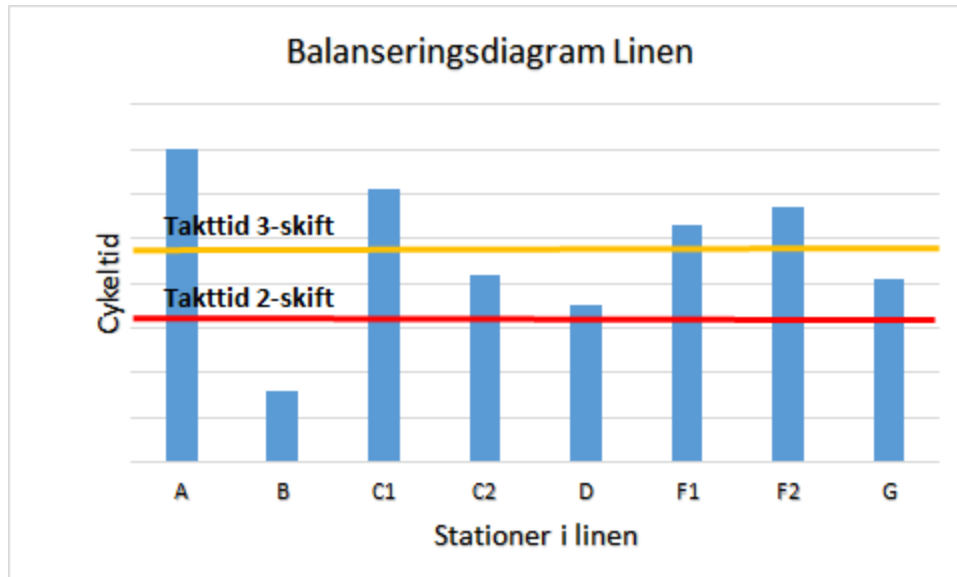
	<i>Avsyning</i>	<i>Monteringsline</i>	<i>Paketering</i>
<i>Nominell kapacitet</i>	581 %	467 %	467 %
<i>Bruttokapacitet</i>	581 %	420 %	467 %
<i>Nettokapacitet</i>	423 %	316 %	372 %

Tabell 4.7 Kapacitetsökning genom byte till 3-skift

Det kan utläsas ur tabell 4.7 att avsyningen har överkapacitet och monteringslinen fortfarande inte klarade att producera för kapacitetsökningen. Då avsyningen består av två personer som arbetar parallellt undersöktes det om det var tillräckligt att en person avsynade det tredje skiftet. Nettokapaciteten uppgick då till 353 % och klarade därmed produktionsökningen med minskad överkapacitet vilket rekommenderades.

Obalanserat kontinuerligt flöde

Takttiden för monteringslinen efter ökning till 3-skift fördes in i balanseringsdiagrammet för att se vilka stationer som inte klarar att producera enligt takttiden för 3-skift.



Figur 4.6 Balanseringsdiagram monteringsline 3-skift

Det kan utläsas ur diagrammet att Station A, C1, F1 och F2 hindrar monteringslinen från att montera enligt takttiden för 3-skift.

Då station F1 och F2 har ett parallellt flöde som inte nyttjades vid undersökningstillfället kan det antas att cykeltiden för denna process kan halveras. Förutsättningen för detta är då att de parallella flödena fungerar på ett korrekt sätt, vilket kan behöva ses över av företaget.

Station A är den enda delprocessen i flödet där manuell montering förekommer. För att minska cykeltiden för denna delprocess finns det två alternativ. Det kan antingen tillsättas ytterligare en montör eller alternativt automatisera delar av uppgiften som sker på station A i en ny station i monteringslinen, för att på så sätt effektivisera processen.

Cykeltiderna för station B och C1 är relativt ojämna samt att cykeltiden för C1 är över takttiden för 3-skift. Delprocesserna B och C1 behöver därför ses över av företaget för att se om en utjämning av cykeltiderna kan genomföras och på så sätt minska cykeltiden för station C1. Förslagsvis kan företaget genomföra en Line Balansering på hela monteringslinen.

4.4.2 Effektivitets- och flexibilitetsåtgärder enligt Lean produktion

För att skapa ett produktionsflöde med minimerat slöseri togs ett antal åtgärdsförslag fram med hjälp av Liker's principer för att senare även använda checklistan med de åtta förbättringspunkterna.

Avsyningsprocessen rekommenderas placeras före bearbetningsprocesserna för att på så sätt upptäcka fel tidigare i flödet för att minimera skadan av slöseriet *defekter*. Detta på grund av att företaget menar att de defekter som upptäcks vid avsyningen i huvudsak genereras i gjuteriprocessen.

I samband med att detaljen behöver bearbetas i två tempon i Riello, identifierades det i huvudsak två typer av slöseri i *fråga 3*. Det undersöktes därför ifall det fanns alternativa vägar som detaljen kunde ta igenom bearbetningsprocessen. Det som ville undvikas var att detaljerna skulle behöva bearbetas i samma maskin två gånger och då behöva vänta emellan. De alternativ som undersöktes var:

1. Samtliga detaljer bearbetas i Brothermaskinerna.
2. Första tempot bearbetas i Riello och andra tempot i Brothermaskinerna.
3. Detaljerna DN15, DN20 och DN25 bearbetas i Riello samt DN10 och DN32 bearbetas i Brother.

Resultatet av kapacitetsberäkningen för de tre alternativa vägarna genom bearbetningsprocessen kan ses i *tabell 4.8*.

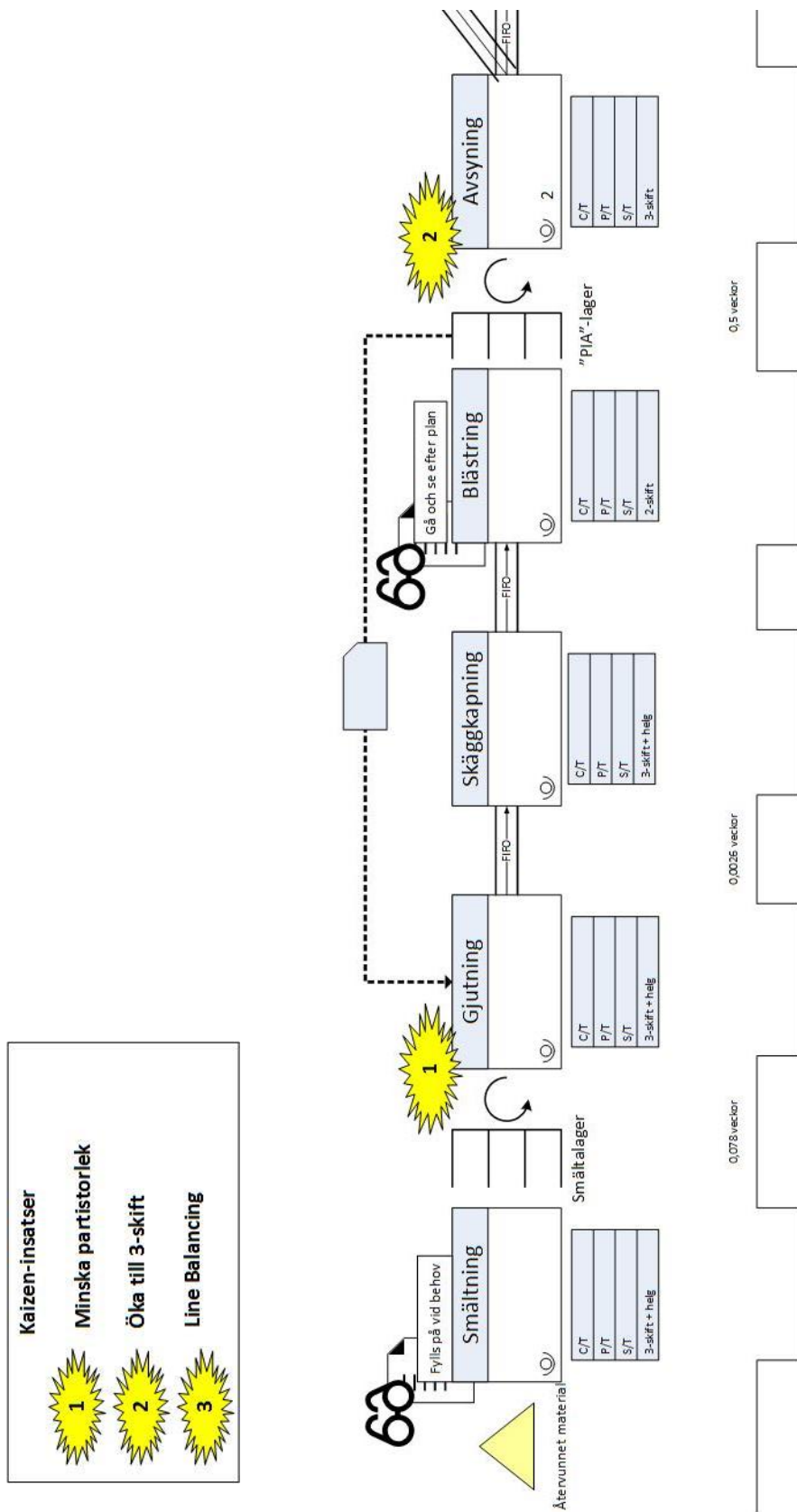
	(1) Brother tempo 1+2	(2) Riello tempo 1	(2) Brother tempo 2	(3) Riello (DN15+20+25)	(3) Brother (DN10+32)
Nettokapacitet	110 %	590 %	287 %	411 %	636 %

Tabell 4.8 Kapacitet bearbetning alternativa vägar

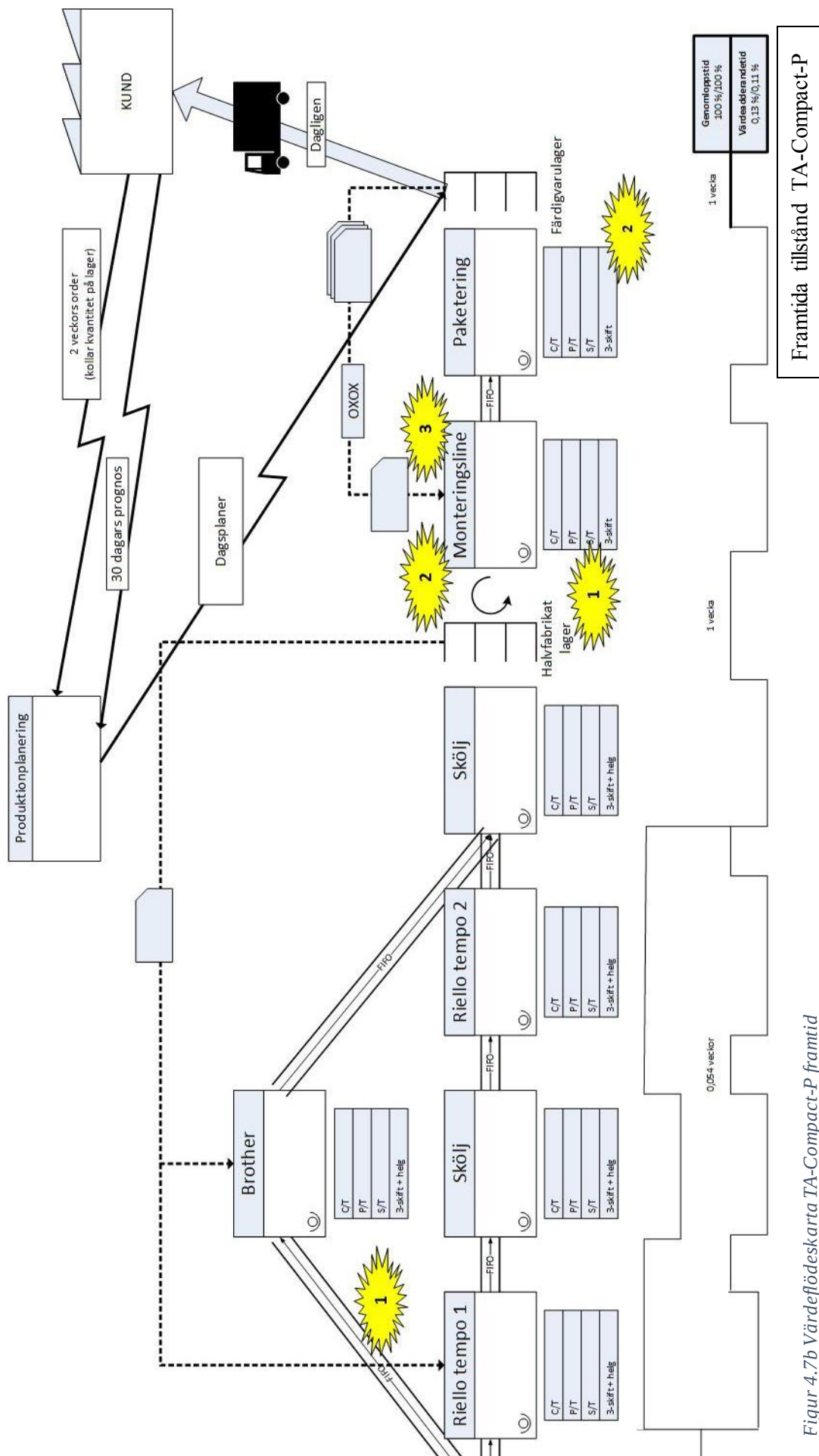
1. Från *tabell 4.8* kan det utläsas att Brothermaskinerna inte hade tillräckligt med kapacitet för att bearbeta alla produkter. Detta alternativ hade varit det mest optimala alternativet ur Lean produktion synpunkt då maskinerna hade varit dedikerade till ett flöde samt att slöseriet *väntan* mellan de två tempona hade eliminerats.
2. Brothermaskinerna hade inte heller tillräckligt med kapacitet för att bearbeta alla detaljer i andra tempot. Att det andra tempot valdes till Brothermaskinerna berodde främst på att detta tempo innehåller färre moment än första tempot och möjliggör därför för en kortare cykeltid. Då Brothermaskinerna överlag kräver längre tid för att bearbeta produkten gav denna uppdelning de bästa förutsättningarna till en balansering mellan Riello och Brothermaskinerna. Även detta alternativ hade motverkat att produkterna fått vänta mellan tempona.
3. Det sista alternativet är det enda då Brothermaskinerna klarar kapaciteten. Detta alternativ angav företaget själva och ansågs lämpligt då svårigheter med att bearbeta DN32 i Riello förekommer. Alla de andra storlekarna kan också bearbetas i Brother men detta alternativ valdes för att kapaciteten för Brother klarar att bearbeta hela årsvolymen av DN10 tillsammans med DN32. Rekommendationen som därför gavs var att prioritera att bearbeta så mycket som möjligt av TA-Compact-P i Brothermaskinerna istället för bearbetning i Riello.

4.4.3 Framtida värdeflödesanalys med hjälp av förbättringspunkter

Nedan följer de åtgärdsförslag som tagits fram genom metoden värdeflödesanalysen och de åtta förbättringspunkterna. Förbättringspunkterna som tillämpades var punkt två till åtta. *Figur 4.7* symboliserar en överskådlig karta av det framtida tillståndet. I kartan kan det utläsas en minskning med 71 % av ledtiden från den ursprungliga kartan ritad den 17 februari.



Figur 4.7a Värdeflödeskarta TA-Compact-P framtid



Figur 4.7b Värdeflödeskarta TA-Compact-P framtid

Förbättringspunkt 2: Företaget rekommenderades att omstrukturera färdigvarulagret och producera mot en supermarket med begränsat antal plaster. Alternativet med att producera direkt emot kund valdes bort på grund av företagets korta leveranstid till kund samt med avseende på beställningars variation. Åtgärdsförslaget med produktion mot supermarket beräknas bidra till att minska slöseriet *lager* i färdigvarulagret. Det bedöms även hjälpa företaget att producera mot kundens efterfrågan och därmed undvika slöseriet *överproduktion*.

Förbättringspunkt 3: Det beräknades inte fungera att utveckla kontinuerliga flöden i produktionsflödet utöver den monteringsline företaget redan hade.

Förbättringspunkt 4: Istället för företagets tryckande system rekommenderades ett dragande system. Det dragande systemet utvecklades med hjälp av supermarket, FIFO-flöden, Kanban- och bingesystem.

Supermarket PIA rekommenderas att placeras mellan blästern och bearbetningsmaskinerna. Mellan denna supermarket och gjuterimaskinerna implementeras ett bingesystem som signalerar till gjuteriet att börja producera. Innan blästern föreslogs ett FIFO-lager utan begränsat antal platser. Detta gjordes då blästern antas kunna väga upp för mindre stopp i produktionen på grund av dess korta cykeltid i förhållande till gjuteriprocessen.

Supermarket halvfabrikat rekommenderades att placeras innan monteringslinen vilket kräver att Kanban implementeras mellan denna supermarket och bearbetningsmaskinerna. Ett FIFO-lager utan begränsat antal platser föreslogs framför sköljen då cykeltiden för denna anses kort i förhållande till cykeltiden i bearbetningsprocesserna.

Supermarket färdigvarulager rekommenderades som lager för färdiga produkter. Mellan supermarket färdigvarulager och monteringslinen föreslogs även ett Kanban-system som kontrollerar monteringslinens produktion. Mellan monteringslinen och paketeringen rekommenderas sedan att införa ett FIFO-flöde.

Övergången till ett dragande system och tillämpning av Liker's 3:e princip förväntades i synnerhet minska slöseriet *överproduktion* och även slöseriet *lager*.

Förbättringspunkt 5: Företaget rekommenderades att välja monteringslinens första manuella del till flödets pacemakerprocess. Att den manuella delen på monteringslinen väljs beror på att hela linens flöde styrs från denna delprocess och bestämmer därför redan takten i det kontinuerliga flödet. Monteringslinens första delprocess får ta emot kundens beställningar och blir även den styrande processen i hela flödet för TA-Compact-P.

Förbättringspunkt 6 och 7: För att ytterligare kunna minska slöseriet *lager* samt tillämpa Liker's 4:e princip uppskattades partistorleken till 600 hus av TA-Compact-P genom alla processer förutom i Riello där partistorleken approximerades till 1200 hus av TA-Compact-P. Detta möjliggör fler omställningar för processerna i flödet och rekommenderas därför att undersökas vidare. En utjämning av tillverkningsorder måste också ses över, exempelvis med en Heijunkabox från färdigvarulagret till monteringslinen.

Förbättringspunkt 8: De Kaizen-insatser som ansetts nödvändiga att genomföra är:

- Övergå till 3-skift för samtliga processer
- Genomföra en balansering av monteringslinen för att komma ner i takttiden för 3-skift.
- Minska partistorlekar

4.5 Sammanfattning åtgärdsförslag

Nedan följer en sammanfattande tabell över de åtgärdsförslag som rekommenderas för att företaget skall klara de framtida förutsättningarna. I de framtida förutsättningarna ingår både kapacitetsökningen samt kravet på ett effektivare och mer flexibelt flöde.

ORSAK	REKOMMENDERAD ÅTGÄRD
<u>Kapacitetsbrist</u>	
För lite planerad tid	Monteringslinen och paketeringen bemannas 3-skift istället för 2-skift Avsyningen bemannas av två personer 2-skift och endast av en person det tredje skiftet. Istället för tidigare två personer 1-skift.
Obalanserat kontinuerligt flöde	Balansera monteringslinen genom att: - Tillsätta ytterligare personal för station A alternativt automatisera delar av arbetsuppgiften. - Jämna ut arbetsuppgifterna mellan station B och C1 för att båda skall komma under takttiden. - Kontrollera att det inte blir stopp vid de parallella flödet, station F1 och F2.
<u>Slöseri</u>	
Kassationer upptäcks sent i flöde	Flytta avsyningsstationen till framför bearbetningsprocessen.
Stora partier	Nyttja överkapacitet i samtliga processer till ett ökat antal omställningar och därmed minska storleken på partierna.
Två bearbetningstempo i Riello & Riello's beläggning	Nyttja Brothermaskinerna mera för att undvika två bearbetningstempo. Bearbeta i mindre partier för mindre väntan mellan tempon.
Tryckande system & Produktion ej styrd av kundefterfrågan	Implementera dragande system med flera supermarket och Kanban för att styra produktionen. Behandla färdigvarulagret som en supermarket med återfyllnad efter vad kunden faktiskt köper.

Tabell 4.9 Åtgärdsförslag sammanfattning

5. Diskussion

I detta kapitel förs en diskussion angående val och användande av metod samt resultatets utformning och påverkan för IMI Hydronic Engineering. Kapitlet avslutas med rekommendationer till företaget om fortsatta studier för att kunna tillämpa åtgärdsförslagen samtidigt som synpunkter vid implementering ges.

5.1 Metoddiskussion

Metoden värdeflödesanalys har använts genomgående från studiens början till slut. Uppritandet av det nuvarande flödet fyllde sitt syfte med att skapa förståelse för flödet. Då värdeflödesanalys ger en övergripande och förenklad bild av hur ett produktionsflöde ser ut har metoden ibland behövt kompletteras med andra tillvägagångssätt som beskrivningar.

Vid uppritandet av kartan gjordes fältstudier i produktionen där information om antal detaljer i lager samlades in från ett och samma tillfälle. Vid detta tillfälle identifierades extra stora lager innan avsyningen. Detta förklarar företaget beror på beräknat produktionsstopp för att implementera investeringsalternativet med ytterligare en Brothermaskin. Detta har lett till att extra slöseri i form av lager och även lång ledtid identifierats på den nuvarandekartan till värdeflödet. En liknande missvisning förekommer vid klockning av cykeltiden då den manuella stationen vid detta tillfälle mättes till 35 sekunder. Cykeltiden för hela linen som en process mättes däremot till 27,4 sekunder. Detta tyder på att linen inte hade samma takt när de båda tiderna mättes vilket kan bero på stopp på vägen eller andra komplikationer. Genom konsultation med företaget ansågs tiderna rimliga och valdes därför att användas trots avvikelsen. Att liknande missvisningar på andra ställen i flödet kan ha förekommit är möjligt och är en av nackdelarna med att kartlägga utifrån en specifik tidpunkt, som vid metoden värdeflödesanalys.

Vid användandet av metoden värdeflödesanalys rekommenderar Rother och Shook (2004) i sin bok *Lära sig se* att den första kartan ska inkludera detaljens väg från dörr till dörr. Med detta menas att så fort företaget får råmaterial levererat ska detta inkluderas i värdeflödeskartan. På IMI Hydronic Engineering i Ljung används till största delen återvunnet material för att tillverka TA-Compact-P. Detta har försvårat ritandet av kartan då lagret med återvunnet material inte inkluderats på grund av svårighet med att urskilja hur stor del av materialet som ska användas till framställning av huset till TA-Compact-P. Denna faktor har gjort att ledtiden som beräknats för produkter i flödet är kortare än den faktiska ledtiden.

Vid bestämmande av vad som är värde- och icke värdeadderande tid valdes avsyningsprocessen att sättas som värdeadderande tid. Detta går emot principen om att kontroll och justering ses som slöseri (Hogwell, 2013). Att avsyningsprocessen valdes att ses som något värdeadderande har med produktens högkvalitativa standard att göra. Produkten är därför väsentlig att kontrollera och processen ansågs därför skapa värde för kunden.

Ledtiderna som togs fram kan sammanfattningsvis bedömas som en rimlig uppskattning. Detta då de båda avvikelserna, missvisande fakta vid ett insamlingstillfälle och borträknat återvunnet material, resulterar i att ledtiden påverkas både positivt och negativt. Även om avsyningsprocessens tid placeras som värdeadderande har det ingen avgörande roll. Detta då avsyningstiden är kort i jämförelse med lagringstiderna för de olika produkterna och ger då inget större utslag. Att jämföra ledtiden från den 17 februari med ledtiden på det förbättrade framtida flödet kan också anses missvisande. Detta då lagringstiderna minskar när lageromsättningen ökar på grund av den ökade efterfrågan. Att tiderna ändå valdes att beräknas beror på att den förbättrade ledtiden genom ökad kundefterfrågan också kan ses som en förbättring enligt Lean produktion, om efterfrågan faktiskt ökar. Den värde- och icke värdeadderande tiden går fortfarande att jämföra separat vid de båda tillfällena. Resultatet som därför togs fram genom metoden värdeflödesanalys kan beläggas som en befogad uppskattningsmetod som fyller syftet.

Att takttiden i studien räknats ut i veckor och inte hur ofta en produkt måste färdigställas beror främst på att den tillgängliga tiden inte är samma i alla processer. Detta gör att metoden i studien skiljer sig något vid beräkningarna utifrån metoden som tagits fram via *Lära sig se* (Rother och Shook, 2004). Bortsett från skillnaden i beräkningar fås fortfarande de svar som förväntas via metoden värdeflödesanalys och de åtta förbättringspunkterna.

Att metoden värdeflödesanalys tillsammans med de åtta förbättringspunkterna användes för att ta fram åtgärdsförslag är något som rekommenderas för att inkludera hela flödet. Det kan tydligt pekas ut nackdelar med att använda förbättringspunkterna i denna studie där kompletta lösningsförslag inte skulle tas fram. Detta gäller främst när nya lager, Kanban-kort och partistorlekar ska beräknas då exakta siffror krävs vilket inte inkluderats i studien. De åtta förbättringspunkterna har därför applicerats teoretiskt och i många fall inte tillämpats eller beräknats fullt ut. Att använda värdeflödesanalys som metod hela vägen kan därför ses som bristfällig men fungerade i studiens syfte.

Identifiering av slöserier i produktionsflödet applicerades också, trots att det inte finns någon direkt metod för att upptäcka slöseri. För att upptäcka slöserier användes bland annat teori från Ohno's sju slöserier och även Liker's 14 principer togs i beaktning. Denna identifiering kan därför tolkas olika beroende på individ. Motiveringar till hur resonemang kring identifieringen har därför valts att inkluderas i rapporten vid metod och resultat för att liknande undersökning ska kunna genomföras igen. Alla slöserier som identifierats i studien fick olika rekommenderade åtgärder för att kunna minska eller elimineras. Det enda slöseri där någon rekommendation inte togs fram var för *transport*. Detta slöseri ansågs ha en liten påverkan på materialflödet för TA-Compact-P och beaktades därför inte som ett problem för företaget.

Vid beräkning av kapacitet användes det i studien inte några fördefinierade formler utan de konstruerades utifrån *figur 2.9 Kapacitetsnivå matris*. Med hjälp av figuren och teori om kapacitetsberäkningar, fördelades de olika bristerna till de tre kategorierna. Denna kategorisering medförde en analytisk tolkning vilket orsakar att de olika nivåerna skiljer sig beroende på den information som finns att tillgå på företag. Vid de olika processerna har även olika data tillhandahållits vilket har medfört att tolkningen som gjorts inte alltid kunnat tillämpas konsekvent. Det kunde dock vid alla processer antas att kapacitetsökningen uppnåtts om den definierade nettokapaciteten uppnått kapaciteten. Detta för att nettokapacitetsnivån inkluderar alla brister vilket medför att placeringen av brister inte har någon större betydelse för att uppskatta om syftet gällande kapacitet uppnåtts.

De olika bristerna gällande kapacitet tillhandahölls i många fall av företaget vilket gör att siffrorna kan vara framtagna i annat syfte än hur de användes i studien. Siffror från företagets OEE-beräkningar är ett exempel på detta. Då studien syftar till att klara kapaciteten har det i många fall planerats för överkapacitet. Detta betyder att exakta siffror inte behöver tillhandahållas och överkapacitet kan användas till effektivisering och för att öka flexibiliteten på flödet.

Kapaciteten valdes att inte beräknas för blästern och sköljen. Detta beslut grundades i att både blästern och sköljen är processer som har mycket kort cykeltid i förhållande till de övriga processerna i flödet till TA-Compact-P. Då TBV-CMP beräknas utgå ur sortimentet kan TA-Compact-P utnyttja denna tid. Båda processerna har uppskattats ha stor överkapacitet innan den potentiella kapacitetsökningen.

I studien undersöktes även vad flödets kapacitet var innan några investeringsalternativ hade införts. Detta resulterade i en kapacitet på 95 % av dagens efterfrågan vilket är flaskhalsprocessen avsyningens kapacitet. Denna siffra tyder på att avsyningen inte ens klarar behovet den 17 februari, men så är inte fallet enligt företaget. Anledningen till att processen klara den ursprungliga efterfrågan beror på att det finns flera avsyningsbänkar där extra personal kan tillkallas vid behov. De sista 5 % kan därmed ha blivit tillsatt av denna personal för att klara efterfrågan den 17 februari. I studien valdes det ändå att fortsätta studera denna process trots

tvetydigheterna. Antalet personer och den tillgängliga tid som krävs i framtiden för avsyningsprocessen togs därför fram för en tydligare bild.

Då företaget alltid arbetar mot ständig förbättring, förändras företaget hela tiden. Detta är en positiv aspekt ur Lean produktions synpunkt men påverkar data som observerats eller tillhandahållits av företaget som snabbt blir inaktuell. Utnyttjandegraden beräknades utifrån företagets dokumenteringar ett halvår tillbaka i tiden. Detta dokument kan därför tyckas inaktuellt men genom samråd med företaget ansågs det representativt.

Metoden för insamling av data i fabriken gjordes via fältstudier och intervjuer. Vid intervjuer användes inget standardiserat arbetssätt, som öppna standardfrågor, vilket rekommenderas vid detta metodval (Hamrud, 2012). Anledningen till den bristande insamlingen av data berodde främst på tidsbrist för studien. Det ställdes öppna frågor vid intervjuerna som följdes av ytterligare frågor vid de tillfällen där svaren inte kom naturligt. Det ställdes inte exakt samma frågor vid alla processer men ett standardiserat faktainsamlingsformulär användes till samtliga processer i fabriken. Genom tillämpandet av faktainsamlingsformuläret och kunskapen om öppna frågor vid intervjuer, antas den data som tillhandahölls trovärdig för att använda som faktaunderlag till studien.

5.2 Resultatdiskussion

Studiens huvudsyfte var att säkerställa att produktionsflödet till TA-Compact-P skulle klara en produktionsökning med 230 %. Om åtgärdsförslagen gällande balansering av monteringslinen kommer kunna implementeras så har det säkerställts en överkapacitet i alla processer i förhållande till den kapacitet som efterfrågas i framtiden.

Syftets andra del var att ta fram förslag till hur produktionsflödet för TA-Compact-P kunde effektiviserats samt göras mer flexibelt. Detta har säkerställts genom att tillämpa verktyg och metoder förenliga med Lean produktion. På grund av begränsningar, som ytterligare investeringar i maskiner, har inte alla orsaker till slöserier som tagits fram kunnat lösas. En orsak till slöserier som upptäcktes tidigt i studien var problematiken kring bearbetningsmaskinen Riello. För att försöka förhindra att produkterna skulle behöva bearbetas i två tempo i samma maskin undersöktes alternativa vägar. På grund av kapacitetsbrist har detta problem inte kunnat lösas till fullo. Idealet hade varit att endast använda sig av bearbetningsmaskiner som var dedicerade till flödet för TA-Compact-P och bearbetar detaljen i ett tempo under en kortare cykeltid än den som erhöles av Brothermaskinerna.

Slöseriet med att många produkter får vänta mellan de två tempona beräknas minska med hjälp av överkapaciteten efter implementering. Överkapaciteten förväntas nyttjas för fler omställningar i Riello, och de övriga processerna, för att på så sätt minska storleken på partierna. En minskad partistorlek ger på så sätt ett färre antal produkter som får vänta mellan de två tempona genom Riello.

Att producera enligt Lean-principer och samtidigt öka kapacitet kan tyckas vara lite tvetydigt. För företaget innebär detta att de skall utöka den tid som benämns som icke värdeadderande genom fler omställningar. Detta bidrar till att istället kunna minska annan icke värdeadderande tid som lagring och väntan för produkter. Detta görs för att skapa ett effektivare och mer flexibelt flöde och inte för att skapa effektivare enskilda processer. För att ytterligare kunna minska den icke värdeadderande tiden borde arbetet med att reducera ställtider fortskrida parallellt med minskning av partistorlekar.

Förslaget med det framtagna nya flödet innebär en övergång från ett tryckande till ett dragande produktionsflöde. Vilket även innebär en omstrukturering av produktionsplaneringen, då flödet för TA-Compact-P beräknas kunna styras från en punkt i flödet. Övergången vid en eventuell implementering kommer givetvis kräva en hel del tid och arbete. Detta kommer i slutändan ge

avkastning i form av ett produktionsflöde som är mer anpassat för att klara svängningar i kundefterfrågan med mindre ansträngning.

För att de föreslagna åtgärderna skall kunna implementeras till fullo och syftet uppnås är det förutsatt att företagets planerade investeringar är möjliga att genomföra. Ett misslyckat införande av någon investering kommer få olika stora följder för respektive process. Om det visar sig att det inte är möjligt att balansera linan och därmed sänka cykeltiden kommer inte monteringslinan att klara produktionsökningen. Det får då undersökas om skiftgången behöver utökas för linan med produktion även under helgen. Alternativt kan det övervägas om den manuella monteringsbänken skall behållas då en av dessa stationer inte klarar att producera under linans taktid. Detta medför även att noggrannare beräkningar av monteringsbänkens kapacitet och troligtvis en ökning av kapacitet genom ökad skiftgång eller dubbling av processen kommer att behöva genomföras. Detta alternativ är även aktuellt i det fall då det inte ges möjlighet till en automatisering av denna process i linan.

Om det visar sig att det inte är möjligt att frigöra kapacitet i Riello genom omfördelning av bearbetningsoperationer till andra flöden beräknas Riello tillsammans med Brothermaskinerna ändå ha tillräcklig kapacitet för att bearbeta den volym som efterfrågas. Däremot kommer den tillgängliga överkapaciteten minska och därmed även utrymmet för fler antal omställningar. Det som inte beräknats är om andra produkter istället ökar i efterfrågan. Detta är en väsentlig del som påverkar kapaciteten i de delade processerna genom flödet och då även Riello. Denna ökning i efterfrågan av andra produkter kan visa en tydlig sänkning av nettokapaciteten.

En betydligt minskad produktion av TBV-CMP är en förutsättning för att monteringslinan skall klara en eventuell produktionsökning. I gjuteriet hade en avtagande produktion av TBV-CMP inneburit frigjord kapacitet i ytterligare en gjutmaskin. Gjutmaskin 15 hade klarat produktionsökningen själv med viss hjälp från någon maskin i gjuteriet, vilket inte bör vara en omöjlighet. Dock anses det vara en självklarhet att om efterfrågan av TA-Compact-P ökar kommer efterfrågan av TBV-CMP att minska på grund av dess liknade produkttegenskaper.

Det enda investeringsförslaget som i skrivande stund är iordningställt och klart är dubblingen av Brothermaskinen och det behöver därmed inte undersökas några risker med att detta investeringsförslag inte går att genomföra.

5.3 Förslag till fortsatta studier

För att åtgärdsförslagen som tagits fram ska vara möjliga att införa i verksamheten krävs vidare analyser kring hur omställningar och andra faktorer kan fungera för personalen. Det kommer även krävas noggrannare beräkningar av kapaciteten när ökningen och alla förändringar är definierade. De beräkningar som då behöver utföras av företaget kan tillämpas genom beräkningsformlerna i studien. De definierade förändringar som tagits upp och kan ses som en osäkerhet måste även de granskas vidare. Syftet med studien har uppnåtts om investeringsalternativen som tillhandahållits från företaget är genomförbara och implementeras i samband med förbättringsförslagen. Förslaget med balansering av monteringslinan är ett åtgärdsförslag som getts för att klara kapacitetsökningen. Relevansen för att detta går att genomföra är inget som undersökts och därför viktigt att företaget sätter sig in i tidigt. Beräkningar som är en faktor för att förslagen ska kunna implementeras och som inte utförts i studien är att kvantifiera lagerstorlekar i samtliga lager. För att kunna kontrollera lagernivån behöver även partistorlekar och antalet Kanban-kort dimensioneras i samband med implementering.

Viktigt att belysa vid implementering och fortsatta studier på företaget är att alla åtgärdsförslag som tagits fram är relevanta att förbättra samtidigt. Detta för att uppnå det förväntade resultatet med värdeflödesanalysen och därmed syftet med studien. Vid implementering av åtgärdsförslagen i små steg kommer problemen isoleras och fler problem uppstå längs vägen, istället för att lösa helheten. Nya beräkningar utifrån metoder som tillämpats i studien är essentiellt då företaget är under ständig förbättring.

Då företaget har en Lean-avdelning som dedikerat arbetar med frågor kring Lean produktion anses de uppgifter som kvarstår tillhöra deras arbetsområde. Företaget har därför den kompetens som krävs för att kunna utveckla åtgärdsförslagen och lägga upp en implementeringsplan för framtiden.

6. Slutsats

Genom studien på IMI Hydronic Engineering har det möjliggjorts för en volymökning av produktionen av TA-Compact-P. Därtill har det tagits fram förslag på hur flödet till TA-Compact-P kan bli effektivare och mer flexibelt med hjälp av Lean-principer och verktyg. Fabriken i Ljung och säkert många andra företag är fokuserade på Lean-verktyg med syfte att effektivisera enskilda processer och ger därmed endast en ökning av den tillgängliga kapaciteten. De principer med syfte att effektivisera och öka flexibiliteten på hela värdeflödet kommer därmed i andra hand, detta förekommer då företag har ekonomi för att lagrhålla mycket produkter.

En kombination av att öka kapaciteten och samtidigt tillämpa Lean produktion på ett produktionsflöde är motsägelsefullt. Detta har dock möjliggjorts genom att först öka kapaciteten till en säkerställd överkapacitet i förhållande till kundefterfrågan. Överkapaciteten nyttjas sedan för att tillämpa Lean produktion genom ett ökat antal omställningar som i sin tur ger mindre partistorlekar. För en lean ökning av flödeskapacitet krävs det därför att Lean produktion hela tiden finns i åtanke, då risken finns att kapacitetsökningen i sin tur motarbetar ett effektivt och flexibelt flöde.

7. Referenslista

- Bergman, B., & Klefsjö, B. (2011). *Kvalitet från behov till användning*. India: Replika Press Pvt Ltd.
- Bicheno, J., Holweg, M., Anhede, P., & Hillberg, J. (2013). *Ny verktygslåda för lean - Filosofi, transformation, metoder och verktyg*. Revere.
- Dr. Wang, J. X. (2011). *Lean Manufacturing - Business Bottom-Line Based*. Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC.
- Hamrud, A. (2012). *Intervjuer mot väggen – En analys av svenska och brittiska radio- och teve-journalisters frågeteknik*. Stockholm: Journalistik, Södertörns högskola Journalistik, Institutionen för kommunikation, medier och IT.
- Hogwell, V. (den 7 augusti 2013). *Value Steam Mapping: A Tool for Process Improvment*. Hämtat från Value Steam Mapping: A Tool for Process Improvment: <http://www.ceramicindustry.com/articles/93406-value-stream-mapping-a-tool-for-process-improvement>
- IMI Hydronic Engineering. (den 19 mars 2015). (P. Forsmark, & N. Josefsson, Intervjuare)
- IMI Hydronic Engineering. (den 2 april 2015). *IMI Hydronic Engineering*. Hämtat från IMI Hydronic Engineering: <http://www.imi-hydronic.com/sv/>
- IMI Hyronic Engineering. (den 2 april 2015a). *Vi introducerar TA-Compact-P*. Hämtat från TA-Compact-P: <http://ta-compact-p.com/sv/>
- IMI plc. (den 26 mars 2015). *IMI*. Hämtat från IMI: www.imiplc.com/
- Johansson, M., Hallgren, M., & Ohlsson, M. (1992). *"Lean produktion": ett försök till förklaring*. Linköping: IVF.
- Jonsson, P., & Matsson, S.-A. (2012). *Logistik - Läran om effektiva materialflöden*. Estonia: PAGROUP.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook - A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. The McGraw-Hill Companies.
- Microsoft Office. (2013). Visio professional.
- Rother, M., & Shook, J. (2004). *Lära sig se - Att kartlägga och förbättra värdeflöden för att skapa mervärde och eliminera slöseri*. Stockholm: The Lean Enterprise Institute.
- Standard, C., & Davis, D. (2001). *Pull Systems: Implementation Experience in American Manufacturing. the Production and Operations Management Society*. Orlando: Maya Productivity Plus, Inc.
- Swift, K., & Booker, J. (2013). *Manufacturing Process Selection Handbook*. Oxford: Elsevier Ltd.
- The Lean Enterprise Institute. (mars 2004). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers. Mechanical Engineering*, s. 52.
- Tulasi, L. C., & Rao, R. A. (mars 2012). *REVIEW ON THEORY OF CONSTRAINTS. International Journal of Advances in Engineering & Technology*, ss. 334-344.

Van Goubergen, D. (2010). OEE: The good, the bad and the ugly (Lean and OEE). *Industrial Engineering solutions conference*. The partment of industrialmanagement Ghent university.