



CHALMERS



Flödesfokuserad produktions- utveckling på KPAB

Kandidatarbete inom Industriell ekonomi

ARVIN ALIPANAH
DAVID BOMAN
EDVIN BROGELAND

ANDREAS HELGESSON
WILLIAM NORDGREN
MARTIN WAHRÉN

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNISKA EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se
Kandidatarbete TEKX04-22-16

Kandidatarbete TEKX04-22-16

Flödesfokuserad produktions- utveckling på KPAB

Improving Production Flow at KPAB

ARVIN ALIPANAH
DAVID BOMAN
EDVIN BROGELAND

ANDREAS HELGESSON
WILLIAM NORDGREN
MARTIN WAHRÉN

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
Avdelning för Supply and Operations Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022

Flödesfokuserad produktionsutveckling på KPAB

ARVIN ALIPANAH
DAVID BOMAN
EDVIN BROGELAND

ANDREAS HELGESSON
WILLIAM NORDGREN
MARTIN WAHRÉN

© ARVIN ALIPANAH, 2022
© DAVID BOMAN, 2022
© EDVIN BROGELAND, 2022

© ANDREAS HELGESSON, 2022
© WILLIAM NORDGREN, 2022
© MARTIN WAHRÉN, 2022

Kandidatarbete TEKX04-22-16
Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2022
Gothenburg, Sweden 2022

Förord

Denna studie är resultatet av ett kandidatarbete som genomfördes våren 2022 vid institutionen för *Teknikens ekonomi och organisation* på *Chalmers tekniska högskola*. Vi, studiens författare, bedriver alla studier vid Chalmers tekniska högskola i syfte att erhålla en civilingenjörsexamen inom *Industriell Ekonomi* eller *Maskinteknik*.

Vi vill rikta ett stort tack till Johan Norin och KPAB som bidragit med ett verkligt och givande problem att analysera. Vi hoppas att ni uppskattar det hårda arbete vi lagt ned på denna studie, och ser fram emot att höra vilka effekter vår förbättringsplan frambringat i praktiken.

Under arbetets gång har vi inte enbart byggt vidare på sina kunskaper inom områden såsom värdeflödesanalys och Lean, utan även byggt broar mellan akademien och industrin. Därtill, och kanske viktigast av allt, har vi lärt känna varandra, vilket åtminstone vi värderar högt.

Avslutningsvis önskar vi även rikta ett uppriktigt och varmt tack till vår handledare Per Medbo, som under arbetets gång outtröttligt bidragit med sin kunskap samt visat ett stort engagemang och intresse för såväl studiens som författarnas framtida framgång. Tack!

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, 25 maj 2022

Abstract

Problem: KPAB is a small Swedish manufacturer of steel doors. The company is experiencing an increasing demand for their products, and subsequently wish to increase their production capacity. To achieve this, an improved production process is required.

Aim: The study aims to provide KPAB with a concrete set of improvements the company can implement in its production facility for steel doors. This improvement plan should enable KPAB to achieve both their short-term production goals as well as enable them to achieve their long-term goals.

Theoretical framework: The study utilizes concepts such as Lean-production and material planning control to detect problem areas and possible improvements to the production process. Theory about value-stream-mapping is used to detect problems in the production flow.

Method: KPAB's steel door production facility was mapped using direct observation and interviews, after which the production process was analyzed using Lean-concepts and value-stream-mapping. Based on this, proposals for improvements were formulated and evaluated using Pugh-matrices.

Results and Implications: The study recommends that KPAB, in order to achieve their production capacity goals, invest in an additional glue press in the assembly station; introduce a supermarket before the welding station; introduce FIFO-queues between all other workstations; implement a Kanban between the welding station and the assembly station using carts acting as Kanban-cards. These changes will assure that KPAB achieves a better production flow with a pull-system, as well as lowering WIP and throughput-time. Additionally, KPAB's needs for variant flexibility and lead time are upheld, and the improvements are economically, environmentally, and socially sustainable.

Keywords: Industrial Manufacturer, Lean Production, Value Stream Mapping, Material Planning Control

Note: The report is written in Swedish.

Sammandrag

Problem: KPAB är ett mindre svenskt företag som tillverkar ståldörrar. Företaget upplever en växande efterfrågan på deras ståldörrar och önskar öka sin produktionsvolym, något de inte upplever är möjligt med sitt nuvarande produktionssystem.

Syfte: Studiens syfte är att ge KPAB konkreta förslag på förbättringar i företagets produktionssystem för ståldörrar som möjliggör att de når sina kortsiktiga produktionskapacitetsmål, och även skapar förutsättningar för att de ska kunna nå sina långsiktiga produktionskapacitetsmål.

Teoretiskt ramverk: Studien använder koncept såsom Lean och materialstyrning för att identifiera problemområden och möjliga förbättringar i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Teori om värdeflödesanalys används vidare för att identifiera problem i produktionens flöde.

Metod: KPAB:s produktionssystem kartlades genom direktobservation och intervjuer, varpå den analyserades utifrån teori om Lean och via en värdeflödesanalys. Därpå togs förbättringsförslag fram, varefter det bästa av dessa urskildes via en sällningsprocess som använde Pugh-matriser.

Resultat och implikationer: Studien finner att KPAB, för att uppnå sina produktionskapacitetsmål, bör investera i en ytterligare limpress; ersätta lagret mellan kantpress och svets med en supermarket; eliminera dukningsmomentet; ersätta alla övriga mellanlager med FIFO-köer; samt införa ett Kanban-system i form av ett begränsat antal vagnar mellan svets och montering. Dessa förändringar kommer tillåta KPAB att uppnå högre produktionskapacitet genom ett jämnare produktionsflöde och ett dragande system, samtidigt som företagets PIA och genomloppstid minskar. Dessutom upprätthålls alla företagets behov vad gäller variantflexibilitet och ledtid gentemot kund, och det hela sker dessutom på ett sätt som är ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart.

Nyckelord: Industrieföretag, Lean, Värdeflödesanalys, Materialflöde

Notera: Rapporten är skriven på svenska.

Innehåll

1 Inledning	1
1.1 Syfte	3
1.2 Problemanalys	3
1.3 Frågeställning	5
2 Teoretiskt ramverk	6
2.1 Grundläggande koncept	6
2.1.1 Materialstyrning	6
2.1.2 Slöserier enligt Lean	7
2.1.3 Dragande system	9
2.1.4 Littles Lag	10
2.2 Förbättringsmethodik	10
2.2.1 Värdeflödesanalys	11
2.2.2 Utvärdering av förbättringsplaner	13
2.3 Implementering	15
3 Metod	16
3.1 Datainsamling	16
3.1.1 Intervjuer	16
3.1.2 Direktobservationer	18
3.2 Litteraturstudie	19
3.3 Kartläggning	19
3.4 Analys	20
3.5 Förbättringsförslag	21
3.6 Överlämning & implementering	21
3.7 Metodkritik	21
4 Hållbar utveckling	24
4.1 Ekonomisk hållbarhet	24
4.2 Miljömässig hållbarhet	24
4.3 Social hållbarhet	25

5	Studiens etiska aspekter	26
6	Kartläggning av KPAB:s nuvarande produktionssystem	27
6.1	Arbetsstationer	27
6.2	Arbetsstationernas styrning	30
6.3	KPAB:s behov	31
6.3.1	Basbehov	33
6.3.2	Uttalade behov	33
6.3.3	Outtalade behov	33
6.4	Insamlade data	34
6.4.1	Intervjuer	34
6.4.2	Direktobservation	36
6.5	Värdeflödeskarta	36
7	Analys av KPAB:s nuvarande produktionssystem	40
7.1	Värdeflödesanalys	40
7.2	Analys utifrån slöserier inom Lean	41
7.3	Analys av KPAB:s behov	45
8	Framtagning av förbättringsplaner	46
8.1	Möjliga förbättringar i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar	46
8.1.1	Jämnare produktionsflöde	46
8.1.2	Dragande produktionssystem	47
8.1.3	Minskad genomloppstid & PIA	48
8.1.4	Uppskalning på ett hållbart sätt	48
8.2	Förbättringsplaner	48
8.2.1	Förbättringsplan I	49
8.2.2	Förbättringsplan II	50
8.2.3	Förbättringsplan III	52
9	Urval av förbättringsplaner	54
9.1	Första jämförelse	54
9.2	Andra jämförelse	55
9.3	Tredje jämförelse	57

9.4	Alternativa förbättringsförslag & förbättringsplaner	59
9.4.1	Eliminering av grundlackering	59
9.4.2	Ytterligare arbetsskift	61
10	Produktionssystemets framtida tillstånd	63
10.1	Dimensionering av Kanban-systemet	63
10.2	Dimensionering av supermarket	65
10.3	Värdeflödeskarta för framtida tillstånd	67
10.4	Långsiktiga produktionskapacitetsmål	67
10.5	Implementering	70
11	Rekommendation	71
12	Diskussion	72
12.1	Studiens metod	72
12.2	Alternativa förbättringsförslag	73
13	Referenser	75
A	Intervjuguide	i

1 Inledning

KPAB Industri AB, härnäst benämnd *KPAB* eller *företaget*, är en liten svensk tillverkare av ståldörrar och glaspartier. Företaget har cirka 50 anställda och har varit verksamma i över 60 år. KPAB:s produktutbud utgörs främst av säkerhets-, brand-, och förrådsdörrar, men företaget tillverkar och lackerar även produkter på legotillverkningsuppdrag, det vill säga att producera på uppdrag av tredje part. Säkerhets- och branddörrar produceras i 5 respektive 4 olika karmmått, och förrådsdörrar produceras i 5 respektive 8 olika karmmått beroende på ifall det är en enkel- eller pardörr. Därtill kan alla dörrar fås med B- eller C-karm samt bestyckas med olika trösklar, glasöppningar, dörrögon, låshus, dörrstängare, sparkplåtar, fästelement samt lackeras i 400 olika standardkulörer (KPAB, u. å-b). Följaktligen kan KPAB producera ståldörrar i oerhört många varianter, en viktig konkurrensfördel för företaget som de ej vill kompromissa på.

Viss tillverkning av förrådsdörrar i standardutföranden sker mot lager, men en överväldigande majoritet av tillverkningen sker direkt mot kundorder. Den totala ledtiden från mottagen order till utleverans är i dagsläget cirka tre veckor, och företaget önskar hålla denna ledtid gentemot kund även i framtiden för att vara fortsatt konkurrenskraftiga, vilket Vice VD Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022) påpekar är en av företagets viktigaste konkurrensfördelar. Produktionsanläggningen består idag av en kombination av linje- och funktionell layout, och anläggningens golvyta är begränsad.

KPAB observerar en växande efterfrågan på sina ståldörrar, och önskar således kunna öka produktionsvolymen inom en snar framtid. Nuvarande produktionskapacitet är approximativt 50 kompletta ståldörrar per vecka och företaget önskar, inom ett år, öka produktionskapacitet till 100 dörrar per vecka enligt Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022). Företaget har vidare som långsiktig målsättning att, inom 8 års tid, öka produktionskapaciteten till 400 dörrar per vecka.

KPAB har fortsättningsvis en KMA-policy (kvalitet, miljö och arbetsmiljö) som säger att företaget ska värna om miljön och förebygga ohälsa och skador. Vidare är de miljöcertifierade enligt ISO 14001:2015. För att arbetet ska gå i linje med KPAB:s policyer och certifieringar måste produktionskapacitetsökningen således ske på ett ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart sätt. Detta innebär i praktiken att förändringar i företagets produktionssystem måste vara lönsamma samt gå i linje med företagets KMA-policy och ISO-certifiering. Norin

(personlig kommunikation, 25 januari 2022) berättar också att KPAB:s position på marknaden innebär att kort ledtid och variantflexibilitet är viktiga konkurrensfaktorer, och således måste dessa bibehållas även vid ökad produktionsvolym.

KPAB:s nuvarande produktionssystem för ståldörrar är dock problematiskt. Företaget upplever bristande struktur samt problem med att identifiera komponenter till dörrarna enligt Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022), något som främst sägs påverka dörrkarmskomponenter och dörrblad, ej mindre detaljer såsom isolering, dörrhandtag och gångjärn. Den bristande strukturen sägs bero på att komponenter tillverkas utan någon tydlig plan och ordertillhörighet.

Denna studie har som mål att hjälpa KPAB uppnå sina produktionskapacitetsmål på ett hållbart sätt. Företagets planering och styrning av produktionssystemet, materialhantering samt utformning av materialflöde analyseras utifrån empiriskt motiverade perspektiv, utifrån vilket förbättringsförslag presenteras och konkretiseras till ett antal förbättringsplaner. Även om förbättringsplaner som presenteras i denna studie är anpassade utifrån KPAB:s specifika situation kan studiens metodik och tillvägagångssätt implementeras på valfri verksamhet med liknande förutsättningar för att lösa en liknande problemsituation.

Studien utgår från företagets nuvarande layout och hur processerna genomförs i dagsläget. Specifika processer kommer inte att analyseras eftersom flödet mellan processerna sägs vara det primära problemet enligt KPAB. Dessutom är många av processerna i produktionssystemet relativt enkla, varför några drastiska processförbättringar troligtvis inte hade varit möjliga. Produktionsanläggningen har därtill en begränsad yta vilket skulle göra det kostsamt att ändra dess layout, varför studien ej heller kommer behandla sådana förändringar.

Ståldörrarna och deras konstruktioner kommer vidare ej heller analyseras. I och med att ståldörrarna är certifierade samt använder patenterade konstruktioner skulle konstruktionsmässiga förändringar vara svåra eller mycket kostsamma att implementera. Därtill är KPAB inte villiga att kompromissa på sin variantflexibilitet. Vidare kommer ej heller leverantörsrelationer att beaktas dels då KPAB inte önskar detta, dels då det hade varit mycket komplicerat att kartlägga.

Avslutningsvis kommer studiens huvudfokus att vara produktionsflödet för enbart dörrkarms- och dörrbladspåtarna. Övriga detaljer, såsom trösklar, dörrögon och gångjärn, är relativt billiga, lagervålls i lämpliga volymer med väl tilltagna säkerhetslager samt tillkommer pro-

duktionsflödet först vid slutmonteringen. Således har dessa komponenter inte en betydande påverkan på produktionsflödet som helhet.

1.1 Syfte

Studiens syfte är att ge KPAB förslag på förbättringar till sitt produktionssystem för ståldörrar som möjliggör att de når sina kortsiktiga produktionskapacitetsmål, och även skapar förutsättningar för att de ska kunna nå sina långsiktiga produktionskapacitetsmål.

1.2 Problemanalys

Enligt KPAB:s vice VD Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022) förekommer det idag mycket onödigt arbete i företagets produktionssystem för ståldörrar, något som hindrar företaget från att kunna uppnå sina produktionskapacitetsmål. KPAB upplever att majoriteten av det onödiga arbetet består av förberedelse av order, av företaget kallat *dukning*, vilket leder till dels väntan och ineffektivitet, dels onödiga materialförflyttningar enligt Norin. En typ av Lean-slöserier som beskrivs av Slack m. fl. (2016) är slöserier på grund av irreguljära flöden - ”Waste from irregular flow”. Exempel på orsaker bakom denna typ av slöserier är väntetid, onödiga transporter och processineffektivitet. Eftersom KPAB upplever just väntetid och onödiga materialförflyttningar, vilket Slack m. fl. menar orsakar slöserier på grund av irreguljära flöden, kan denna typ av slöserier vara en källa till KPAB:s oförmåga att uppnå sina produktionskapacitetsmål.

Vidare benämner Liker (2020) ojämnheter i produktionssystem som *mura* och förklarar att det leder till att tillgängliga resurser pendlar mellan över- och underutnyttjande. Överutnyttjande av resurser benämns *muri*. Muri beskrivs i sin tur kunna skapa problem för både utrustning och operatörer. Tid som läggs på reparation av defekta maskiner efter överanvändning ses som icke-värdeadderande vilket benämns *muda*. Ett ojämnt produktionsflöde kan vara en källa till ännu fler problem än de som tas upp av Slack m. fl. (2016).

Vice VD Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022) förklarar vidare att många delkomponenter lagerhålls vid arbetsstationerna, och därmed tillverkas mot lager, snarare än att tillverkas när de behövs på nästa arbetsstation. Att använda denna typ av styrning kan liknas vid ett tryckande system. Styrningsfilosofin Lean förespråkar i kontrast till detta ett dragande system för att bland annat undvika risken för överproduktion (Liker,

2020). Liker förklarar vidare att dragande system visserligen inte alltid kan användas, men att det bör användas där det är möjligt. Rörande denna företeelse berättar Slack m. fl. (2016) om en annan typ av slöserier enligt Lean, nämligen slöserier på grund av inkonsekventa leveranser - "Waste from inexact supply". Denna typ av slöserier uppstår på grund av att för många eller för få av en viss komponent producerats jämfört med vad den interna kunden (nästa arbetsstation i produktionssystemet) efterfrågar, vilket sägs leda till problematiska mellanlager i produktionsflödet. Således kan slöserier av denna typ också utgöra ett potentiellt problemområde för KPAB:s nuvarande produktionssystem, samt skulle de kunna vara en orsak till den bristfälliga strukturen företaget upplever.

Little (1961) förklarar fortsättningsvis att en minskad cykeltid kommer leda till antingen en minskad genomloppstid eller ett ökat antal produkter i arbete (PIA), allt annat lika. Eftersom cykeltiden är tiden det tar mellan att två komponenter blir färdiga kommer tillverkningstakten, som är hur många produkter som produceras per tidsenhet, vara inversen av cykeltiden. Sambandet innebär att vid högre tillverkningstakt (lägre cykeltid) kommer PIA öka om genomloppstiden är oförändrad och inga andra ändringar sker i produktionssystemet. KPAB anser det viktigt att produktionskapaciteten kan skalas upp utan att alltför stor yta ockuperas i fabrikslokalen enligt Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022).

Ståldörrarna som tillverkas är otympliga, och tar upp mycket plats vid såväl förflyttning som montering och lagring. Således kan ett allt för högt PIA leda till att produkterna inte får plats i företagets lokaler. Därmed är det inte hållbart att låta PIA öka linjärt med tillverkningstakten, vilket är vad som skulle hända om genomloppstiden hålls konstant. Eftersom Little (1961) berättar att PIA minskar om genomloppstiden minskar, allt annat lika, kan en minskning av företagets genomloppstid vara ett sätt tillåta en större produktionsvolym på en begränsad yta. Sänkt genomloppstid kan också medföra andra fördelar. Liker (2020) berättar att det bland annat kan resultera i snabbare respons gentemot efterfrågan, ökad produktivitet och ökad kvalitet.

KPAB måste vidare förhålla sig till flera policys och företagsmässiga värderingar. Bland annat har företaget en KMA-policy som behandlar såväl arbetsmiljö som hållbarhet (KPAB, 2020), och ISO-certifieringar för hållbarhet och kvalitet vilket innebär att företaget måste upprätthålla vissa standarder gällande miljömässig hållbarhet och kvalitet (KPAB, u. å-a). En ökad produktionsvolym och förbättrat produktionsflöde kan enligt Liker (2020) leda till

överarbetade operatörer om inte fokus läggs på att säkerställa att arbetsbelastningen är jämn och rimlig.

En annan aspekt som avslutningsvis måste tas hänsyn till vid en ökad produktionsvolym är att inte för stor skada på miljön orsakas. Fazekas m. fl. (2019) berättar att hög resurseffektivitet är en viktig aspekt för att företag ska åstadkomma låg miljöpåverkan. Samtidigt menar Slack m. fl. (2016) att Lean tenderar att prioritera produktionsflödeseffektivitet över resurseffektivitet. Således är det viktigt att miljöaspekterna hålls i åtanke vid implementering av denna typ av principer. För att förändringar i produktionssystemet ska vara genomförbara i längden är det naturligtvis också viktigt att de är ekonomiskt hållbara för företaget.

1.3 Frågeställning

Ett hinder för att KPAB ska kunna öka sin produktionsvolym är slöserier i företagets nuvarande produktionssystem för ståldörrar. Nuvarande produktionssystem har ett ojämnt produktionsflöde och ett tryckande system. Dessa företeelser är enligt teorin potentiella källor till slöserier. Studiens första och andra frågeställning lyder följaktligen:

- Hur kan produktionsflödet för ståldörrar i KPAB:s produktionssystem jämnas ut?
- Hur kan ett dragande system implementeras i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar?

KPAB är beroende av låg genomloppstid både för att hålla nere sina ledtider och för att kunna minska PIA, vilket är nödvändigt för att en ökad produktionsvolym fysiskt ska få plats i företagets produktionsanläggning. Studiens tredje frågeställning lyder följaktligen:

- Hur kan KPAB minska genomloppstid och PIA för produktionssystemet för ståldörrar?

KPAB har också en KMA-policy och en ISO-certifiering att förhålla sig till gällande miljömässig och social hållbarhet. Därtill måste såväl investeringar som löpande kostnader vara ekonomiskt gångbara för företaget. Därför lyder studiens fjärde och sista frågeställning:

- Hur kan KPAB skala upp sin produktionsvolym på ett sätt som följer företagets KMA-policy samt är ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart?

2 Teoretiskt ramverk

Detta avsnitt presenterar inledningsvis några grundläggande koncept såsom materialstyrning, slöserier inom Lean samt Littles lag. Därefter behandlas förbättringsmethodik bestående av värdeflödesanalys och utvärdering av förbättringsplan. Slutligen beskrivs teori om hur implementering en förbättringsplan bör gå till.

Produktionsstyrning kan ske på många olika sätt och det finns en mängd olika koncept kring hur tillverkning ska bedrivas så effektivt som möjligt. Traditionellt har produktionsstyrning till stor del fokuserat på resurseffektivitet; och effektivitet har uppnåtts genom specialisering och storskalig tillverkning (Kosieradzka m. fl., 2011). I kontrast till det traditionella synsättet har produktionsfilosofin Lean (Lean Production) ett bredare perspektiv med större fokus på att skapa effektiva produktionsflöden genom att minimera slöserier (Gupta & Jain, 2013).

Inom Lean är även kvalitet och kontinuerligt förbättringsarbete centrala områden (Liker, 2020). Lean kan enligt Andersson m. fl. (2006) till viss del liknas vid andra koncept såsom TQM (Total Quality Management, svenska: total kvalitet) och Six Sigma (svenska: Sex sigma, men den vedertagna engelska termen används här) men de olika koncepten skiljer sig något i tillvägagångssätt och huvudsaklig teori. Six Sigma sägs enligt teorin vara minimering av antalet defekter och fokus hos TQM sägs i stället vara kunden och dess behov. Samtliga av dessa koncept har principer och verktyg som kan vara användbara vid utformning av produktionssystem.

2.1 Grundläggande koncept

I detta avsnitt beskrivs de mest grundläggande koncepten som används i studien. Koncepten hjälper till med att identifiera potentiella förbättringsområden genom att skapa riktlinjer rörande hur ett produktionssystem kan förbättras.

2.1.1 Materialstyrning

Materialstyrning är enligt Mattsson (2016) aktiviteten att styra materialflöden genom att fatta beslut vid varje ordertillfälle. Mattsson (2016) beskriver sju huvudsakliga kategorier av materialstyrningsmetoder som lämpar sig olika väl för olika verksamheter. Det finns således ingen universallösning som alltid fungerar bättre än någon annan. De kategorier som bedöms

ha högst relevans för denna studie är materialbehovsplanering, direktavropsmetoder samt orderbunden materialförsörjning.

Materialbehovsplanering är ett tillvägagångssätt som används för att bestämma när leverans ska ske utifrån beräkningar vid vilken tidpunkt som materialbehovet uppstår (Slack m. fl., 2016). Metoden utgår från tidpunkten vid vilken en färdig produkt ska levereras, och planerar utifrån denna in när respektive process i kedjan ska påbörjas för att kunna hålla leveranstiden. Materialbehoven för varje process bryts ner till underliggande strukturnivåer och sker på samtliga nivåer ner till råmaterial och inköpta komponenter, vilket är den lägsta strukturnivån (Slack m. fl., 2016).

Nästa typ av materialstyrningsmetod är direktavropsmetoden. Denna metod går ut på att produktion inte ska initieras om det inte finns ett direkt behov av det som produceras, vilket ska minska risken för överproduktion. Ett tydligt kännetecken för direktavropsmetoder är att när materialbehov uppstår hos en förbrukande enhet initieras tillverkning i en föregående station (Mattsson, 2016). Kanban-system är den mesta kända metoden i denna kategori.

Om en direkt konsekvens av en kund- eller tillverkningsorder är att materialflöden initieras sägs det avslutningsvis vara orderbunden materialförsörjning (Mattsson, 2016). Materialstyrningen innebär att så fort en kundorder kommer in, skapas en tillverkningsorder för motsvarande komponent samt att både kvantiteten och leveranstidpunkt blir samma som för kundordern (Mattsson, 2016).

2.1.2 Slöserier enligt Lean

Liker (2020) förklarar att det inom Lean finns tre viktiga *M*, nämligen *muda*, *muri* och *mura*, vilket betyder slöseri, överbelastning respektive ojämnheter. De tre *M*:en sägs höra ihop, varför ett fokus på bara ett av dem inte skulle garantera någon förbättring. Det är vanligt med ojämnheter (*mura*) i produktionssystem vilket ofta beror på ett oregelbundet produktionsschema eller fluktuerande produktionsvolym till följd av interna problem (Liker, 2020). *Mura* kan leda till både *muda* och *muri*. *Muda* då det finns för lite att göra och *muri* när systemet blir överbelastat (Liker, 2020). Vidare beskriver Liker att även *muri* kan orsaka *muda*, exempelvis om en operatör eller maskin blir överbelastad vilket leder till risker för säkerhets- och kvalitetsproblem samt haverier och defekter. För att en process ska gå så smidigt som möjligt bör dessa därmed elimineras (Liker, 2020). Inom *muda* finns det sju

slöserier: överproduktion; väntan; onödig transport eller förflyttning; överarbete eller felaktig tillverkning; överflödigt lagerhållning; onödig rörelse; samt defekter. Dessa slöserier beskrivs i djupare detalj nedan.

Att tillverka i förtid eller i väntan på efterfrågan medför att överproduktion uppstår eftersom det skapar en större mängd än vad kund efterfrågar. Överproduktion i sin tur genererar andra slöserier så som överbemanning, onödigt lager och transportkostnader till följd av överskottslager (Liker, 2020). Då överproduktion genererar andra slöserier är det viktigt att eliminera det.

Nästa typ av slöseri som Liker (2020) tar upp är väntan. Exempel på denna typ av slöseri är väntan på att en maskin ska bli ledig och väntan på delar som ska sättas ihop. Under tiden som väntan sker så genomförs ingen värdeskapande aktivitet, varför väntan inte är önskvärd i en process.

Transporter av material eller information som inte är nödvändiga för verksamheten är nästa typ av slöserier (Liker, 2020). Exempel på slöserier av denna typ är överflödiga interna förflyttningar av material, eller att material flyttas många gånger till och från ett lager. Eftersom transporterna dels kräver arbetstid från arbetare, dels förlänger tiden som produkten befinner sig i arbete, leder ineffektiviteten till en försämrad genomloppstid.

Ytterligare ett slöseri som beskrivs av Liker (2020) är när komponenter överarbetas eller bearbetas på ett felaktigt sätt. Ineffektiv bearbetning av produkter kan leda till onödiga rörelser och defekter.

Överflödigt lagerhållning är nästa typ av slöserier som beskrivs av Liker (2020). Överflödigt lagerhållning av råmaterial, PIA eller färdigvaror leder till såväl längre ledtid som inkurans, lagerhållningskostnader och förseningar. En annan nackdel med överdrivet stora lager är att de kan bidra till att gömma problem så som obalanser i produktionsflödet, leveransförseningar och ställtider. Ställtid är den tid det tar att ställa om från att tillverka en komponent till en annan typ av komponent i en arbetsstation.

Nästa typ av slöseri är onödig rörelse (Liker, 2020). Slöseriet innefattar onödiga rörelser som operatörer gör på en arbetsstation. Det kan till exempel innebära letande, onödig förflyttning eller hämtning av verktyg. Onödiga rörelser leder till förlust av arbetstid samt förlängd ledtid.

Produktion av defekta enheter beskrivs avslutningsvis också som en typ av slöseri och kan bland annat leda till reparationer, produktion av ersättningsprodukter, extra inspektioner och hantering (Liker, 2020).

2.1.3 Dragande system

Ett dragande system bygger på att tillverkning sker baserat på faktisk efterfrågan i stället för prognoser (Rother & Shook, 2009). En signal skickas från en process till en annan, som ligger tidigare i flödet, endast när ett behov uppstår vilket förhindrar överproduktion. Det finns i huvudsak två olika sätt som ett dragande system kan implementeras (Rother & Shook, 2009): det första sättet är ett kontinuerligt produktionsflöde, det vill säga att så fort en process är klar skickas enheten vidare till nästa process utan att det finns några mellanlager (Liker, 2020); ifall det inte möjligt att använda sig av ett sådant system berättar Rother och Shook (2009) att det andra alternativet är att implementera en supermarket (svenska motsvarighet saknas, den vedertagna engelska termen används här). En supermarket fungerar som ett litet lager mellan processer och vid uttag skickas en signal till en tidigare process om påfyllning (Rother & Shook, 2009).

Ett dragande system implementeras enligt Liker (2020) via ett Kanban-system. Ett Kanban-system innebär att någon form av signal initierar produktionsstart om en producerad enhet har förbrukats hos mottagaren. Denna signal kan bestå av olika saker. Liker (2020) tar upp tomma lådor, tomma vagnar, eller Kanban-kort som exempel. I enlighet med Liker (2020) beskriver Mattsson (2016) ett exempel på Kanban-system som att ett bestämt antal Kanban-kort sätts på lastbärare. När en lastbärare blir tom frigörs Kanban-kortet varpå det skickas till en tidigare process för att ge signal om att starta tillverkningen alternativt påbörja en transport.

En annan viktig aspekt med att implementera ett dragande system är att skapa ett kontinuerligt produktionsflöde (Rother & Shook, 2009). Ofta finns dock platser i produktionssystemet där ett kontinuerligt produktionsflöde inte är möjligt, vilket exempelvis kan bero på ställtider eller tillverkning i batch (svenska: parti/sats, men den vedertagna engelska termen används här). Vid dessa situationer berättar Rother och Shook (2009) att en supermarket kan användas för att implementera ett dragande system. Det berättas att en supermarket använder sig av två Kanban-system, ett före och ett efter. Dessa benämns som *produktionskanban* och

uttagskanban. Produktionskanban skickas som signal från supermarket till den interna leverantören som signalerar att produktion för påfyllnad ska initieras, och uttagskanban signalerar ett uttag av produkter ur supermarket.

Det är, avslutningsvis, inte alltid praktiskt att använda supermarkets. Ifall det finns ett stort antal variationer mellan komponenter kan det i stället vara lämpligt att använda sig av FIFO-köer (First-In-First-Out, svenska: först in först ut). En FIFO-kö är ett sätt att koppla samman två processer där komponenter som skickas från den ena processen placeras i en kö som följer FIFO-principen (Rother & Shook, 2009). En FIFO-kö är begränsad i hur många komponenter som ryms i kön vilket begränsar PIA i systemet (Roser & Nakano, 2015).

2.1.4 Little's Lag

Little's lag är en formel som beskriver sambandet mellan genomloppstid, cykeltid och antalet komponenter i ett stabilt system (Slack m. fl., 2016). Formeln ser ut enligt följande:

$$\text{Genomloppstid} = \text{Cykeltid} * \text{PIA}$$

Ur denna formel erhålls vidare sambandet:

$$\text{Cykeltid} = \frac{\text{Genomloppstid}}{\text{PIA}}$$

För att applicera denna formel måste systemet vara i ett stabilt tillstånd. Det ska exempelvis inte precis ha satt i gång (Chhajed & Lowe, 2008). Det är enkelt att använda sig av formeln då den inte beror på vilken fördelning de olika parametrarna har och inte heller antalet arbetsstationer (Chhajed & Lowe, 2008). En av formelns viktigaste egenskaper är dess förmåga att beskriva att när PIA ökar i ett produktionssystem så måste också genomloppstiden göra det ifall cykeltiden inte minskar likvärdigt.

2.2 Förbättringsmethodik

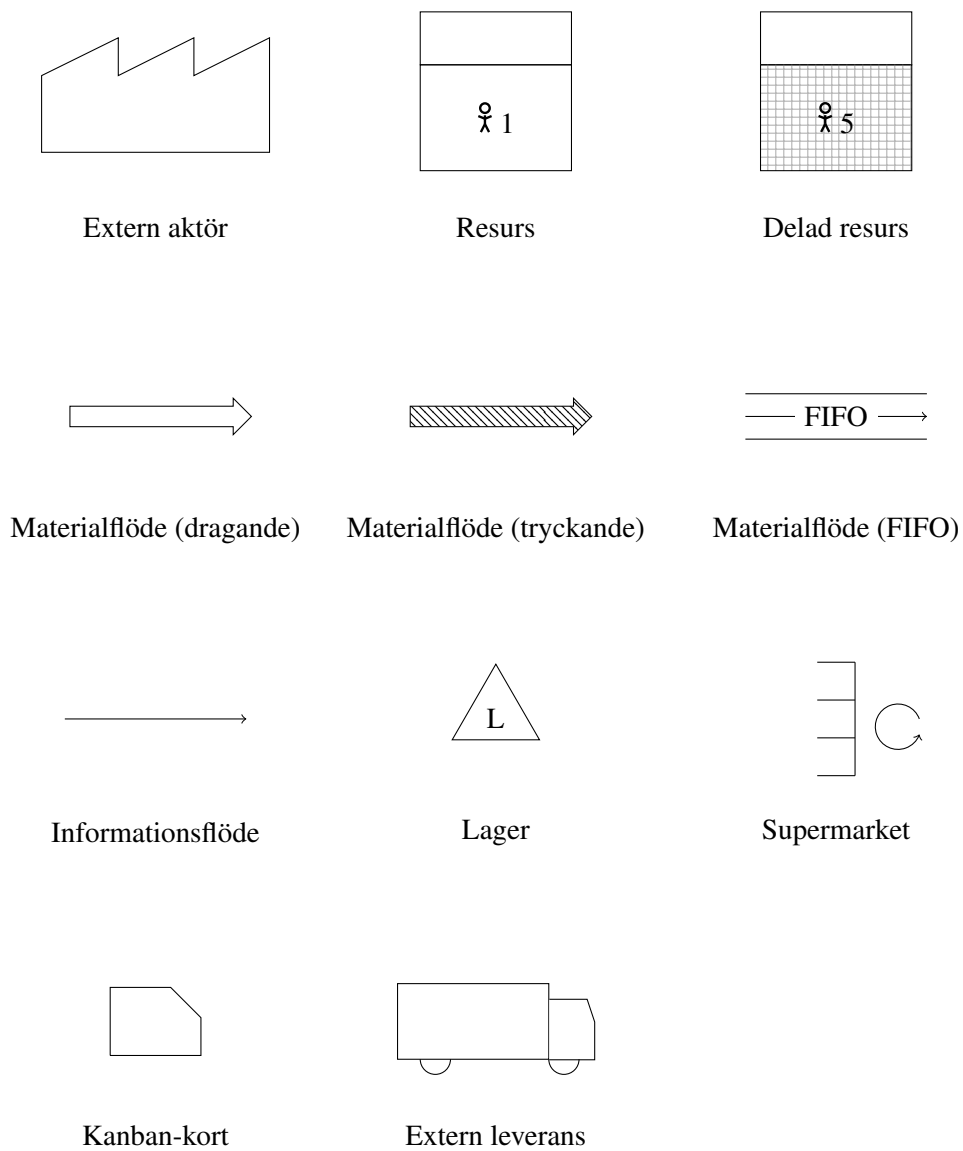
I detta avsnitt presenteras teori som använts för att utforma studiens metod för kartläggning och analys av företagets produktionssystem.

2.2.1 Värdeflödesanalys

Ett av verktygen inom Lean är värdeflödesanalys. Enligt Liker (2020) är tanken bakom värdeflödesanalys att förbättra ett produktionssystem genom att först skapa en övergripande bild, en värdeflödeskarta, av material- och informationsflödet. De väsentligaste symbolerna som används för att illustrera en sådan övergripande bild är *extern aktör*, *resurs*, *materialflöde*, *informationsflöde*, *lager*, *supermarket*, *Kanban* samt *externa leveranser*, vilka återges i figur 1. Utifrån den övergripande nulägesbilden kan slöserier identifieras, varpå en målbild över värdeflodets framtida tillstånd där slöserier minimeras kan skapas. Syftet med målbilden är inte att den ska uppnås till en omedelbar början, utan snarare att målbilden ska vara något som långsiktigt strävas mot. Värdeflödesanalys lämpar sig bra för repetitiva arbetsmoment och speciellt bra där arbetsmomentet behandlar en produkt eller produktfamilj (Holweg m. fl., 2018). Forskning från bland annat Serrano m. fl. (2008) samt Garrett och Lee (2010) har visat att värdeflödesanalys är ett effektivt verktyg för att förbättra produktionssystem.

Rother och Shook (2009) beskriver att det första steget i en värdeflödesanalys är att ta reda på den totala efterfrågan på de aktuella produkterna. Nästa steg är att rita upp de olika arbetsstationerna som ingår i värdeflödet. För dessa behövs data i form av cykeltid, ställtid, tillgängligt antal operatörer, tillgänglighetstid i maskinen och batchstorlek. När arbetsstationerna är kartlagda ska produktionssystemets olika lager ritas upp. Denna karta ska visa var lagren befinner sig i produktionsflödet och hur stora de är på de olika ställena. Nästa steg är att beskriva hur leveranser till kund samt inleveranser av råmaterial sker. Utöver detta ska det även beskrivas hur information förmedlas genom hela produktionsflödet, vilket innefattar hur order läggs från kund, hur beställning av råmaterial sker samt hur planering av produktionsflödet sker. Det sista steget är att beräkna ledtiderna i produktionsflödet.

För att ta fram målbilden för värdeflodets framtida tillstånd används enligt Rother och Shook (2009) följande sju riktlinjer som utgångspunkt: tillverka till takttiden; utveckla ett kontinuerligt produktionsflöde där det är möjligt; använd supermarket där ett kontinuerligt produktionsflöde inte går att upprätthålla; försök att styra tillverkningen från en punkt i kedjan; jämna ut produktionsmixen över de olika processerna; skapa en jämn takt i alla processer; och avslutningsvis genomför nödvändiga processförbättringar. Dessa riktlinjer, formulerade av Rother och Shook (2009), beskrivs i djupare detalj nedan.



Figur 1: De mest centrala symbolerna i en värdeflödeskarta - ett av verktygen som används för att genomföra en värdeflödesanalys. Observera att numret i en viss resurs anger antalet operatörer vid drift.

Inledningsvis bör man tillverka till takttiden. Det gör man genom att beräkna efterfrågan per tidsenhet och sedan använda detta som ett mått för med vilken takt produkter ska tillverkas. Man bör även utveckla ett kontinuerligt produktionsflöde där detta är möjligt genom att tillverka en enhet i taget och låta enheten passera mellan arbetsstationer utan stopp, vilket möjliggör för hög effektivitet att uppnås i produktionssystemet. Hänsyn bör dock tas till arbetsstationernas tillgänglighet då ett stopp i en station medför att hela produktionsflödet påverkas.

Vidare bör en supermarket användas där ett kontinuerligt produktionsflöde inte går att upprätthålla och där FIFO-principen inte är lämplig. Det kan bero på att en arbetsstation har hög eller låg cykeltid relativt övriga arbetsstationer eller att den behöver tillverka i batcher.

Fortsättningsvis förklarar Rother och Shook (2009) att man ska försöka styra tillverkningen från en enda punkt i produktionssystemet. Med en arbetsstation i produktionssystemet som utgångspunkt för tillverkningstakten, takthållaren (engelska: Pacemaker Process), sätts takten för samtliga processer uppströms. Genom att tillverka i små batcher kommer mellanlager och slöserier i produktionssystemet minska, vilket jämnar ut produktionsmixen över de olika arbetsstationerna. Nackdelen med små batcher är dock att det orsakar i fler omställningar i produktionssystemet och således mer ställtid. Vidare bör tillverkningstakten jämnas ut över alla arbetsstationer - genom att skicka ut produktionsorder i en jämn takt i takthållaren så kommer produktionsflödet bli mer konsekvent och förutsägbart. Genomför avslutningsvis nödvändiga processförbättringar - om ställtider kan kortas och tillverkning sker i små batcher på arbetsstationer uppströms kommer dessa arbetsstationer snabbare kunna anpassa sig till ändringar i behov nedströms.

2.2.2 Utvärdering av förbättringsplaner

För att utvärdera studiens föreslagna förbättringsplaner och identifiera den lämpligaste finns flertalet olika metoder och verktyg som kan användas. Däribland *set-based design* (svenska: multilösningsteknik, men den vedertagna engelska termen används här), *brainstorming* (svenska: idéstormning, men den vedertagna engelska termen används här) och *Pugh-matriser*, vilka beskrivs mer ingående nedan.

Inledningsvis är det första steget inom set-based design enligt Singer m. fl. (2009) att ett antal möjliga lösningar identifieras. Därefter analyseras lösningar och utesluts ifall de kan anses odugliga. Antalet potentiella lösningar reduceras därefter fram tills den, eller de, bästa lösningarna återstår.

Chung (2003) berättar vidare att brainstorming leder till att många idéer kan uppkomma som annars inte hade kommit på. En fundamental aspekt som påpekas gällande brainstorming är att inga idéer får kritiseras. Detta eftersom vissa deltagare då kan avstå från att dela sina idéer. Efteråt kommer förbättringsplanerna utvärderas, och de förbättringsplaner som anses ogenomförbara eller orimliga kommer sällas bort.

För att implementera set-based design kan en Pugh-matris användas. Pugh-matrisen är ett av verktygen inom Six Sigma, och används för att sälla lösningar genom att väga hur bra förbättringsplanen presterar mot kundbehoven relativt varandra (Magnusson m. fl., 2003). Metoden används vanligtvis för att utvärdera produktvarianter och även produktionssystem. Magnusson m. fl. (2003) förklarar sällningsprocessens tillvägagångssätt med att en lösning, som i denna studie utgörs av förbättringsplaner, först väljs ut som referens. Sedan vägs resterande förbättringsplaner mot denna utifrån kundbehoven. Processen repeteras därefter med de förbättringsplaner som presterade bäst. Magnusson m. fl. (2003) understryker att fördelen med metoden är att förbättringsplanerna kan förbättras för varje iteration genom att slå ihop förbättringsplaner och idéer. Detta gör sällningsprocessen mer dynamisk och tillåter även att idéer uppstår under hela processens gång och inte bara när förbättringsplanen utformas. Modellen är således kompatibel med set-based design.

Enligt Magnusson m. fl. (2003) väljs kriterierna som vägs mot varandra i en Pugh-matris vanligen ut från formulerade kundbehov. Kundbehov kan vara kontinuerliga eller diskreta, där det förstnämnda syftar på att behovet kan mätas på en kontinuerlig skala, som exempelvis längd och vikt, medan exempel på det sistnämnda kan vara realiserbarhet (ja/nej). Vidare förklarar Magnusson m. fl. (2003) att kundbehov är speciellt viktiga eftersom lösningarna blir skapade och bedömda utifrån dem. Kundbehov kan identifieras genom till exempel intervjuer eller analyser, och kan både innefatta slutkund och kund för projektet. Vad gäller denna studie utgörs kunden enbart av KPAB.

Kano-modellen, som är ett verktyg för att få en förståelse kring kundbehov, tar hänsyn till dessa faktorer som reglerar kundnöjdheten genom att behandla de tre kundbehoven *basbehov*,

uttalade behov samt *outtalade behov*. Kano-modellen är viktig för att kunna differentiera olika behov då deras betydelse för den slutgiltiga lösningen kan vara olika, menar Magnusson m. fl. (2003). Behoven väger följaktligen olika mycket, vilket måste tas hänsyn till för att en hög kundnöjdhet ska uppnås.

Bergman och Klefsjö (2012) förklarar avslutningsvis att vissa kundbehov kan upplevas så självklara att kunden själv inte tänker på dem. Om dessa behov inte blir uppfyllda kan det dock skapa irritation och missnöje hos kunden, vilka sammanfattas av begreppet basbehov. Bergman och Klefsjö (2012) förklarar vidare att kunden blir positivt överraskad om en lösning eller produkt har en positiv egenskap som kunden inte hade förväntat sig. Dessa egenskaper innefattas av begreppet *uttalade behov*, som är önskemålsliknande behov som inte direkt formulerats. *Uttalade behov* löser i sin tur inte själva grundproblemet, utan nyanserar endast förbättringsplanen. Av den anledningen kan *uttalade behov* endast höja, men inte sänka värdet på en produkt eller förbättringsplan. *Uttalade behov* kan däremot både höja och sänka värdet på en produkt eller förbättringsplan då dessa behov rotar sig i *uttalade förväntningar* från kunden (Bergman & Klefsjö, 2012).

2.3 Implementering

Enligt Rother och Shook (2009) bör man skapa ett framtida tillstånd för värdeflödet för att öka tillförlitligheten hos lösningen. Tillförlitlighet i sin tur kommer öka chansen till att implementeringen av studiens förbättringsplan sker framgångsrikt.

Det framtida tillståndet på värdeflödet skapar även en gemensam och transparent bild av måltillståndet. Medvetenheten gör att alla involverade, från operatörer till ledning, blir mer positivt inställda och kan aktivt jobba för förändringarna (Rother & Shook, 2009).

Rother och Shook (2009) förklarar avslutningsvis även att det framtida tillståndet bör skapas med hänsyn till verksamheten, men inte med hänsyn till gamla vanor. Slöserierna som uppkommer kan oftast endast lösas om gamla vanor förändras, vilket kräver engagemang från hela verksamhetens anställda.

3 Metod

I detta avsnitt beskrivs den forskningsmetod som använts för att uppnå studiens syfte. Avsnittet beskriver vilka analysmodeller som har använts samt hur resultaten från analyserna har använts för att besvara frågeställningarna. Därefter beskrivs vilken typ av data som samlats in för att genomföra analysen samt hur denna data samlades in.

För att besvara studiens frågeställningar genomfördes inledningsvis en kartläggning av KPAB:s verksamhet och produktionssystem i form av en datainsamling, varpå en värdeflödesanalys genomfördes för att belysa potentiella problemområden som förhindrar KPAB från att uppnå sina produktionskapacitetsmål. Analysen grundar sig i en datainsamling bestående av intervjuer och direktobservationer, samt ett teoretiskt ramverk som framställts via en litteraturstudie.

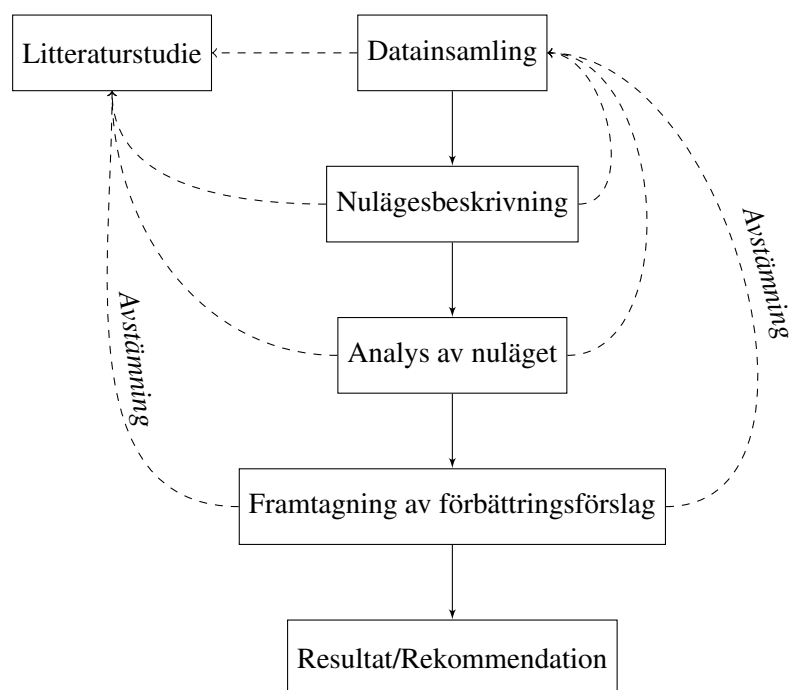
Utifrån analysen av KPAB:s produktionssystem och det teoretiska ramverket formulerades ett antal förbättringsförslag som sedan kombinerades till ett antal konkreta förbättringsplaner som skulle kunna implementeras i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar, varpå dessa utvärderades genom en Pugh-matris för att ta fram den bästa förbättringsplanen. Denna arbetsmetodik visualiseras i figur 2.

3.1 Datainsamling

Datainsamlingen tog fram den data som krävdes för att värdeflödesanalysen skulle kunna genomföras. Data samlades in genom intervjuer med operatörer, produktionsansvarig, VD och vice VD på KPAB. Dessa intervjuer kompletterades med direktobservationer.

3.1.1 Intervjuer

Den huvudsakliga datainsamlingen för värdeflödesanalysen (VSM, engelska: Value Stream Mapping), genomfördes genom intervjuer med operatörer. Se intervjuguiden i bilaga A. Patel och Davidson (2019) belyser att en platsintervju har fördelar i såväl interaktivitet som kontroll och svarsfrekvens relativt andra datainsamlingsmetoder. Därför genomfördes dessa intervjuer på plats i KPAB:s produktionsanläggning. I intervjuerna samlades data in gällande de olika processernas cykeltid, processtid, tillgänglighet, antal operatörer, informationsflöde, ställtider, resursutnyttjande, batchstorlekar samt huruvida resursen är delad eller inte.



Figur 2: Schematisk illustration av studiens genomförande.

Intervjuerna med operatörerna skedde i form av en enkät som fylldes i med de svar som gavs. Anledningen till att detta tillvägagångssätt valdes är att data till värdeflödesanalysen är av strukturerad karaktär, och den data som skulle samlas in var standardiserad. Patel och Davidson (2011) menar att enkäter är ett lämpligt tillvägagångssätt vid dessa förutsättningar. Som metod för insamling av enkätsvar valdes enkät med ledning, vilket innebär att formuläret fylls i tillsammans med intervjuobjektet så att eventuella otydligheter kring frågorna kan förtydligas (Patel & Davidson, 2011). Detta var nödvändigt eftersom frågorna till operatörerna var specifika och komplexa, och att det krävdes förtydliganden kring vad som exakt syftades på för respektive fråga.

Intervjuerna som hölls med VD, vice VD samt produktionsansvarig var i sin tur av semistrukturerad karaktär. Semistrukturerade intervjufrågor är bäst lämpade för att åstadkomma en korrekt uppfattning av intervjuobjektets perspektiv, vilket är lämpligt för ett platsbesök (Patel & Davidson, 2011). Vidare förklarar Patel och Davidson att man först bör ställa generella frågor för att sedan öka specificeringsgraden i takt med att motivationen hos intervjuobjekt ökar. Följaktligen ställdes i denna studie kvalitativa frågor av öppen karaktär för att säkerställa datans validitet, se intervjuguiden i bilaga A.

Intervjun med VD gav data rörande företagets framtida produktionskapacitetsmål vilket är viktig information för utformningen av den slutgiltiga föreslagna förbättringsplanen. Utöver detta insamlades data kring ledtider från leverantör samt KPAB:s behov och ståldörrarna. Intervjun med vice VD och produktionsansvarig gav i sin tur information om produktionssystemet som helhet, hur planering sker samt planer om framtida ändringar i produktionssystemet.

3.1.2 Direktobservationer

Utöver intervjuer användes direktobservation för att samla in data om KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Medbo (1998) förklarar att direktobservationer, till skillnad från intervjuer, ger data med själva systemet som källa snarare än individer i systemet, något som ger förutsättningar för mer neutrala och precisa data. En av de primära fördelarna med direktobservationer är att det skapar en objektiv bild av systemet, utan eventuella inkorrekta tolkningar av individerna i det (Medbo, 1998).

Fortsättningsvis menar Patel och Davidson (2011) att ostrukturerade direktobservationer lämpar sig bra i utforskande/kartläggande syfte där observatörerna önskar samla in så mycket data som möjligt inom ett visst område. Ostrukturerade direktobservationer innebär, i praktiken, att observationerna inte sker enligt ett på förhand fastställt observationsschema, utan att observatörer vid observationstillfället i stället samlar in all data som då anses relevant. Denna typ av observation kräver dock större teoretisk och empirisk kunskap kring området, varför intervjuerna på företaget genomfördes innan direktobservationerna för att säkerställa att observatörerna hade en tillräckligt god kunskapsnivå innan dessa genomförde direktobservationerna.

Med bakgrund i ovanstående användes direktobservationer dels för att samla data kring de olika lagren i systemet för användning i efterliggande analys, dels för att skapa en helhetsbild av företagets produktionssystem. Storlek på lagren beräknades enkelt genom att räkna komponenterna i de olika lagren. För lagernivån på råvarulagret för dörrblad användes tillgängliga data i KPAB:s affärssystem. Ansvarig för råvarulagret på KPAB verifierade att siffrorna var korrekta.

3.2 Litteraturstudie

Ett teoretiskt ramverk framställdes för att ligga till grund för datainsamling och analys, samt för att möjliggöra utvärdering av framtagna förbättringsplaner. Det teoretiska ramverket ger även studien en referensram för analys av KPAB:s verksamhets nuvarande tillstånd samt för att formulera förbättringsplaner för identifierade problem.

För att skapa detta teoretiska ramverk användes relevanta sökord så som *Lean production*, *Value stream mapping*, *Kanban*, *Material resource planning*, *Six sigma* och *Operations management*.

Efterforskningarna skedde främst på plattformar såsom *Google Scholar* och *Scopus*. Under processens gång tillämpades såväl *forward snowballing* (svenska: framåt-sökning) som *backward snowballing* (svenska: bakåt-sökning). Forward snowballing innebär att forskaren utifrån en relevant artikel upptäcker ytterligare artiklar genom att undersöka artiklar som citerat den tidigare nämnda (Wholin, 2014). Backward snowballing är i sin tur processen att söka bland de verk som en relevant artikel refererar till (Wholin, 2014). Genom att tillämpa dessa metoder uppnåddes systematik och därmed effektivitet i framställandet av det teoretiska ramverket.

3.3 Kartläggning

En välgjord kartläggning av verksamheten är viktig för ett lyckat förbättringsprojekt (Magnusson m. fl., 2003), och med en väl definierad kartläggning garanteras ett tydligt ramverk för situationens förutsättningar och minimeras risken för missförstånd. En kartläggning av produktionssystemet medför att slöserier i produktionsflödet enklare kan identifieras och förbättras, samt att ytmässiga begränsningar i lokalen lättare kan identifieras. Genom att kartlägga material- och informationsflöden kan också olika slöserier identifieras. En annan aspekt är kartläggning av KPAB:s behov, vilket säkerställer en tydlig bild av vilka mål som arbetas mot vid utformningen och framtagningen av förbättringsplanen.

För att kartlägga KPAB:s produktionssystem för ståldörrar skapades en värdeflödeskarta, som användes i en värdeflödesanalys baserad på data från intervjuerna och direktobservationerna. Utifrån denna data kartlades även produktionssystemet och dess materialflöden. Därtill sammanställdes företagets behov utifrån intervjuerna med produktionsansvarige och ledningsgruppen (bestående av VD och Vice VD).

Ett cykeltidsdiagram användes därtill för att upptäcka obalanser i arbetsstationernas cykeltider och kompatibilitet med såväl den nuvarande takttiden som takttiden vid uppnått produktionskapacitetsmål. Arbetsstationernas cykeltider jämfördes även med varandra för att se hur välbalanserat produktionsflödet är. De insamlade värdena på lagernivåer användes tillsammans med nuvarande efterfrågan för att, genom Littles lag, räkna ut genomsnittlig tid i lager för respektive lager, vilket sedan jämfördes med värdeadderande tid (total processtid) för att räkna ut andelen värdeskapande tid i produktionssystemet. Dessa värden, samt varje arbetsstations processtid, ställtid, tillgänglighet samt antal operatörer visualiserades i en värdeflödeskarta för att tydliggöra vilka delar i produktionsflödet som tar mest tid. Därtill skapades en karta över produktionsanläggningen golvplan för att visualisera materialflöden mellan arbetsstationerna för att upptäcka onödiga materialförflyttningar.

3.4 Analys

Utifrån insamlade data analyserades KPAB:s verksamhet och produktionssystem för ståldörrar för att identifiera problemområden. Analysen skedde i fyra distinkta delar: värdeflödesanalys; analys av materialförflyttningar; analys av obalanser i cykeltid; och analys av slöserier enligt Lean. Arbetet började med brainstorming av olika förbättringsförslag, som sedan kombinerades till ett antal konkreta förbättringsplaner. Förbättringsplanerna utvärderades med set-based design och sållades därefter med Pugh-matriser tills en slutgiltig förbättringsplan återstod.

För att analysera materialflödet skapades en ungefärlig karta över KPAB:s produktionsanläggning där materialflödena visualiserades. Detta för att belysa eventuella onödiga, överdrivet långa eller kontraproduktiva materialflöden samt för att fördjupa förståelsen för KPAB:s verksamhet.

Ett cykeltidsdiagram användes därtill för att visualisera cykeltiden för respektive arbetsstation samt KPAB:s tillverkningstakt. Cykeltidsdiagrammet skapades för att upptäcka eventuella obalanser och för att avgöra huruvida någon arbetsstations cykeltid förhindrar att KPAB uppnår sina produktionskapacitetsmål. Därefter analyserades KPAB:s nuvarande produktionssystem utifrån de sju slöserierna inom Lean, varpå problemområden för respektive slöseri belystes.

Avslutningsvis analyserades KPAB:s behov och förväntningar för att säkerställa att eventuella förbättringsplaner ej kompromissar på parametrar som måste upprätthållas, så som ledd gentemot slutkund och variantflexibilitet.

3.5 Förbättringsförslag

När kartläggningen och analysen av KPAB:s verksamhet och produktionssystem för ståldörrar var fullbordad brainstormades ett flertal förbättringsförslag fram grundade i det teoretiska ramverket. Dessa kombinerades sedan till ett antal konkreta förbättringsplaner, som därefter utvärderades med set-based design via Pugh-matriser. Tillvägagångssätt valdes på grund av metodens öppenhet till kontinuerlig revidering.

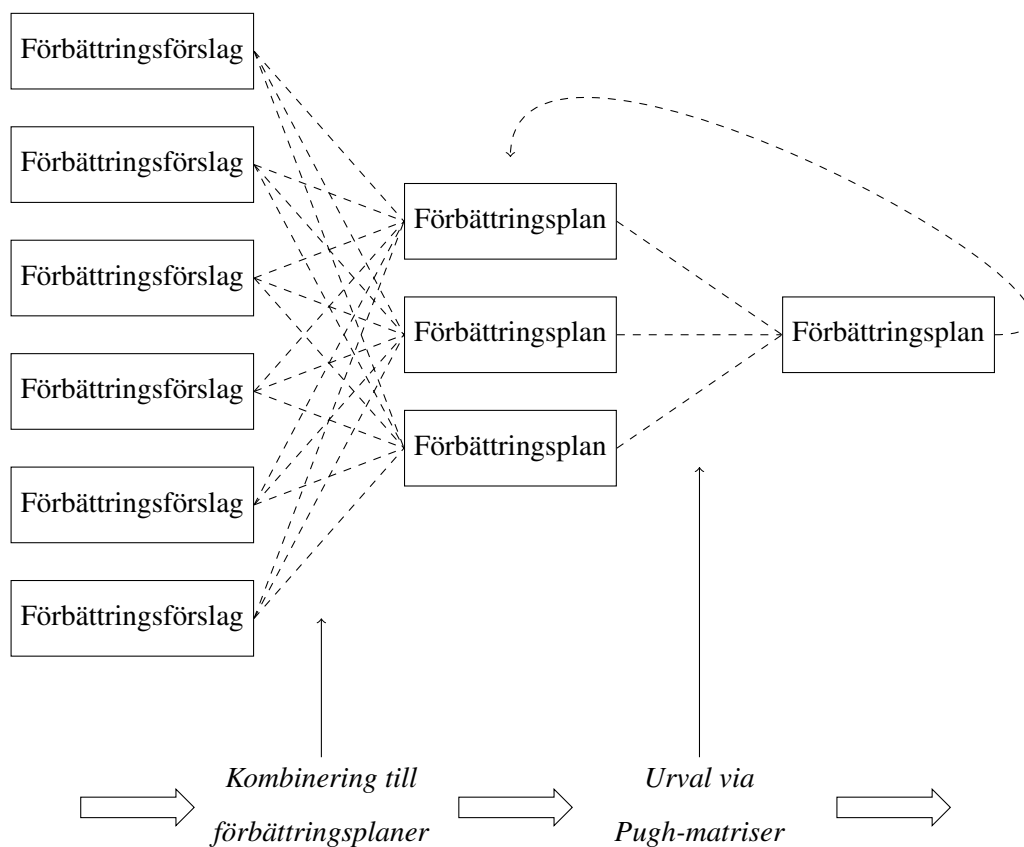
KPAB:s behov viktades sedan på en tregradig skala som symboliserar deras vikt relativt varandra, vilket gjordes då olika behov var olika viktiga för KPAB. Graderingen genomfördes i enlighet med Kano-modellen och dess olika typer av behov. Därefter utvärderades förbättringsplanerna i Pugh-matriser och vägdes mot varandra utefter företagets behov. De förbättringsplaner som presterade sämst sållades bort enligt teorin för Pugh-matriser. Processen repeterades tills en slutgiltig förbättringsplan korats. Denna arbetsmetodik visualiseras i figur 3.

3.6 Överlämning & implementering

När den slutgiltiga förbättringsplanen identifierats skapades ett framtida tillstånd för värdeflödet i enlighet med den nya förbättringsplanen. I denna nya värdeflödeskarta visualiserades det rekommenderade framtida tillståndet för KPAB:s ståldörrsproduktion. Genom att skapa en gemensam målbild ökar sannolikheten för att företaget genomför en lyckad övergång eftersom operatörerna på KPAB:s får delta i utvecklingen. Utöver en målbild över det framtida tillståndet formulerades även ett tillvägagångssätt för att säkerställa att inga genvägar eller felaktiga tolkningar görs av operatörer eller ledningen.

3.7 Metodkritik

För att minimera risken att den mänskliga faktorn inskränker på kvaliteten hos data som samlades in använde studien triangulering för att öka validiteten. Flera olika datainsamlingsmetoder utnyttjades vilket i enlighet med Patel och Davidson (2011) ger en så bra bild som



Figur 3: Visualisering av arbetsgången vid framtagning av förbättringsförslag och urvalet av dessa. Notera arbetsprocessens iterativa karaktär vid utvärdering via Pugh-matriser. Observera att antalet förbättringsförslag inte nödvändigtvis begränsades till sex stycken, utan i själva verket var betydligt fler.

möjligt av det observerade systemet. Patel och Davidson förklarar nämligen att, även om utfallen av respektive metod inte helt överensstämmer, så är systemet fortfarande intressant att studera. Således säkerställdes att sådana eventuella företeelser uppdagades genom att intervjua såväl operatörer som produktionsansvarige och KPAB:s ledningsgrupp.

Genom att simulera det föreslagna framtida produktionssystemet hade fortsättningsvis trovärdigare värden troligtvis kunnat presenterats för exempelvis genomsnittlig tid i lager och genomsnittliga lagernivåer. Musselman (1994) förklarar nämligen att en väl genomförd simuleringsstudie kan resultera i en oerhört bra bild av ett produktionssystem, men en sådan simulering hade dock krävt mer exakta mätvärden för arbetsstationernas processtider och övriga data, vilket hade krävt flera veckors datainsamling till följd av KPAB:s för nuvarande ganska låga produktionsvolym.

Likaledes hade respektive förbättringsplan kunnat simulerats för att jämföra produktionskapacitet, variantflexibilitet, kapitalbindning, ledtid och genomloppstid i stället för att använda Pugh-matriser. Återigen hade dock även detta nödvändiggjort bättre och fler mätvärden för arbetsstationernas processtider.

Ytterligare kritik går att rikta mot studien med avseende på dess fokus på KPAB:s specifika situation. Studien syfte är dock inte att kunna göra empiriska generaliseringar för alla fall utifrån ett enskilt, utan att upptäckterna som görs kan användas för att göra teoretiska generaliseringar. Det är hur en övertygelse nås utifrån det teoretiska resonemanget i studien som avgör om generaliserbarheten i studien (Bell m. fl., 2019).

Studiens konkreta förbättringsplaner för KPAB:s produktionssystem för ståldörrar är visserligen anpassade utifrån företagets specifika situationen, men studiens metodik och tillvägagångssätt kan implementeras på valfri situation med liknande förutsättningar för att lösa en liknande problemsituation.

4 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling delas in i tre huvudsakliga områden: ekonomisk, ekologisk (här kallat miljömässig) och social. Ett lämpligt teoretiskt ramverk för att säkerställa att alla dessa områden tas i beaktning är FN:s 17 globala mål för hållbar utveckling (UNDP, 2021d).

Vad gäller denna studie är tre av dessa målsättningar särskilt relevanta: mål 9, 12 och 8, som sammanfaller med ekonomisk, miljömässig respektive social hållbarhet. I sitt arbete med att åstadkomma dessa mål har KPAB upprättat en KMA-policy (KPAB, 2020). Syftet med policyn är att "arbeta systematiskt för att minska risken för att fel uppstår, värna om miljön, förebygga ohälsa och skador på grund av arbetet samt skapa förutsättningar för att kontinuerligt förbättra verksamheten" (KPAB, 2020). Hållbarhetsaspekterna integreras i studien i och med att såväl ekonomisk hållbarhet som miljömässig hållbarhet och arbetsmiljö ingår i företagets behov som används för utvärdering av de föreslagna förbättringsplanerna. Denna studie förhåller sig således genom hela arbetet till såväl KPAB:s policys som relevanta globala mål och god sed vad gäller ekonomisk, miljömässig och social hållbarhet.

4.1 Ekonomisk hållbarhet

KPAB prognostiserar för framtida ekonomisk tillväxt, varför det är oerhört viktigt att verksamheten kan möta framtida efterfrågan. Således lägger företaget stor vikt vid genomförbarheten av de föreslagna förbättringsplanerna som denna studie ska resultera i.

Vidare är KPAB kvalitetscertifierat enligt standarden ISO 9001:2015 (KPAB, u. å-a). Genom att arbeta enligt standarden uppnår företaget förbättrade affärsprocesser; ökad kundtillfredsställelse; förbättrad möjlighet att vinna upphandlingar samt ett stärkt varumärke (SIS, 2015a). Denna förstärkning av KPAB:s position på marknaden för ståldörrar säkerställer att en större andel av marknadens produkter är tillverkade på ett ansvarsfullt och kvalitetssäkert sätt, vilket maximerar livslängden. Detta i enlighet med FN:s globala mål nummer 9: Hållbar industri, innovationer och infrastruktur (UNDP, 2021c).

4.2 Miljömässig hållbarhet

Miljömässig hållbarhet innebär att minska miljöpåverkan till en sådan nivå att naturen ej påverkas negativt (Nationalencyklopedin, u. å). KPAB anser att omtänksamhet och hänsyn gentemot miljön ska vara en naturlig del av deras verksamhet, något som bland annat

åstadkoms genom att miljöfrågor “integreras med [deras] leverantörer och samarbetspartners så att [deras] produkter ger minimal miljöbelastning under hela sin livscykel” (KPAB, 2020).

Fortsättningsvis är KPAB ett miljöcertifierad företag enligt ISO 14001:2015 (KPAB, u. å- a). Genom att arbeta enligt standarden säkerställer företaget mer hållbara affärsprocesser; effektiviserat miljöarbete; minskad användning av resurser och material samt minskat avfall i verksamheten och därmed minskade kostnader (SIS, 2015b).

Detta innebär dock inte att verksamheten är fri från svinn. Vice VD Johan Norin (personlig kommunikation, 25 januari 2022) menar att bristande struktur i företagets interna materialflöden tidvis leder till att extra komponenter behöver tillverkas. Detta då komponenter felplaceras under förflyttning och därefter tappas bort. KPAB:s förhoppning är, enligt Norin, att förbättringsplanerna som presenteras i denna studie kommer att eliminera dessa problem. Detta i enlighet med FN:s globala mål nummer 12: Hållbar konsumtion och produktion (UNDP, 2021a).

4.3 Social hållbarhet

KPAB eftersträvar, i enlighet med sin KMA-policy, att “bedriva verksamhet på ett sådant sätt att [de] får säkra arbetsplatser där ohälsosam inverkan på människors hälsa förebyggs” (KPAB, 2020). Produktionssystemet för ståldörrar består i nuläget av många onödiga materialförflyttningar samt onödig lagerhantering, något som orsakar många onödiga manuella lyft, vilket i längden riskerar orsaka arbetsskador.

Denna studies arbete med att minimera dessa onödiga materialförflyttningar kommer således inte enbart att möjliggöra ekonomisk tillväxt, utan även en minimering av risken för onödiga arbetsskador. Detta i enlighet med FN:s globala mål nummer 8: Anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt (UNDP, 2021b).

5 Studiens etiska aspekter

Det har tagits i beaktande att studiens syfte, frågeställningar, resultat och slutsatser kan ha etiska implikationer. Uppskalningen av KPAB:s produktionskapacitet kan exempelvis leda till att arbetsuppgifter omfördelas, tillkommer och/eller faller bort. Om tillräckligt många arbetsuppgifter faller bort för att berättiga en minskning av personalstyrkan måste en avvägning av de ekonomiska och etiska implikationerna av detta genomföras.

Den data som behandlas i studien är fortsättningsvis ej av personligt inskränkande karaktär. Alla forskningsarbeten bör dock, oavsett omfattning, noga överväga de fyra huvudkrav som Vetenskapsrådet formulerat: informationskravet, samtyckeskravet, konfidentialitetskravet samt nyttjandekravet (Patel & Davidson, 2011). Dessa fyra huvudkrav beskrivs i djupare detalj nedan.

Informationskravet innebär att forskaren, eller forskarna, skall informera inblandade individer om forskningens syfte. Samtyckeskravet innebär, i sin tur, att individer som deltar i undersökningen själva ska få styra över omfattningen av sin egen medverkan.

Konfidentialitetskravet innebär att eventuella personuppgifter som samlas in i samband med forskningsprojektet ska hanteras på ett högst varsamt sätt, sådant att obehöriga ej tar del av dessa. Vidare specificerar nyttjandekravet att alla uppgifter hämtade från individer endast används i enlighet med forskningsprojektets syfte.

Vad gäller denna studie, med bakgrund i de fyra kraven, har alla intervjuobjekt noggrant informerats om intervjuens syfte innan intervjuer genomfördes. Dessutom har det säkerställts att medverkan har varit helt frivillig och att intervjuobjektet har kunnat avbryta närhelst de önskat. För att värna om intervjuobjektens integritet har all inhämtad data lagrats på ett säkert sätt och anonymiserats där det varit nödvändigt. Likaså har insamlad data i enlighet med nyttjandekravet endast använts för att uppnå studiens syfte.

6 Kartläggning av KPAB:s nuvarande produktionssystem

KPAB:s verksamhet är helt centrerad till en fabriksbyggnad. Ståldörrsproduktion sker i samma lokaler som legotillverkning, och såväl utvecklings- som affärs- och ledningsenheten finns också i byggnaden.

En stor andel av KPAB:s anställda har arbetat på företaget under lång tid. De är följaktligen erfarna och väl bekanta med företagets verksamhet och dess processer vilket, tillsammans med de fysiskt korta avstånden mellan produktionen och övriga enheter, möjliggör korta och effektiva kommunikationsvägar.

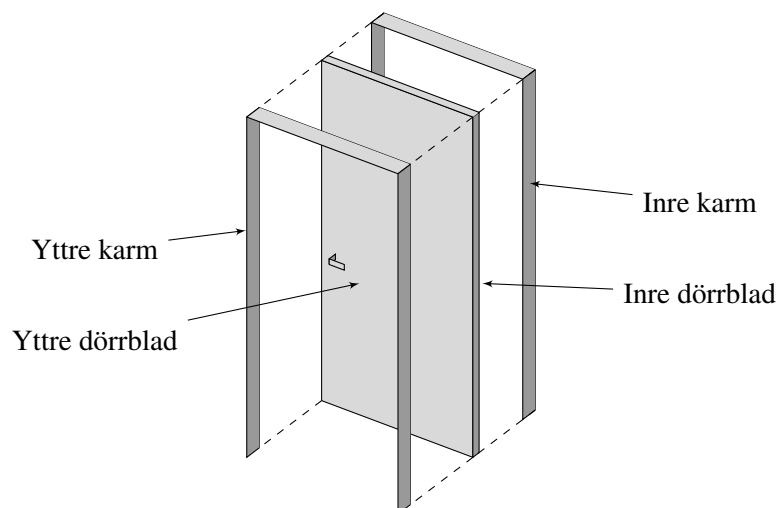
En komplett ståldörr består av totalt sex dörrkarmskomponenter, två dörrblad, detaljer som svetsats fast i dörrkarmskomponenterna, isolering samt inköpta mindre komponenter såsom gummitätningar, låshus och trösklar. Vad gäller själva ståldörren består konstruktionen av tre yttre dörrkarmskomponenter och ett yttre dörrblad, samt tre inre dörrkarmskomponenter och ett inre dörrblad. Se figur 4.

6.1 Arbetsstationer

KPAB:s produktionssystem för ståldörrar har sex olika arbetsstationer: kantpress, svets, kantvik, dukning, lackering och montering. Lackeringen används till såväl grund- som färdiglackering. Mellan alla dessa arbetsstationer finns dessutom mellanlager, förutom innan grund- och färdiglackering där FIFO-köer används i stället. I detta avsnitt beskrivs respektive arbetsstation i detalj, och stationernas styrning förklaras sedan i avsnitt 6.2.

Kantpressning och svetsning sker parallellt med kantvikning, varpå dessa produktionsflöden sammanstrålar vid dukning. Transporter mellan alla arbetsstationer sker med vagnar som dras med palldragare och dessa, tillsammans med arbetsstationernas fysiska placeringar relativt varandra, visualiseras i figur 5.

Råvara för dörrkarmskomponenterna lagerhålls inledningsvis i ett råvarulager, och transporteras därefter till kantpressen där de pressas, efter vilket de återigen läggs på lager. Därefter svetsas komponenterna, varpå de grundlackeras och placeras i ett lager vid kantviken. Dörrbladen i sin tur transporteras från sitt råvarulager till kantviken där de kantviks, varpå de lagerhålls intill de grundlackerade dörrkarmskomponenterna. Såväl dörrkarmskomponenter som dörrblad transporteras sedan till dukningen där de sammanställs ordervis, varpå de



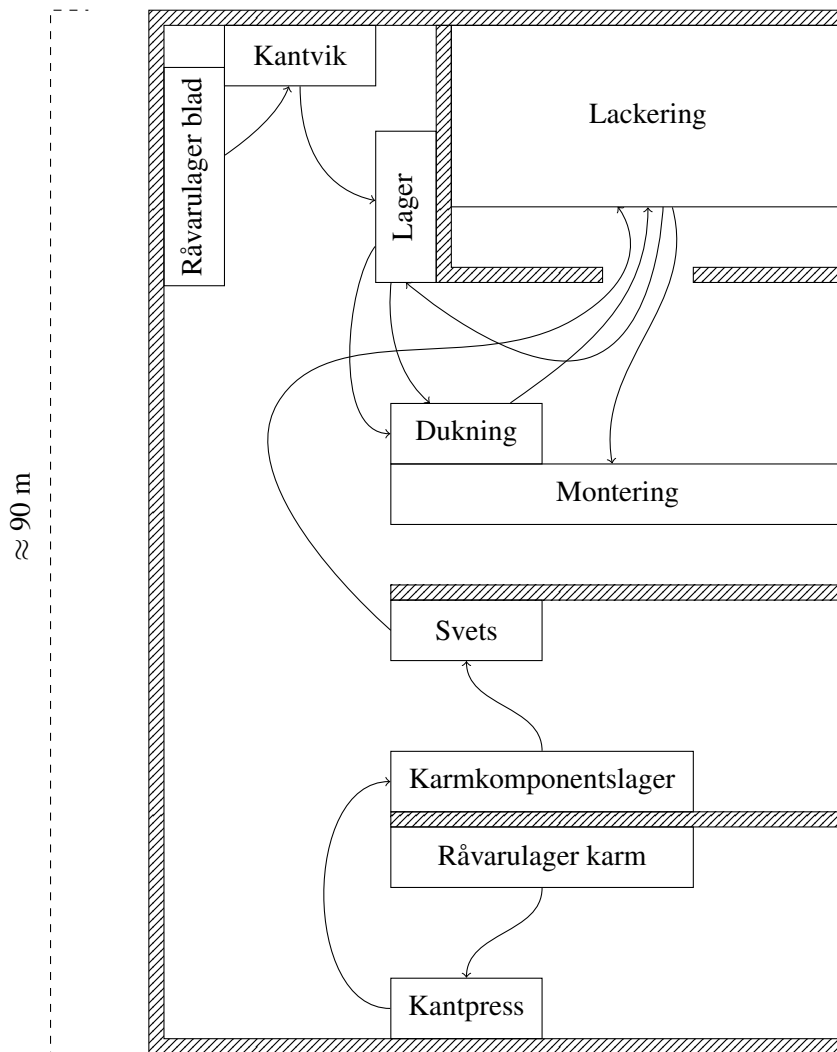
Figur 4: Förenklad sprängskiss över KPAB:s ståldörrars huvudsakliga komponenter. Observera att varje karm i sin tur består av tre komponenter: vänster, höger och överliggande dörrkarmskomponent. Således består varje ståldörr av totalt åtta unika plåtdelar.

färdiglackeras tillsammans ordervis och sedan transporteras till monteringen. Respektive arbetsstation beskrivs i djupare detalj nedan.

Inledningsvis pressar kantpressen råvaran för dörrkarmskomponenterna, det vill säga stansad plåt, till färdiga dörrkarmskomponenter. Dörrkarmskomponenter pressas i batcher på grund av att en ställtid uppstår vid byte mellan typ dörrkarmskomponent (inre/ytte/höger/vänster). Således konsolideras denna produktion, och cirka tio exemplar av varje dörrkarmskomponent tillverkas vanligtvis åt gången. Arbetsstationen bemannas vid aktivitet av en ensam operatör och, fastän kantpressen är en delad resurs, finns här mycket ledig kapacitet för att klara en ökad produktionsvolym.

I svetsen svetsas ett antal detaljer, såsom fästen för gångjärn och fästen för lås, fast på de pressade dörrkarmskomponenterna. Arbetsstationen bemannas vid aktivitet av en ensam operatör och, fastän även svetsen är en delad resurs, finns här mycket ledig kapacitet för att klara en ökad produktionsvolym. De svetsade dörrkarmskomponenterna skickas därefter till lackeringen för grundlackering. Grundlackeringen är en delad resurs och sker på samma sätt som färdiglackeringen, vilken beskrivs i närmare detalj nedan.

Kantviken kantviker fortsättningsvis råvaran för dörrbladen, det vill säga stansad plåt, till färdiga dörrblad. Notera att denna plåt är ytbehandlad från leverantör, något som är möjligt tack vare att inga detaljer behöver svetsas på dörrbladen. Ytbehandlingen eliminerar behovet



Figur 5: Förenklad ritning över KPAB:s produktionsanläggning för ståldörrar, där materialflöden mellan respektive arbetsstation visualiseras. Observera att figuren ej är skalendig samt att förenklingar i lokalens layout har gjorts. Notera även de parallella materialflödena för dörrkarmskomponenter och dörrblad som sedan sammanstrålar vid dukning.

av grundlackering för dörrbladen. Arbetsstationen bemannas vid aktivitet av en ensam operatör och stationen används enbart till tillverkning av ståldörrar.

Vid dukning, som KPAB kallar det, samlar fortsättningsvis en operatör ihop alla komponenter som ska färdiglackeras för en specifik order. Detta utgörs av grundlackerade dörrkarmskomponenter och kantvikta dörrblad. Arbetsstationen bemannas vid aktivitet vanligtvis av en ensam operatör, och arbetet sker ibland sporadiskt och utspritt över en längre tid. KPAB anser själva att dukningen dras med mycket problematik, något de säger främst orsakas av svårigheter för operatörer att lokalisera de dörrkarmskomponenter och dörrblad som tillhör en specifik order, vilket främst beror på att markeringar på dörrkarmskomponenterna har lackerats över i grundlackeringen samt att lagernivån är väldigt hög och att lagret således är svårt att överskåda.

Färdiglackering, likväl grundlackeringen, är vidare till stor del en automatiserad process. Manuella arbetsuppgifter i arbetsmomentet består av upphängning av komponenter på ett motoriserat löpande band, kulörbyten och till sist nedplockning av färdiglackerade komponenter från bandet. Arbetsstationen bemannas vid aktivitet vanligtvis av fem operatörer som sköter såväl upphängning och nedplockning som kulörbyten.

Lackeringen är en delad resurs men ståldörrar prioriteras alltid, varpå överbliven kapacitet tillägnas KPAB:s legotillverkning. Således finns här, vad gäller ståldörrar, mycket ledig kapacitet att tillgå. Här finns även en mikrolackeringsanläggning som är fränkopplad den vanliga lackeringsenheten. Mikrolackeringsanläggningen används parallellt med övrig lackering, men har endast plats för fem dörrar åt gången.

Monteringen är avslutningsvis det sista steget i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Här limmas färdiglackerade dörrblad ihop med isolering, vilket bildar själva dörren, och färdiglackerade dörrkarmskomponenter nitas ihop varpå dörren och karmen sammankopplas med gångjärn. Under limning pressas dörren samman med en limpress, en process som tar 30 minuter. Därtill installeras mindre detaljer såsom lås, gummitätningar och installationsmaterial. Avslutningsvis emballeras den kompletta dörren och transporteras till färdigvarulagret.

6.2 Arbetsstationernas styrning

Styrningen av arbetsstationerna som utgör KPAB:s produktionssystem för ståldörrar sker huvudsakligen manuellt. När 15 arbetsdagar återstår innan av kund önskat leveransdatum för

en order meddelar företagens affärssystem körplanen till produktionsansvarige, varpå denne muntligen kommunicerar ut till arbetsstationerna kantpress, kantvik, svets och lackering att påbörja tillverkning. Operatörerna på dessa arbetsstationer kan även visa körplanen via terminaler i produktionsanläggningen. Följaktligen är majoriteten av materialflödena i produktion av tryckande karaktär.

Observera att de dörrkarmskomponenter som tillverkas i detta skede inte nödvändigtvis blir de exakta komponenter som kommer monteras tillsammans med de kantvikta dörrbladen som tillverkas. Detta då dörrkarmskomponenterna efter kantpress placeras i ett lager med flera identiska komponenter, utan specifik ordertillhörighet. Det vill säga varken FIFO eller FILO (First-In-Last-Out, svenska: först in sist ut) gäller nödvändigtvis.

Fortsättningsvis karaktäriseras lackeringen av relativt stor frihet vad gäller att planera ordningen på lackering av ståldörrskomponenter. I och med arbetsstationens långa process- och ställtider ges stor frihet till att konsolidera order med samma kulör, för att undvika kulörbyte mellan varje order, samt vad gäller att besluta om i vilken ordning dörrar lackeras. Även här gäller inte nödvändigtvis FIFO eller FILO.

6.3 KPAB:s behov

KPAB:s behov formuleras utifrån den data som samlats in genom bland annat intervjuerna. I detta avsnitt kategoriseras de med avseende på typ av behov med hänsyn till Kano-modellen. *Basbehov* är behov som är underförstådda, *uttalade behov* är formulerade behov och *outtalade behov* är önskemålsliknande behov som inte formulerats. Det sistnämnda behovet ökar värdet av förbättringsplanen, men endast då resterande behov redan är uppfyllda, och bör därför ha lägst prioritet. Anledningen är att outtalade behov inte löser grundproblemet, utan endast nyanserar förbättringsplanen.

Formulerade behov beskrivs i vidare detalj i avsnitt 6.3.1, 6.3.2 och 6.3.3. Avslutningsvis sammanfattas alla i tabell 1, där behov grupperade efter kategori återfinns i första kolumnen och en sammanfattande beskrivning anges i andra kolumnen.

Tabell 1: Sammanfattande tabell över kartlagda behov för KPAB och företagets ståldörrsproduktion. Notera att behoven är grupperade enligt respektive kategori *basbehov*, *uttalade behov* samt *outtalade behov*.

Behov	Beskrivning
Basbehov	Förbättringsplanen bör möjliggöra att KPAB:s produktionskapacitetsmål kan uppnås
Variantflexibilitet	Förbättringsplanen bör inte kompromissa på KPAB:s möjlighet att producera kundspecifika dörrar
Ledtid	Förbättringsplanen bör inte kompromissa på KPAB:s nuvarande ledtid gentemot kund
Fysisk yta	Förbättringsplanen bör kunna implementeras på KPAB:s begränsade fabriksyta
Implementeringstid	Förbättringsplanen bör kunna implementeras snabbt för att uppnå KPAB:s kortsiktiga produktionskapacitetsmål
Miljö	Förbättringsplanen bör vara miljömässigt hållbart
Arbetsmiljö	Förbättringsplanen bör vara arbetsmiljömässigt hållbart
Kapitalbindning	Förbättringsplanen bör minimera kapitalbindningen för att undvika onödiga lagerhållningskostnader
Implementeringskostnad	Förbättringsplanen bör vara ekonomiskt genomförbart för KPAB
Löpande kostnad	Förbättringsplanen bör vara lönsamt i längden för KPAB
Kompetens	Förbättringsplanen bör kunna implementeras utan kostsam yttre kompetens
Uttalade	
Uttalade	

6.3.1 Basbehov

Det första basbehovet är att KPAB ska kunna öka sin produktionskapacitet. Kapacitetsökningen är en del av företagets kortsiktiga och långsiktiga mål, och förbättringsplanen bör således ta hänsyn till en utökad produktionsvolym.

Vidare har KPAB nischat sig till att kunna erbjuda sina slutkunder en stor variation på dörrar, både när det kommer till storlek och kulör. Att behålla denna nisch är något KPAB är villiga att kompromissa på och måste således tas hänsyn till.

Avslutningsvis är även KPAB:s korta ledtider viktiga konkurrensfördelar för företaget. Därav sätts även ledtiden gentemot kund till ett basbehov.

6.3.2 Uttalade behov

KPAB:s produktionsanläggnings begränsade yta innebär att förbättringsplaner som tar upp mindre fysisk yta bör prioriteras. Om förbättringsplanen tar upp för mycket plats kan det bli svårare att realisera den, varför detta behov sätts om uttalat.

Vidare, då KPAB har uttalade kortsiktiga kapacitetsmål för sin produktion, kommer det vara viktigt att hinna implementera förbättringsplanen inom rimlig tid för att kunna uppnå dessa mål.

Fortsättningsvis måste hänsyn till förbättringsplanens miljöpåverkan tas. Detta innefattar främst om förbättringsplanen minskar risken för inkurans och således svinn. Detta i enlighet med KPAB:s KMA-policy och ISO-certifieringar.

Avslutningsvis bör operatörernas arbetsbelastning, så som antalet manuella lyft, tas i beaktning, varför även arbetsmiljön används i utvärderingen av förbättringsplanerna.

6.3.3 Outtalade behov

Stora lager medför höga lagerhållningskostnader och även en hög kapitalbindning. Därför bör förbättringsförslag försöka minska kapitalbindningen, då det har positiv effekt ur ett finansiellt perspektiv.

Förbättringsplanen måste också vara genomförbar med avseende på implementeringskostnad. En alltför dyr förbättringsplan kan ge konsekvensen att förbättringsplanen aldrig verkställs.

För att få en rättvis bild över hur lönsam en förbättringsplan är måste fortsättningsvis förbättringsplanens kostnadsmässiga underhåll tas med i beräkningen.

Avslutningsvis är förbättringsplaner som kräver ny kompetens inte lika önskvärda och bör därav tas hänsyn till. Anledningen är att höga kompetenskrav kan ha en negativ inverkan på realiserbarheten eftersom höga kompetenskrav kan vara både kostsamt och svårt att hitta.

6.4 Insamlade data

I detta avsnitt presenteras de data som studiens empiriska kartläggning av KPAB:s produktionssystem resulterade i. Datainsamlingen skedde vid ett enda besök på företaget och varade i ungefär sju timmar.

6.4.1 Intervjuer

För respektive arbetsstation intervjuades en ordinarie operatör. För arbetsstationer med fasta arbetspositioner intervjuades denna operatör, och för arbetsstationer där personalen roterar intervjuades operatör som för tillfället var tillgänglig. Svaren för dessa intervjuer sammanfattas i tabell 2. Frågorna, i enlighet med intervjuguiden i bilaga A, sammanfattas radvis, och respektive arbetsstation har en egen kolumn med respektive svarsdata.

KPAB:s produktionsansvarige intervjuades därtill för att kartlägga hur produktionsstyrning sker och hur produktionssystemets materialflöden ser ut. Produktionsansvarige förklarar att KPAB:s affärssystem beräknar tillverkningsstartpunkt för respektive arbetsstation utifrån gällande orders leveransdatum, varpå detta muntligen kommuniceras till kantpressen, svetsen, kantviken respektive lackeringen. Lackeringen och dukningen i sin tur påbörjar tillverkning enligt en körplan.

KPAB:s ledningsgrupp intervjuades vidare, vilken specificerar att ledtid från leverantör för råvaran till såväl dörrkarmskomponenter som dörrblad vanligtvis är cirka två veckor, men att detta kan variera kraftigt beroende på leverantörernas beläggning. Inga formella prognoser för efterfrågan delas med leverantörer, men för vissa har avtal ställts upp för att specificera acceptabel ledtid och orderkvantitet. Billigare komponenter såsom gångjärn och låshus köps på bulk och lagerhålls enligt ledningen med väl tilltagna säkerhetslager.

Tabell 2: Sammanfattande tabell över resultatet av studiens intervjuer på KPAB. Observera att *konsolidering* här innebär att arbetsstationen inväntar en viss orderstock innan alla dessa producerar i ett svep. Färdiglackering konsolideras endast i undantagsfall för att undvika kulörbyten mellan order med samma kulör, men detta bestäms av den för tillfället ansvarige operatören.

Fråga/Station	Kantpress	Svetsning	Kantvik	Dukning	Lackering	Montering
Antal operatörer	1	1	1	1	5	4
Arbetspositioner	Fast	Rotation	Fast	Rotation	Rotation	Rotation
Processtid/dörr	15 min	12 min	9 min	4 min	120 min	90 min
Konsolidering	Ja	Ja	Ja	Nej	Delvis	Nej
Delad resurs	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej
Ställtid/dörr	4,5 min	0 min	0 min	0 min	15 min	0 min
Resursutnyttjande	30%	20%	15%	Obetydligt	12,5%	38%
Planerade stopp	30 min/vecka	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt
Oplanerade stopp	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt	Obetydligt
WIP	0	0	0	1	0	5
Tryckande/Dragande	Tryckande	Tryckande	Tryckande	Tryckande	Tryckande	Tryckande
Transport	Operatör till/från	Operatör till/från	Operatör till, dukning från	Operatör till/från	Operatör till/från	Operatör till/från

Ledningsgruppen förklarar dessutom att kundefterfrågan för nuvarande möts, och att företaget aktivt arbetar med att utöka sin försäljning. Ledningsgrupp poängterar därtill även återigen att företaget ej är villigt att kompromissa på ledtiden gentemot kund för ståldörrar, då detta är en viktig konkurrensfördel.

I och med att öppna frågor ställdes till intervjuobjekten framkom även en hel del information som ej explicit efterfrågats. Däribland det faktum att vissa dörrblad genomgår ytterligare en bearbetningsprocess, fräsning, men ledningsgruppen förtydligar att detta är ett obetydligt antal och enbart sker i sällsynta undantagsfall. Därför utgör fräsningen inte någon risk för störningar i produktionsflödet om produktionsvolymen ökar, varför detta moment inte behandlas ytterligare i denna studie.

6.4.2 Direktobservation

Lagernivåer för dörrkarmskomponenter och dörrblad, samt dess efterkommande bearbetade varianter, beräknades manuellt på plats hos KPAB. Alla lagernivåer beräknades vid samma tillfälle, i samband med intervjuerna med operatörer på arbetsstationerna, och ställs upp i tabell 3. Lagrets position i materialflödet anges i första kolumnen, typ av lagrade artiklar anges i andra kolumnen och i tredje kolumnen anges antalet dörrar komponenterna räckte till vid datainsamlingstillfället.

Observera att angett antal är hur många dörrar som kan byggas av komponenterna, vilket inte nödvändigtvis är hur många komponenter som faktiskt finns på lagret. Exempelvis behövs sex dörrkarmskomponenter för att bygga en dörr, varför det i tabellen anges 128 dörrar när det själva verket finns $128 * 6 = 768$ icke kantpressade plåtar till dörrkarmskomponenter i råvarulagret.

6.5 Värdeflödeskarta

Utifrån insamlade data skapades en värdeflödeskarta för att möjliggöra en senare värdeflödesanalys. Kartan baseras på såväl intervjusvaren som direktobservationerna. Genomsnittlig tid i lager för en viss komponent för respektive lager är det enda värde som ej kan hämtas direkt från datainsamlingen, utan måste beräknas, vilket sker med Littles lag enligt nedan:

$$\text{Genomsnittlig tid i lager} = \text{Lagernivå} * \text{Cykeltid}$$

Tabell 3: Insamlade lagernivåer för KPAB:s ståldörrskomponenter. Observera att angett antal är hur många dörrar som kan byggas av komponenterna, och inte nödvändigtvis hur många komponenter som faktiskt finns på lagret. Exempelvis behövs sex stycken dörrkarmsplåtar för att bygga en dörr.

Lager	Typ av komponenter	Antal dörrar
Råvarulager dörrkarmsplåt	Dörrkarmsplåtar	128
Råvarulager dörrbladplåt	Dörrbladplåtar	235
Lager mellan kantpress och svets	Bockade dörrkarmskomponenter	300
Lager mellan svets och dukning	Svetsade, grundlackerade och pressade dörrkarmskomponenter	110
Lager mellan kantvik och dukning	Kantvikta dörrblad	28
Lager mellan dukning och färdiglackerering	Kantvikta dörrblad samt grundlackerade dörrkarmskomponenter	2
Lager mellan färdiglackerering och montering	Färdiglackerade dörrblad och dörrkarmskomponenter	2
Färdigvarulager	Färdigmonterade och -emballerade dörrar	56

Cykeltiden erhålls genom att dividera den tillgängliga tiden per vecka med den totala efterfrågan per vecka:

$$\text{Cykeltid} = \frac{5 \text{ dagar}}{50 \text{ stycken}} = 0,1 \text{ dagar per styck}$$

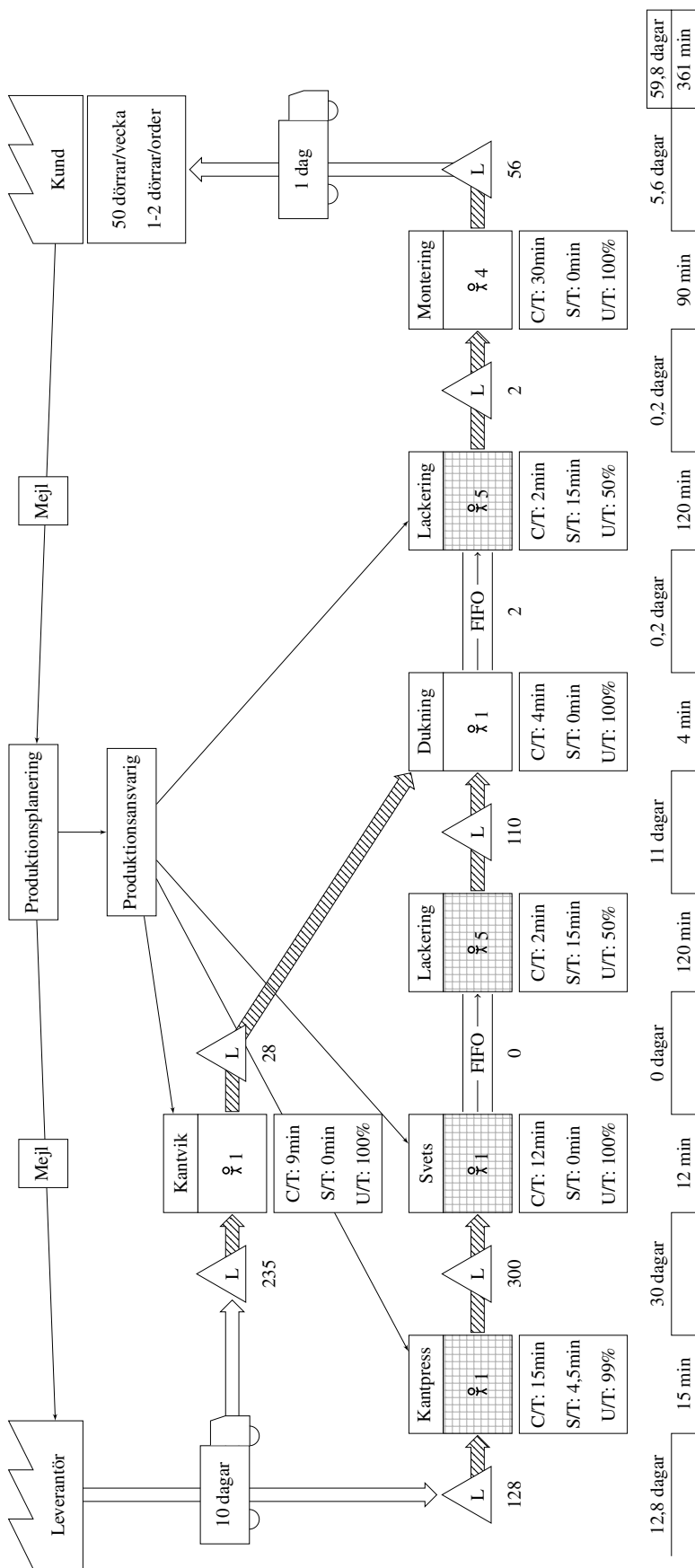
Den genomsnittliga tiden i lager, i arbetsdagar, blir därför:

$$\text{Genomsnittlig tid i lager} = \frac{\text{Lagernivå}}{10}$$

Med genomsnittlig tid i lager beräknat för respektive lager kan en värdeflödeskarta ställas upp, se figur 6. I kartan illustreras alla arbetsstationer, lager, materialflöden samt styrningsinformationsflöden. Notera att alla interna materialflöden är tryckande.

För varje arbetsstation i värdeflödeskartan anges cykeltiden (C/T), ställtiden (S/T), tillgänglighetstiden (U/T, från engelska *uptime*) samt antalet operatörer som krävs vid aktivitet (\hat{x}). Denna data är hämtad direkt från tabell 2. För respektive lager anges i sin tur den nuvarande lagerhållningen. Observera att alla dessa värden är antal dörrar, så för exempelvis lagret mellan kantpress och svets, vars komponenter räcker till 300 dörrar, finns i själva verket totalt $300 * 6 = 1800$ komponenter då varje dörr består av sex dörrkarmskomponenter. Lagernivåerna är hämtade direkt från tabell 3.

Under kartan anges den värdeskapande tiden samt genomsnittlig tid i lager för arbetsstationer respektive lager. Den värdeskapande tiden är i detta fall processtiden för respektive arbetsstation, vilket inte nödvändigtvis är detsamma som cykeltiden. Dessa värden summeras längst till höger i figuren, utifrån vilket andelen värdeskapande arbetstid kan beräknas. Den genomsnittliga tiden i lager för en ståldörr som passerar genom hela produktionssystemet är 59,8 dagar och den totala värdeskapande arbetstiden uppgår till 361 min, vilket resulterar i en andel värdeskapande arbetstid som uppgår till $361 / (59,8 * 8 * 60 + 361) = 0,012 = 1,2\%$ (förutsatt 8 arbetstimmar per dag).



Figur 6: Värdeffödeskarta över KPAB:s nuvarande ståldörrsproduktion. Andelen värdeskapande arbetstid uppgår till $361 / (59,8 * 8 * 60 + 361) = 0,012 = 1,2\%$.

7 Analys av KPAB:s nuvarande produktionssystem

I detta avsnitt analyseras KPAB:s nuvarande produktionssystem, utifrån kartläggningen av denna, för att identifiera problematik och förbättringsområden med hjälp av studiens teoretiska ramverk.

7.1 Värdeflödesanalys

Värdeflödeskartan, se figur 6, belyser flera problemområden som kommer försvåra, eller rentav förhindra, att KPAB uppnår sitt kortsiktiga produktionskapacitetsmål om 100 dörrar per vecka.

Inledningsvis finns mellanlager mellan alla arbetsstationer, förutom innan grundlackering samt färdiglackering där det är FIFO-köer, varav flera är mycket stora. Lagret mellan kantpress och svets innehåller dörrkarmskomponenter till 300 ståldörrar, men lagret med dörrblad efter kantviken innehåller bara komponenter för 28 ståldörrar. Eftersom den sammansatta lagerhållningen däremellan ändå bara räcker till 28 kompletta ståldörrar innebär detta att en stor del av lagret av dörrkarmskomponenter mellan kantpressen och svetsen är överflödigt. Detsamma gäller lagret mellan grundlackering och dukning.

Den totala genomloppstiden för en ståldörr uppgår, enligt denna studies kartläggning, till $59,8 + \frac{361}{8 \cdot 60} = 61,1$ dagar. Att genomloppstiden blir så hög kan förklaras med att en stor del av lagerhållningen mellan vissa arbetsstationer troligtvis ej utgörs av omsättningslager, utan inkuranta komponenter eller komponenter som av annan anledning ej används/omsätts. Således lagerhåller KPAB i dagsläget ett stort antal komponenter, till följaktligen hög kapitalbindning och stora kostnader, som ej kommer komma till nytta. Dessa icke omsatta artiklar skulle således kunna elimineras utan någon negativ inverkan på produktionssystemet, något som såväl skulle minska företagets kapitalbindning som underlätta att identifiera komponenterna i lagren i och med att de blir färre.

Vidare belyser värdeflödeskartan att andelen värdeskapande arbetstid för produktionssystemet av ståldörrar enbart uppgår till 1,2%, samt att den faktiska tillverkningstiden för en ståldörr enbart är 361 minuter trots att KPAB påstår att deras ledtid gentemot kund i dagsläget uppgår till 15 arbetsdagar. Således finns här rimligtvis gott om utrymme att minska ledtiden gentemot kund.

Fortsättningsvis uppgår KPAB:s taktid för nuvarande till $\frac{40 \cdot 60}{50} = 48$ minuter per dörr, men i och med deras målsättning att öka produktionsvolymen till 100 dörrar per vecka kommer taktiden minska till $\frac{40 \cdot 60}{100} = 24$ minuter per dörr (förutsatt 40 timmar per arbetsvecka). Monteringen klarar dock ej att hålla denna taktid, varför en produktionsvolym på 100 dörrar per vecka i dagsläget är omöjlig. Se figur 7. Följaktligen måste cykeltiden för denna arbetsstation minskas till 24 minuter för att företaget ska kunna uppnå sitt kortsiktiga produktionskapacitetsmål.

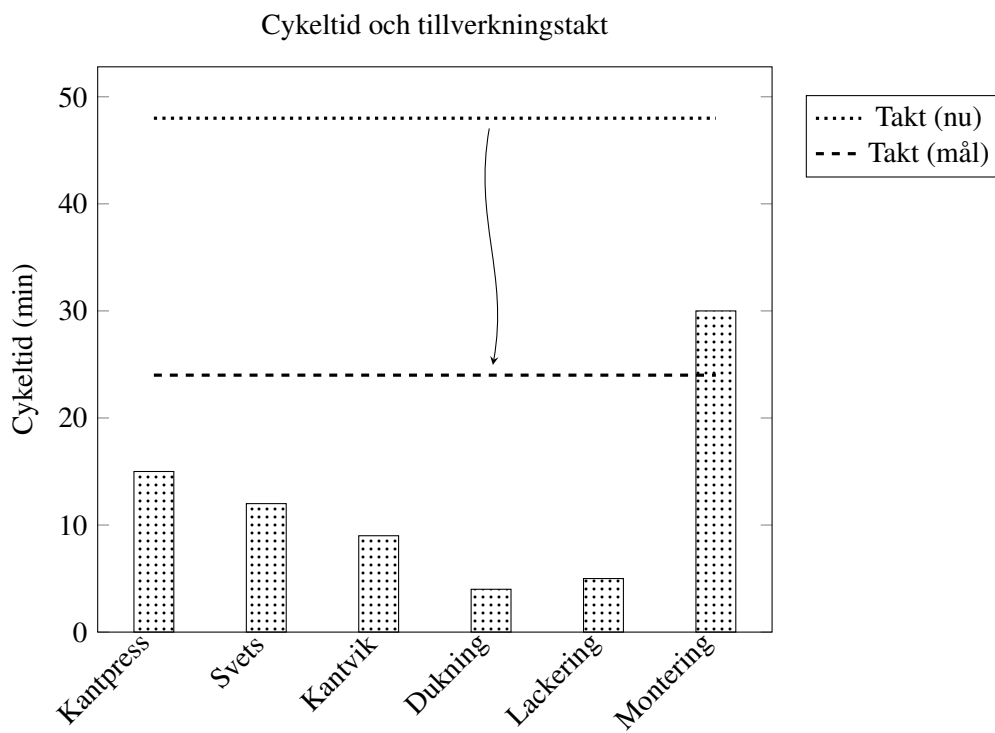
För att KPAB dessutom ska kunna uppnå sitt långsiktiga produktionskapacitetsmål om 400 dörrar per vecka kommer taktiden sänkas ytterligare, till $\frac{40 \cdot 60}{400} = 6$ minuter per dörr. Vid denna tillverkningstakt är det inte enbart monteringen som är problematisk, utan varken kantpressen, svetsen eller kantviken klarar heller av att hålla denna taktid. Se figur 8. Följaktligen måste cykeltiden för dessa arbetsstationer minskas till 6 minuter för att i framtiden kunna uppnå KPAB:s långsiktiga produktionskapacitetsmål om 400 dörrar per vecka.

7.2 Analys utifrån slöserier inom Lean

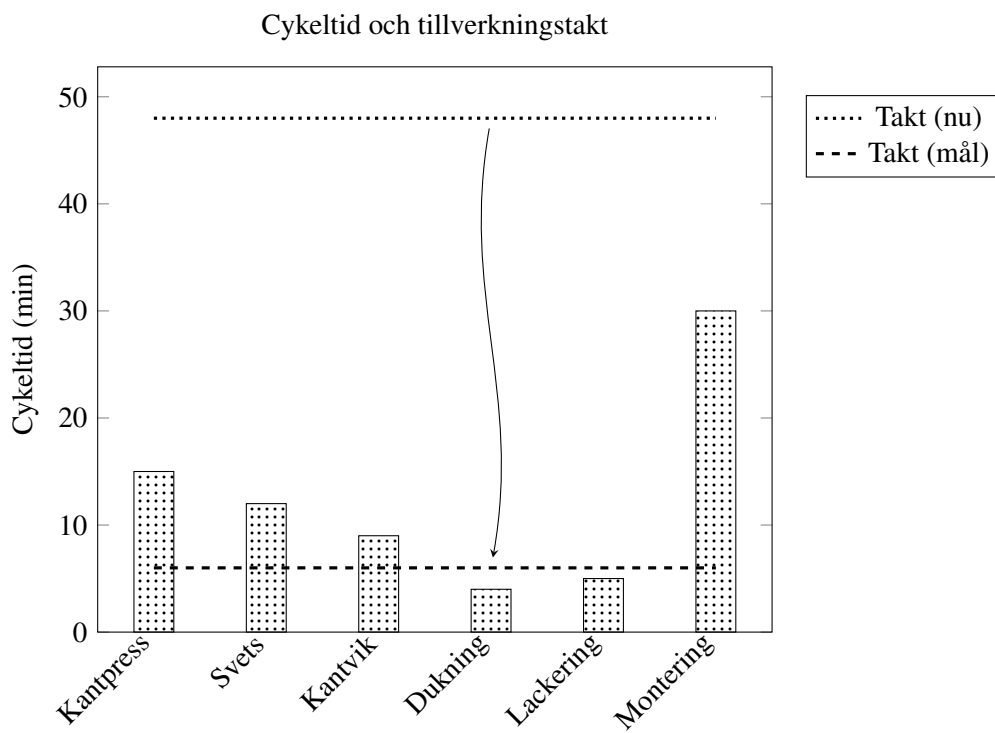
I detta avsnitt presenteras återigen de sju slöserierna inom Lean, men nu kopplat till KPAB:s produktionssystem. Slöserierna som identifierats utgör grunden för vilka förbättringsområden som finns i produktionen, och kommer agera underlag när förbättringsförslagen och förbättringsplanerna utformas i avsnitt 8.

Värdeflödesanalysen belyser inledningsvis att en stor andel av lagerhållningen i flertalet av KPAB:s mellanlager utgörs av icke-omsättningslager. En stor del av komponenterna i dessa lager är i stället inkuranta, ett resultat av överproduktion av gamla ståldörrsmodeller. I enlighet med det teoretiska ramverket har detta dessutom medfört andra slöserier, vilket i KPAB:s fall främst innebär letande, en onödig rörelse enligt Lean, då mellanlagren är överdrivet stora och det således är svårt att lokalisera komponenter i dem.

I kontrast till överproduktion är väntan inte lika allmänt förekommande, men det förekommer likväl, i KPAB:s nuvarande produktionssystem. Detta uppstår främst i monteringen, där dörrar ofta tvingas vänta på den tidskrävande limpressen. Väntan uppstår även vid lackeringen, där komponenter ställs i kö i väntan på att en operatör ska hänga upp dem på det motoriserade bandet.



Figur 7: Cykeltidsdiagram för de arbetsstationer som utgör KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Förutsatt att en arbetsvecka är 40 timmar kommer en ökning i produktionsvolym från 50 dörrar till 100 per vecka att innebära en minskning i takttid från 48 minuter till 24 minuter. Notera att monteringen ej klarar att hålla denna takt.



Figur 8: Cykeltidsdiagram för de arbetsstationer som utgör KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Förutsatt att en arbetsvecka är 40 timmar kommer en ökning i produktionsvolym från 50 dörrar till 400 per vecka att innebära en minskning i tillverkningstakt från 48 minuter till 6 minuter. Notera att kantpressen, svetsen, kantviken samt monteringen ej klarar att hålla denna takt.

Även onödiga transporter förekommer i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Detta utgörs främst av dörrbladens och dörrkarmkomponenternas transport från lagret vid kantviken till dukningen, och sedan vidare till lackeringen. Erinra figur 5. Att transportera komponenter till dukningen för att sedan förflytta dessa vidare till lackeringen kan ses som onödiga transporter. Genom att eliminera arbetsstationen dukning och låta dukningen ske i direkt anslutning till någon eller några av de övriga stationerna kan man minska antalet transporter.

I likhet med onödiga transporter orsakar även dukningen överarbete. Mer specifikt utgör momentet dukning överarbete. Komponenterna som sammanstrålar vid dukning för att konsolidera komponenterna till en viss order befinner sig redan på samma plats på lagret vid kantviken, varför en separat dukning ej borde vara nödvändig. I praktiken hade dukningsmomentet kunnat liknas vid vanlig plockning ur lager. Om strukturen är tydlig i lagret, och operatören direkt vet vilka komponenter som ska plockas, hade momentet gått att eliminera.

Därtill skulle grundlackeringen av dörrkarmskomponenterna kunna ses som onödigt arbete. Dörrbladen behöver ej grundlackeras i och med att dessa tillverkas av ytbehandlad plåt, men plåt till dörrkarmskomponenterna köps in utan ytbehandling. Genom att även använda ytbehandlad plåt även till dörrkarmskomponenterna skulle momentet grundlackering kunna elimineras, vilket skulle reducera komponenternas genomloppstid drastiskt. Dessutom skulle detta eliminera transporter mellan svetsen och lackeringen samt mellan lackeringen och lagret vid kantviken. Dessa transporter skulle i stället ersättas med en enda transport mellan svetsen och lagret vid kantviken.

Överflödigt lagerhållning återfinns vidare på flera ställen i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar. Lagret mellan kantpress och svets innehåller komponenter för 300 dörrar, men lagret för kantvikta dörrblad innehåller bara komponenter för 28 dörrar. Eftersom den sammansatta lagerhållningen däremellan bara räcker till 28 kompletta dörrar innebär detta att lagret mellan kantpressen och svetsen innehåller komponenter till $300 - 28 = 272$ ståldörrar som ändå inte kan tillverkas omedelbart. Erinra figur 6. Detsamma gäller lagret efter grundlackering, där komponenter för 110 ståldörrar finns lagrade.

Att denna överflödiga lagerhållning orsakar inkurans och högre lagerhanteringskostnader är redan fastställt i värdeflödesanalysen. Där observerades att en stor del av lagerhållningen i

mellanlagren troligen ej utgörs av omsättningslager, utan av komponenter som ej kommer till användning.

Avslutningsvis, i kontrast till överflödigt lagerhållning, är varken onödiga rörelser eller defekta produkter särskilt vanligt förekommande KPAB:s nuvarande produktionssystem. Erfaren personal och relativt låga produktionsvolym, vilket inte resulterar i någon större stress, gör att majoriteten av all produktion sker utan onödiga rörelser och utan vanliga defekter och problem i nuläget.

7.3 Analys av KPAB:s behov

KPAB:s behov är av olika betydelse och måste således viktas. Viktningen görs utifrån Kano-modellen för att differentiera behovens påverkan på sållningsprocessen. Basbehoven bör ha störst påverkan på urvalet då de är mest kritiska, eftersom realiserbarheten för förbättringsplanen sjunker markant om basbehoven inte är tillfredsställda. KPAB:s uttalade behov måste dessutom tillfredsställas för att besvara studiens frågeställning.

Behoven svarar på hur bra en förbättringsplan löser problematiken i produktionen. Uttalade behov bör påverka sållningsprocessen minst då dessa inte är lika viktiga för KPAB och dess kunder. Anledningen är att uttalade behov endast höjer värdet på förbättringsplanen, men inte sänker värdet om behovet inte är tillfredsställt. Därför fick basbehoven vikt 3, uttalade behov vikt 2 och outtalade behov vikt 1.

8 Framtagning av förbättringsplaner

Formuleringen av förbättringsförslag utgår från studiens frågeställningar och grundar sig i resultatet av brainstorming som genomförts. Som grund för brainstormingen låg det teoretiska ramverket tillsammans med värdeflödesanalysen och kartläggningen av produktionssystemet. I detta avsnitt sammanställs förbättringsförslagen som utgör resultatet av brainstormingen strukturerat och sorterade efter respektive frågeställning, varpå tre konkreta och genomförbara förbättringsplaner formuleras för KPAB bestående av en kombination av framtagna förbättringsförslag. Erinna figur 3 för en visualisering av denna arbetsmetodik. Förbättringsplanerna jämförs sedan mot varandra varefter den bästa av dessa väljs ut i avsnitt 9.

8.1 Möjliga förbättringar i KPAB:s produktionssystem för ståldörrar

De identifierade förbättringsförslagen presenteras nedan kategoriserade efter berörd frågeställning.

8.1.1 Jämnare produktionsflöde

Gällande utjämning av produktionsflödet har några potentiella förbättringsförslag identifierats. Ett sätt att gå till väga är att kombinera arbetsstationer med varandra vilket resulterar i att ett kontinuerligt produktionsflöde skapas mellan dem. I KPAB:s produktionssystem har en kombinationsmöjlighet identifierats, nämligen kombination av arbetsstationerna kantvik och dukning. Genom att kombinera arbetsstationerna försvinner lagret mellan dessa och eftersom dukning tidigare varit den arbetsstation med lägst cykeltid resulterar den nya kombinationen i en cykeltid närmare takttiden.

Ett annat sätt att balansera produktionsflödet är att tillsätta ytterligare resurser där cykeltiden är högre än den taktid som en högre produktionsvolym hade inneburit. Limpressen i monteringen, som i dagsläget har en alltför hög cykeltid på 30 minuter för att kunna tillverka 100 dörrar per vecka, behöver kompletteras med en eller fler limpressar, alternativt att limmet byts ut eller att processen på annat sätt effektiviseras för att uppnå en lägre cykeltid. Det skulle även gå att tillsätta extra kantvikar, kantpressar eller lackeringslinor. I vissa arbetsstationer går det även att tillsätta fler personalmässiga resurser för att minska cykeltiden. Exempelvis svets, där fler svetsare skulle kunna arbeta parallellt för att minska cykeltiden.

8.1.2 Dragande produktionssystem

För att implementera ett dragande system i produktionssystemet är informationsflödet en fundamental aspekt. I ett dragande system startas tillverkningen på uppdrag av en intern kund i systemet. Således är en viktig del att förändra informationsflödet i produktionssystemet, något som kan göras på flera olika sätt. Ett sätt är att implementera en supermarket mellan två arbetsstationer, vilket skulle kunna användas på flera olika ställen i KPAB:s produktionssystem. Exempel är: mellan kantpress och svets; mellan svets och grundlackering; samt mellan grundlackering och färdiglackering. Dessa tre identifierades som mest aktuella, eftersom komponenterna på dessa platser i produktionen är mer standardiserade än senare i produktionsflödet.

När en supermarket implementeras tillverkas komponenter mot detta lager oberoende av vilken order varje specifik komponent kommer tillhöra i slutändan, vilket görs med hjälp av ett Kanban-system. Att komponenter inte är orderspecifika leder till svårigheter vid implementering av en supermarket om många varianter finns, då detta kräver ett större lager. Således bör så många differentierande faktorer som möjligt senareläggas så att komponenterna i supermarket tillåts vara så standardiserade som möjligt. Eftersom lackeringen modifierar produkten på ett sätt som differentierar produkter, i och med att det finns ett stort antal kulörer, är det mest lämpligt att förskjutning av orderpunkten i så fall sker fram till denna arbetsstation, något som dock riskerar att inskränka på företagets variantflexibilitet.

Ett annat sätt att implementera ett Kanban-system är att låta en lastbärare signalera produktionsstart. I KPAB:s produktion idag används vagnar efter dukning för att säkerställa att komponenterna till en dörr befinner sig på samma plats. Vagnarna skulle kunna användas som kombinerad transportbehållare och Kanban-signal, och på så sätt signalera tillverkningsstart. Om Kanban-principen används över fler arbetsstationer än två kan FIFO-köer användas mellan arbetsstationerna som alternativ till ett kontinuerligt produktionsflöde.

Ett ytterligare sätt att uppnå ett jämnare produktionsflöde är genom att implementera ett dragande system ända fram till monteringen. Ett sätt att implementera ett dragande system till monteringen är genom att använda ett Kanban-system, vilket medför en maxgräns för tillåten PIA. Gränsen kan åstadkommas och upprätthållas genom att exempelvis ha ett specifikt antal vagnar som cirkulerar genom hela tillverkningen, där vagnarna även fungerar som Kanban-

signal. Endast när vagnen tömts vid monteringen och flyttats tillbaka i produktionskedjan kan tillverkningen av en ny order påbörjas.

8.1.3 Minskad genomloppstid & PIA

Som nämnts i avsnitt 8.1.2 leder implementering av Kanban till en begränsning i PIA i produktionssystemet. I stället för att begränsa antalet vagnar skulle man även kunna använda ett begränsat antal skyltar, lappar eller ställningar som flyttas mellan vagnarna, vilket skulle ge samma effekt.

Färre lager skulle vidare innebära att komponenter inte kommer lagerhållas vid lika många tillfällen under tillverkningen och således gå vidare till ett senare moment i produktionssystemet snabbare. Detta resulterar i sin tur i att genomloppstiden kommer att minska. Det går även att se detta samband, det vill säga att PIA minskar ifall genomloppstiden minskar när cykeltiden är konstant, i Littles lag:

$$\text{Genomloppstid} = \text{Cykeltid} * \text{PIA}$$

8.1.4 Uppskalning på ett hållbart sätt

Det är oerhört viktigt att uppskalningen av KPAB:s produktionskapacitet inte sker på bekostnad av de krav som företaget ställer på hållbarhet- och kvalitetsaspekter. En högre produktionsvolym kan försämra arbetsmiljön ifall stressnivån höjs. För att undvika en hög stressnivå är det viktigt att skala upp personalmässiga samt maskinella resurser i takt med produktionsvolymen för att behålla rimlig resursutnyttjandegrad. Detta är även viktigt för att kunna säkerställa kvalitet i ståldörrarna som tillverkas. Således är det av stor vikt att uppskalningen sker i enlighet med företagets KMA-policy, ISO-certifiering samt god sed vad gäller ekonomisk, miljömässig och social hållbarhet.

8.2 Förbättringsplaner

Utifrån identifierade möjliga förbättringsförslag i avsnitt 8.1 formuleras tre konkreta förbättringsplaner som alla är lämpliga kombinationer av ett antal möjliga förbättringsförslag. Erinra figur 3 för en visualisering av denna arbetsmetodik.

8.2.1 Förbättringsplan I

Ett dragande system implementeras i denna förbättringsplan genom att införa en supermarket efter grundlackeringen samt efter kantpressen och ett Kanban-system mellan montering och kantvik. Mellan resterande stationer används FIFO-köer för att frigöra stationerna från varandra och för att kunna absorbera variationer i tillverkningstakt. Eftersom FIFO-köer är begränsade i storlek kommer dessa även begränsa PIA i systemet. En supermarket efter kantpressen läggs till för att ställtiden mellan varje dörrkarmskomponent i kantpressen är hög. Kantpressen kommer tillverka i batcher för att undvika denna ställtid och därav är ett bra sätt att lagra dessa komponenter en supermarket. En supermarket används efter grundlackeringen eftersom dörrkarmskomponenterna efter denna punkt blir bundna till en specifik order.

Kantviksstationen har i denna förbättringsplan slagits samman med dukningen och operatören på arbetsstationen plockar grundlackerade dörrkarmskomponenter från en supermarket samt viker dörrbladen för att sedan lägga dem på en och samma vagn. När de grundlackerade komponenterna i supermarketen tar slut skickas en signal till svets genom Kanban. Svets plockar dörrkarmskomponenter från en supermarket efter kantpress och på liknande sätt skickas en signal till kantpress när dörrkarmskomponenterna tar slut. När dörrkarmskomponenterna har svetsats skickas de vidare för att grundlackeras och när kön till grundlackeringen nått en viss mängd töms kön. Anledningen till att vänta tills kön nått en viss mängd är för att minska antalet kulörbyten i lackeringen.

Eftersom monteringen har högst cykeltid och är den sista stationen i flödet sätts den till takthållare. Vagnarna som transporterar alla delar som ingår i en färdig dörr lastas av vid monteringen, varpå de tomma vagnarna skickas till kantviken vilket signalerar till kantviken att tillverkningen av en ny order kan påbörjas. Det vill säga att vagnarna fungerar som Kanban-signal. Det begränsade antalet vagnar kommer därtill begränsa PIA eftersom det då aldrig kan finnas fler dörrar i produktionssystemet än antalet vagnar. Kantviken påbörjar tillverkningen av en ny order enligt ett körschema, och efter kantviken är vagnarna lastade med både färdigvikta dörrblad samt alla dörrkarmskomponenter för den specifika ordern i och med att dukningen har slagits samman med denna arbetsstation. Vagnarna skickas därefter till en FIFO-kö vid färdiglackeringen och när dörrkomponenterna är färdiglackerade skickas de sedan på samma vagn till monteringen.

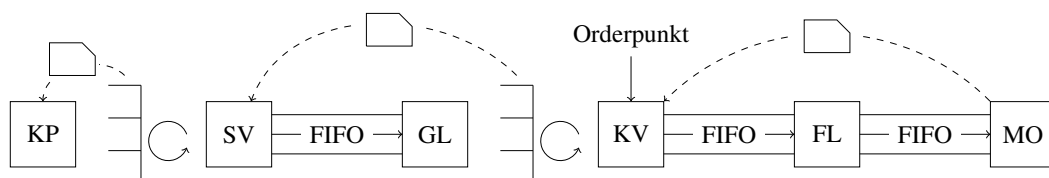
Som visats i analysen kommer produktionskapacitetsmålet på 100 dörrar i veckan inte vara möjligt att uppnå om inte cykeltiden i monteringen minskar, erinra figur 7. I denna förbättringsplan uppnås produktionskapacitetsmålet genom att införskaffa ytterligare en limpress i monteringen vilket halverar cykeltiden för arbetsstationen. Ett alternativ till att införskaffa ytterligare en limpress är att genomföra någon form av processförbättring som minskar cykeltiden i limpressen.

Förbättringsplan skulle visserligen leda till lägre kapitalbindning jämfört med dagens system på grund av färre lager, men färre lager kan dock öka riskerna som skulle uppstå vid produktionsstopp. Med montering som takthållare kommer dock produktionsflödet bli jämnare och PIA begränsat. Vidare innebär förbättringsplanen betydande förändringar jämfört med det nuvarande produktionssystemet vilket skulle innebära en viss upplärningskurva för operatörerna i produktionssystemet.

Avslutningsvis illustreras ovan förbättringsplan i figur 9. Här placeras supermarketets efter såväl kantpressen som grundlackeringen, och resterande interna materialflöden ersätts med FIFO-köer, jämför figur 6. Orderpunkten ligger i arbetsstationen kantvik, som här också har kombinerats med arbetsstationen dukning. Efter kantviken används ett Kanban-system, där vagnarna fungerar som Kanban-signal, vilket tillåter monteringen att agera takthållare för produktionssystemet i och med att tillverkning inte kan påbörjas förrän monteringen frigjort en vagn.

8.2.2 Förbättringsplan II

Förbättringsplan II är till stor del utformat som förbättringsplan I, se avsnitt 8.2.1, men med en viktig skillnad. Precis som förbättringsplan I innebär denna förbättringsplan ett



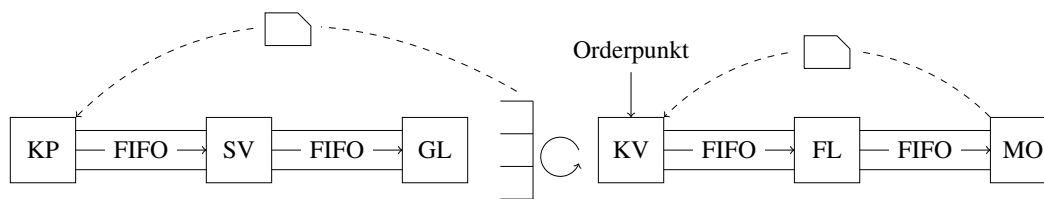
Figur 9: Illustration över materialflödena enligt förbättringsplan I. Observera att *KP* här står för kantpress, *SV* för svets, *GL* för grundlack, *KV* för kantvik kombinerat med dukning, *FL* för färdiglack och *MO* avslutningsvis för montering. Kanban-systemet mellan monteringen och kantvik utgörs av vagnarna som fungerar som Kanban-signaler.

dragande system med monteringen som takthållare. Skillnaden ligger mellan kantpressen och svetsen där det i stället för en supermarket är en FIFO-kö. Tanken är att en signal går från supermarket till kantpressen när ett visst antal komponenter har plockats, vilket initierar tillverkning hos kantpressen som sedan ställer artiklarna i FIFO-kön till svetsen. Att ha en FIFO-kö i stället för supermarket resulterar i att färre varianter behöver lagerhållas vid denna punkt, vilket kan vara fördelaktigt sett till PIA, men negativt sett till ledtid eftersom färdiga produkter inte finns lagerhållna lika långt fram i flödet.

För att KPAB ska kunna nå produktionskapacitetsmålet på 100 dörrar i veckan måste cykeltiden i monteringen minska, erinra figur 7. I denna förbättringsplan uppnås produktionskapacitetsmålet, likt förbättringsplan I, genom att införskaffa en till limpress i monteringen som gör att cykeltiden för arbetsstationen halveras. Ett alternativ till att införskaffa ytterligare en limpress är att genomföra någon form av processförbättring som minskar cykeltiden i limpressen.

Att implementera denna förbättringsplan hade för KPAB inneburit en hel del fördelar. Företaget hade uppnått lägre kapitalbindning då det finns färre lager, något som även leder till ett mer direkt produktionsflöde som kortar ner genomloppstiden. Därtill blir produktionssystemet enklare att styra i och med att det finns färre informationsflöden. Nackdelar med denna förbättringsplan är att det är en stor förändring gentemot systemet idag vilket gör att det tar ett tag innan operatörerna har vant sig vid att arbeta på detta sätt. En nackdel som följer av att det är färre lager är att systemet blir mer känsligt för produktionsstopp än vad det är i dagsläget.

Avslutningsvis illustreras ovan förbättringsplan i figur 10. Här placeras en supermarket enbart efter grundlackeringen, och resterande interna materialflöden ersätts med FIFO-köer, jämför figur 6. Orderpunkten ligger likt förbättringsplan I i arbetsstationen kantvik, som även här har kombinerats med arbetsstationen dukning. Efter kantviken används ett Kanban-system, där vagnarna fungerar som Kanban-signal, vilket tillåter monteringen att agera takthållare för produktionssystemet då, likt förbättringsplan I, tillverkning inte kan påbörjas förrän monteringen frigjort en vagn.



Figur 10: Illustration över materialflödena enligt förbättringsplan II. Observera att *KP* här står för kantpress, *SV* för svets, *GL* för grundlack, *KV* för kantvik kombinerat med dukning, *FL* för färdiglack och *MO* avslutningsvis för montering. Notera avsaknaden av en supermarket mellan kantpress och svets, jämför figur 9. Kanban-systemet mellan monteringen och kantvik utgörs av vagnarna som fungerar som Kanban-signal.

8.2.3 Förbättringsplan III

Den tredje och sista förbättringsplanen har två förändringar jämfört med förbättringsplan I, se avsnitt 8.2.1. Den första är att supermarket mellan grundlackering och kantvik har ersatts med en FIFO-kö, och den andra och största förändringen är att ett Kanban-system nu går hela vägen mellan montering och svets, där det bara är FIFO-köer emellan. Det vill säga att när montering har tagit av en dörr från en vagn, som även i denna plan fungerar som Kanban-signal, så skickas vagnen tillbaka till svets vilket signalerar tillverkningsstart av en ny order. Att flödet ser ut på detta sätt nu innebär också att orderpunkten har flyttats till svetsen vilket är tidigare än i förbättringsplan I och II.

Det kommer finnas ett begränsat antal vagnar för att begränsa PIA och leda till ett jämnare produktionsflöde. För att ytterligare minska risken för ett ojämnt produktionsflöde implementeras en supermarket mellan kantpress och svets, likt i förbättringsplan I. Anledningen är att kantpressen har en relativt hög ställtid, varför supermarket är fördelaktig då det möjliggör för kantpressen att tillverka batchvis för att minska antalet omställningar.

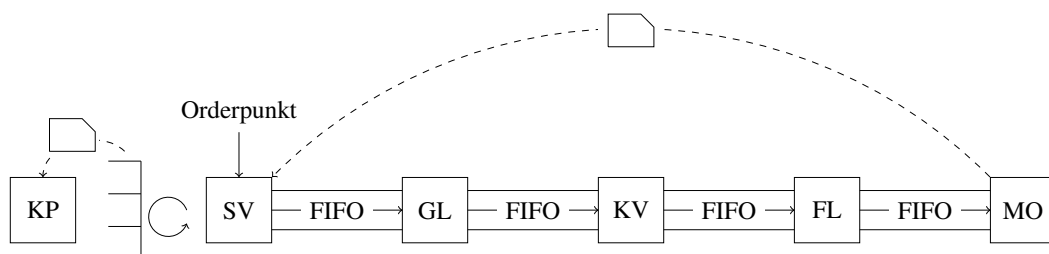
Mellan resterande arbetsstationer implementeras FIFO-köer. FIFO-köerna prioriteras här för att del hålla ett jämnt produktionsflöde, del för att hålla nere lagerhållningskostnaden och följaktligen kapitalbindningen. I förbättringsplanen ligger orderpunkten i svetsen, i kontrast till förbättringsplan I och II där den ligger i kantviken. Antal arbetsstationer som dörrkomponenterna behöver passera efter orderpunkten blir därmed fler jämfört med de andra två förbättringsplanerna vilket resulterar i att ledtiden blir längre. Däremot är det färre

lager i denna förbättringsplan än förbättringsplan I vilket gör produktionsflödet mer direkt varför kommer genomloppstiden i kontrast till ledtiden blir kortare.

Även i denna förbättringsplan kommer målet om 100 dörrar i veckan inte kunna uppnås om inte cykeltiden i monteringen minskar eller takttiden ökar, erinra figur 7. Således uppnås produktionskapacitetsmålet på 100 dörrar i veckan även här genom att införskaffa ytterligare en limpress i monteringen vilket halverar cykeltiden för arbetsstationen, såsom i förbättringsplan I och II. Som nämnt i avsnitt 8.2.1 skulle ett alternativ till att införskaffa ytterligare en limpress vara att genomföra någon form av processförbättring som minskar cykeltiden i limpressen.

Vidare kan det potentiellt uppstå höga ställtider om lackeringen blir tvungen att utföra kulörbyten alltför ofta. Således ska arbetsstationen i denna förbättringsplan endast börja lackera när ett lämpligt antal order väntar i FIFO-kön.

Avslutningsvis illustreras ovan förbättringsplan i figur 11. Här placeras en supermarket enbart efter kantpressen, och resterande interna flöden ersätts med FIFO-köer, jämför figur 6. Orderpunkten ligger i arbetsstationen svets, vilket är betydligt tidigare än i förbättringsplan I och II. Vidare har arbetsstationen kantvik även här kombinerats med dukning, men Kanban-systemet i denna förbättringsplan börjar redan i svetsen och löper till monteringen. Vagnarna fungerar dock även här Kanban-signal, vilket återigen tillåter monteringen att agera takthållare för produktionssystemet då, likt förbättringsplan I, tillverkning inte kan påbörjas förrän monteringen frigjort en vagn.



Figur 11: Illustration över materialflödena enligt förbättringsplan III. Observera att *KP* här står för kantpress, *SV* för svets, *GL* för grundlack, *KV* för kantvik kombinerat med dukning, *FL* för färdiglack och *MO* för montering. Kanban-systemet mellan monteringen och svets utgörs av vagnarna som fungerar som Kanban-signal.

9 Urval av förbättringsplaner

I detta avsnitt jämförs förbättringsplan I, II och III mot KPAB:s nuvarande produktionssystem för att urskilja vilket alternativ som KPAB bör implementera för att uppnå sina produktionskapacitetsmål på ett sätt som på ett så bra sätt som möjligt uppfyller företagets behov.

För att avgöra vilken av förbättringsplanerna I, II och III som är bäst för KPAB används Pugh-matriser. Jämförelsen genomförs iterativt: först jämförs alla tre förbättringsplaner med nuvarande produktionssystem; därefter jämförs de mot varandra varpå de två bästa av dessa koras; och avslutningsvis jämförs dessa två mot varandra för att kora den bästa förbättringsplanen för KPAB med avseende på alla företagets behov.

För den förbättringsplan som i jämförelsen visar sig vara bäst för KPAB med avseende på företagets behov dimensionernas sedan, i avsnitt 10, antal Kanban-kort till lämpliga nivåer för att företaget ska kunna uppnå sitt produktionskapacitetsmål, samt uppskattas det föreslagna produktionssystemets genomloppstid och ökningen i andelen värdeadderande tid jämfört med nuvarande produktionssystem.

9.1 Första jämförelse

I den första Pugh-matrisen utvärderas förbättringsplanerna genom att jämföras med KPAB:s nuvarande produktionssystem. För det första behovet, kapacitet, är alla förbättringsplaner bättre än nuvarande produktionssystem eftersom lagerhållningen och genomloppstiden kommer minska, vilket leder till att fler ståndörrar kan tillverkas utan att PIA blir ohanterligt stort. Gällande variantflexibilitet presterar förbättringsplan I och II lika med nuvarande produktionssystem, men förbättringsplan III presterar bättre på grund av att orderpunkten ligger tidigare i flödet, vilket leder till att standardiseringen på lagerhållningen inte behöver vara lika hög. Samtliga förbättringsplaner åstadkommer en kortare ledtid tack vare drastiskt minskad lagerhållning i mellanlager. Vidare minskar behovet av fysisk yta med samtliga förbättringsplaner, tack vare minskningen av PIA.

Implementeringstiden är för samtliga förbättringsplaner sämre än nuvarande produktionssystem i och med att det inte hade krävts något direkt implementeringsarbete för att fortsätta med nuvarande produktionssystem. Miljöpåverkan för de olika förbättringsplanerna är därtill

bättre än nuvarande produktionssystem eftersom de minskar slöserier i produktionen, och även ser till att mindre material behöver lagerhållas, då stor lagerhållning kan orsaka inkurans. Detsamma gäller arbetsmiljön, vilken förbättras när produktionsflödet blir tydligare och mindre arbetstid behöver läggas på dukning av order eller letande efter borttappade komponenter.

Kapitalbindning minskar vidare i samtliga förbättringsplaner till följd av minskad lagerhållning och PIA. Implementeringskostnaden är, på samma grunder som för implementeringstiden, negativ för alla förbättringsplaner. Löpande kostnader blir i kontrast till detta bättre i samtliga förbättringsplaner eftersom lagerhållningskostnader, inkurans, och slöserier i produktionen minskar när lagernivåer reduceras och flödet förbättras. Slutligen råder ingen större skillnad gällande nödvändig kompetens hos operatörerna då arbetsuppgifterna i sig kommer vara oförändrade.

Förbättringsplanerna presterade sammanfattningsvis bättre eller likadant som nuvarande produktionssystem förutom i kriterierna för implementeringstid och implementeringskostnad. Som konsekvens av den relativt tidiga orderpunkten presterar dock förbättringsplanen III bättre i variantflexibilitet än övriga förbättringsplaner. Resultatet blir därför att förbättringsplan III får flest poäng, följt av en delad andraplats för förbättringsplanen I och II.

Denna jämförelse sammanfattas i tabell 4. Vid summering blir alla förbättringsplaner bättre än nuvarande produktionssystem samt noteras att förbättringsplan III är marginellt bäst för KPAB med avseende på företagets behov. I och med att alla förbättringsplaner är bättre än nuvarande produktionssystem jämförs alla ytterligare i nästa jämförelse, se avsnitt 9.2.

9.2 Andra jämförelse

I denna andra jämförelse av förbättringsplanerna sätts den förbättringsplan med lägst viktad summa i den första jämförelse, se 9.1 till referens. I och med att förbättringsplan I och II både hade samma summa satts förbättringsplan I godtyckligt till referens.

Förbättringsplan I är bättre än både II och III gällande kapacitet eftersom de två supermarkets som förbättringsplan I innefattar ger viss lagerhållning vilket minskar känsligheten för störningar i produktionssystemet. Lagerhållning i supermarket bör dock vara minimal och skillnaden mellan förbättringsplanerna är därför ytterst liten. Däremot är både förbättringsplan II och III bättre än I gällande implementeringstid, kapitalbindning, implementeringskostnad

Tabell 4: Pugh-matris för jämförelse av nuvarande produktionssystem respektive vardera förbättringsplan. Förbättringsplan III har högst viktad summa, 14, och förbättringsplan I och II har båda en viktad summa på 11. Notera att alla förbättringsplaner är drastiskt bättre än nuvarande produktionssystem som, i och med att det utgör referensen i denna Pugh-matris, får den viktade summan 0.

		Alternativ					
		Kriterium	Viktning	Nuvarande	I	II	III
Basbehov	Kapacitet		3	0	+	+	+
	Variantflexibilitet		3	0	0	0	+
	Ledtid		3	0	+	+	+
Uttalade	Fysisk yta		2	0	+	+	+
	Implementeringstid		2	0	-	-	-
	Miljö		2	0	+	+	+
	Arbetsmiljö		2	0	+	+	+
Outtalade	Kapitalbindning		1	0	+	+	+
	Implementeringskostnad		1	0	-	-	-
	Löpande kostnad		1	0	+	+	+
	Kompetens		1	0	0	0	0
Viktad summa				0	11	11	14
Rangordning				3	2	2	1
Vidareutveckling				Nej	Ja	Ja	Ja

och löpande kostnad, vilket beror på det lägre antalet supermarket som förbättringsplan II och III innefattar. Detta till följd av att FIFO-köer ger möjlighet till lägre kapitalbindning än supermarketens när många produktvarianter finns, samt att det är enklare rent administrativt att implementera ett FIFO-flöde än en supermarket.

När kriteriet för fysisk yta jämfördes för förbättringsplan II och III mot I var de lika bra. Variantflexibiliteten påverkas dock negativt av supermarketens längre fram i produktionen eftersom det kräver att fler varianter av komponenterna lagerhålls. Därför har förbättringsplan III bäst variantflexibilitet medan förbättringsplan I och II är ungefär likvärdiga. På samma sätt kan ledtid till kund tänkas vara kortare när komponenter lagerhålls i supermarketens längre fram i flödet, varför förbättringsplan III troligtvis resulterar i något längre ledtid än övriga två förbättringsplaner.

Vad gäller miljö är vidare förbättringsplanerna lika bra då det inte finns något utmärkande som gör någon förbättringsplan uppenbart bättre än någon annan. Arbetsmiljön i förbättringsplanerna är likaledes likvärdiga då den till stor del beror på utformningen av materialhanteringen vilket inte har bestämts.

Denna jämförelse sammanfattas i tabell 5. Vid summering blir förbättringsplan II och III bättre än förbättringsplan I för KPAB med avseende på företagets behov, varför dessa förbättringsplaner jämförs ytterligare, se avsnitt 9.3.

9.3 Tredje jämförelse

I den tredje Pugh-matrisen jämförs förbättringsplan II och III, som hittills är de bästa förbättringsplanerna för KPAB i enlighet med jämförelserna i avsnitt 9.1 och 9.2, mot varandra där förbättringsplan II godtyckligt sätts som referens. Förbättringsplanerna är lika bra sett till behoven kapacitet, fysisk yta, implementeringstid, arbetsmiljö, miljö, implementeringskostnad, samt löpande kostnad. Eftersom förbättringsplanerna främst skiljer sig åt gällande var i produktionsflödet supermarket är placerad kommer dessa parametrar inte skilja sig på ett betydande sätt.

För behovet ledtid är däremot förbättringsplan II bäst. Eftersom orderpunkten ligger längre fram i produktionsflödet i förbättringsplan II kommer ledtiden bli kortare än i förbättringsplan III. Förbättringsplan III är i kontrast till detta bäst utifrån behoven variantflexibilitet och kapitalbindning. Variantflexibiliteten är högre i förbättringsplan II eftersom orderpunkten

Tabell 5: Pugh-matris för jämförelse av respektive förbättringsplan mot varandra, med förbättringsplan I som referens. Förbättringsplan II och III har högst viktad summa, 2.

		Alternativ				
		Kriterium	Viktning	I	II	III
Basbehov	Kapacitet	3	0	-	-	
	Variantflexibilitet	3	0	0	+	
	Ledtid	3	0	0	-	
Uttalade	Fysisk yta	2	0	0	0	
	Implementeringstid	2	0	+	+	
	Miljö	2	0	0	0	
	Arbetsmiljö	2	0	0	0	
Outtalade	Kapitalbindning	1	0	+	+	
	Implementeringskostnad	1	0	+	+	
	Löpande kostnad	1	0	+	+	
	Kompetens	1	0	0	0	
Viktad summa			0	2	2	
Rangordning			2	1	1	
Vidareutveckling			Nej	Ja	Ja	

ligger tidigare i flödet. Kapitalbindningen blir lägre eftersom de komponenter som lagerhålls har en lägre förädlingsgrad än i förbättringsplan III. Även här råder det ingen skillnad mellan de olika förbättringsplanerna gällande nödvändig kompetens.

Denna jämförelse sammanfattas i tabell 6. Vid summering blir förbättringsplan III den bästa för KPAB med avseende på företagets behov.

9.4 Alternativa förbättringsförslag & förbättringsplaner

Studiens syfte är att ge KPAB förslag på förbättringar till sitt produktionssystem för ståldörrar som möjliggör att de når sitt kortsiktiga produktionskapacitetsmål, och även skapar förutsättningar för att de ska kunna nå sitt långsiktiga produktionskapacitetsmål. Trots att studien ej har behandlat processförbättringar i någon anseelig grad har det under studiens gång uppkommit idéer kring detta som skulle vara av intresse för fortsatta studier. Dels för KPAB, dels för andra företag med en liknande problemsituation.

Även om förbättringsplan III enligt denna jämförelse är den bästa förbättringsplanen innebär det ej att övriga förbättringsplaner helt bör förkastas. Det är värt att notera att samtliga förbättringsplaner är avsevärt bättre än nuvarande produktionssystem, se tabell 4. Således kan förbättringsplan I och II agera lämpligt underlag ifall KPAB i framtiden önskar implementera ytterligare förbättringar eller på annat sätt vill göra sig uppmärksamma på problemområden inom produktionssystemet.

9.4.1 Eliminering av grundlackering

Ett förbättringsförslag som övervägdes under brainstorming, men som bortsågs från i och med att det utgör en processförändring, är eliminering av grundlackeringen. Om denna process kan elimineras, antingen via inköp av ytbehandlad plåt eller bättre lack, hade produktionsflödet förbättrats avsevärt. Dels hade genomloppstiden minskat eftersom både antalet processer och mellanlager hade reducerats, dels hade styrningen av produktionssystemet förenklats i och med att mycket produktionskapacitet hade frigjorts i lackeringsanläggningen.

Att använda ytbehandlad plåt hade dock krävt att en alternativ process används för att fästa gångjärn- och låsdetaljer till dörrkarmskomponenterna i svetsen, eftersom ytbehandlad plåt ej går att svetsa utan att ytbehandlingen brister. Exempelvis kan KPAB undersöka möjligheten att limma i stället för att svetsa de detaljerna, eftersom de då skulle kunna använda

Tabell 6: Pugh-matris för jämförelse av förbättringsplan II och III mot varandra, med förbättringsplan II som referens. Förbättringsplan III har högst viktad summa, 1, och förbättringsplan II får, i och med att det utgör referensen i denna Pugh-matris, den viktade summan 0.

			Alternativ		
		Kriterium	Viktning	II	III
Basbehov		Kapacitet	3	0	0
		Variantflexibilitet	3	0	+
		Ledtid	3	0	-
Uttalade		Fysisk yta	2	0	0
		Implementeringstid	2	0	0
		Miljö	2	0	0
		Arbetsmiljö	2	0	0
Outtalade		Kapitalbindning	1	0	+
		Implementeringskostnad	1	0	0
		Löpande kostnad	1	0	0
		Kompetens	1	0	0
Viktad summa				0	1
Rangordning				2	1
Vidareutveckling				Nej	Ja

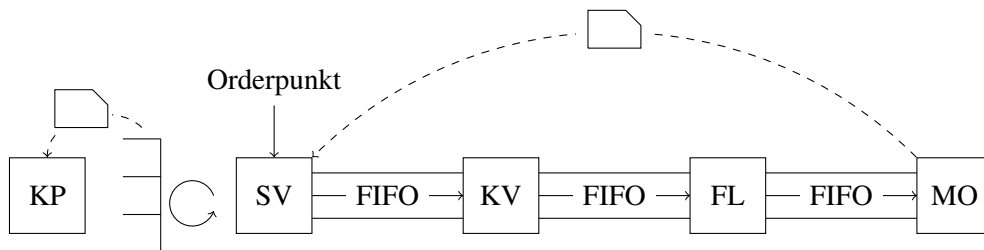
ytbehandlad plåt likt de gör med dörrbladen vilket i så fall skulle eliminera grundlackeringsmomentet.

Om detta hade kunnat åstadkommas skulle KPAB:s nya produktionsflöde se ut enligt figur 12. Notera här det förkortade materialflödet och minskade antalet FIFO-köer, vilket ger ett bättre produktionsflöde, kortare genomloppstid och således även ledtid, samt lägre kapitalbindning. Jämför med förbättringsplan III i figur 11.

9.4.2 Ytterligare arbetsskift

Utöver att implementera förbättringsplan III kan KPAB även utöka antalet arbetsskift för att öka sin produktionskapacitet. Fler arbetsskift kan vara en permanent lösning för att öka produktionskapaciteten men kan även användas ifall efterfrågan är ojämn under perioder eller varierar från vecka till vecka. Det kan vara särskilt intressant eftersom förbättringsplan III har betydligt färre mellanlager än nuvarande produktionssystem, och således därför är mer känsligt för störningar och variationer i efterfrågan.

Den förhöjda produktionskapacitet som ytterligare arbetsskift medför skulle dessutom kunna förkorta ledtiden. Ifall KPAB ändå upprätthåller 15 arbetsdagar gentemot kund kan man använda denna frigjorda tid till att bättre konsolidera order i såväl lackering som övriga arbetsstationer.



Figur 12: Illustration över materialflödena enligt förbättringsplan III, där grundlackeringen har eliminerats genom att använda ytbehandlad plåt till dörrkarmskomponenterna. Observera att *KP* här står för kantpress, *SV* för svets, *KV* för kantvik, *FL* för färdiglack och *MO* för montering. Notera särskilt det kortare materialflödet och minskade antalet köer gentemot förbättringsplan III med grundlackering inkluderat, jämför figur 11.

10 Produktionssystemets framtida tillstånd

Urvalet av förbättringsplanerna gav att förbättringsplan III är den bästa för KPAB med avseende på företagets behov. Se tabell 6. Genom att implementera förbättringsplan III kommer det framtida tillståndet för KPAB:s produktionssystem för ståldörrar uppnå högre produktionskapacitet genom ett jämnare produktionsflöde och ett dragande system, samtidigt som företagets PIA och genomloppstid minskar. Det hela sker dessutom på ett sätt som är ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart.

Förbättringsplanens framgång kräver dock ett varsamt dimensionerat antal Kanban-kort för både supermarket och Kanban-systemet från svets till montering. Detsamma gäller gränserna i FIFO-köerna vid vilka tillverkning på nästa arbetsstation ska påbörjas. Dessa värden uppskattas i detta avsnitt för en produktionskapacitet på 100 dörrar per vecka, varpå nödvändigheter för att KPAB:s långsiktiga produktionskapacitetsmål på 400 dörrar per vecka ska kunna uppnås diskuteras i 10.4. Avslutningsvis klargörs hur implementering av förbättringsplanen ska ske för att säkerställa att KPAB drar maximal nytta av de fördelar denna förbättringsplan innebär.

10.1 Dimensionering av Kanban-systemet

KPAB:s framtida produktionssystem rekommenderas, i enlighet med förbättringsplan III, ha ett begränsat antal vagnar som fyller samma funktion som Kanban-kort mellan svetsen och monteringen. Antalet vagnar kommer ha en direkt inverkan på produktionssystemets genomloppstid och följaktligen ledtid gentemot kund, varför stor varsamhet bör iakttas vid fastställandet av detta värde. Att uppskatta lämpligt antal vagnar är dock inget trivialt åtagande, utan nödvändiggör såväl uppskattningar som antaganden.

I och med att en vagn ska användas per ståldörr kommer antalet vagnar vara lika många som antal produkter i arbete (PIA) i systemet. Förutsatt en produktionsvolym på 100 dörrar per vecka blir takttiden för hela produktionssystemet $100/40 = 2,5$ dörrar per timme (förutsatt 40 timmer per arbetsvecka).

Genomloppstiden, det vill säga genomsnittlig tid i lager, beräknas följaktligen med Littles lag för varje lager. Notera att alla lager i Kanban-systemet utgörs av FIFO-köer, och att N här således är genomsnittlig lagernivå i respektive FIFO-kö:

$$\text{Genomloppstid} = \text{Cykeltid} * PIA \rightarrow$$

$$\text{Genomsnittlig tid i lager} = \frac{1}{2,5} * N = 0,4 * N$$

Genomsnittlig tid i lager för en viss FIFO-kö, och således även ledtiden gentemot kund, påverkas direkt av det genomsnittliga antalet vagnar i kön. Följaktligen måste lämpligt N fastställas med stor varsamhet. Ett stort värde för N , och följaktligen stort totalt antal vagnar, skulle dels ge arbetsstationen direkt efter FIFO-kön ett stort mellanlager vilket skulle möjliggöra för produktionssystemet att hantera stora kortsiktiga avvikelser i tillverkningstakt, dels tillåta arbetsstationen att konsolidera order i kön och hantera flera av dessa samtidigt. Det senare skulle exempelvis vara särskilt fördelaktigt innan grundlackeringen, eftersom antalet kulörbyten minimeras om dörrkarmskomponenter från flera order kan grundlackeras samtidigt. Detsamma gäller vid färdiglackeringen, om än i något lägre grad i och med att antalet möjliga kulörer är större varför kulörbyten ibland sker mellan varje order.

I kontrast till detta skulle ett lägre värde för N resultera i lägre kapitalbindning och kortare genomloppstid, samt således även kortare ledtid gentemot kund. Färre vagnar i kön skulle dessutom ockupera mindre fysisk plats; en viktig fördel med avseende på KPAB:s produktionsanläggningens begränsade yta.

Följaktligen är det logiskt att N tilldelas olika värden för respektive FIFO-kö. I och med att order vid såväl grund- som färdiglackering tidvis konsolideras i KPAB:s nuvarande produktionssystem bör FIFO-köerna innan dessa arbetsstationer tilldelas ett högre värde på N . Antalet dörrar som kan konsolideras kommer förmodligen variera såväl kortsiktigt som långsiktigt. Tidvis kommer ett fåtal dörrar i specifika kulörer komma, tidvis kommer stora order anlända. Exakt hur stora dessa buffertar borde vara kräver en djupare analys av hur ofta olika kulörer används, men då konsolidering, i synnerhet vid grundlackering, ofta sker genom lackering av 10 order samtidigt är lämpligt värde på N för dessa FIFO-köer just 10.

Vidare är FIFO-kön mellan färdiglackering och montering något begränsad när det kommer till yta. Erinna figur 5, och notera köns låga lagernivå i nuvarande produktionssystem, se värdeflödeskartan i figur 6. I och med det framtida tillståndets produktionsvolym på 100 dörrar per vecka hade lämpligt värde på N för denna kö varit det dubbla nuvarande

värdet, det vill säga $2 * 2 = 4$. För att säkerställa att produktionssystemet klarar av mindre efterfrågevariationer bör dock ett visst säkerhetslager adderas, lämpligen 100% i och med att det är oerhört osäkert hur produktionssystemet enligt förbättringsplan III kommer se ut i ett balanserat tillstånd, varför N här sätts till $4 * 2 = 8$.

Fortsättningsvis har kantviken låg cykeltid och mycket ledig produktionskapacitet. Dessutom är det inte en delad resurs, varför dess teoretiskt maximala produktion är $60/9 = 6,67$ dörrar per timme, det vill säga långt över det framtida tillståndets tillverkningstakt på 2,5 dörrar per timme. Således sätts N för FIFO-kön mellan grundlackeringen och kantviken fördelaktigt lågt, lämpligen 2 för att kompensera för mindre variationer. För att säkerställa att produktionssystemet klarar av mindre efterfrågevariationer bör dock ett visst säkerhetslager adderas, lämpligen 100% på samma grunder som för FIFO-kön mellan färdiglackeringen och monteringen, varför N här sätts till $2 * 2 = 4$.

Sammanfattningsvis sätts $N = 10$ för FIFO-köerna mellan svets och grundlackering samt mellan kantvik och färdiglackeringen; $N = 8$ för FIFO-kön mellan färdiglackeringen och monteringen; och $N = 3$ för FIFO-kön mellan grundlackeringen och kantviken. Följaktligen blir genomsnittlig tid i lager för dessa FIFO-köer: $0,4 * 10 = 4$; $0,4 * 8 = 3,2$; respektive $0,4 * 3 = 1,2$ timmar. Totalt antal vagnar i produktionssystemet blir då antalet vagnar i FIFO-köerna adderat med en vagn för varje arbetsstation, förutsatt att en vagn befinner sig i varje arbetsstation. Det vill säga att totalt antal PIA i Kanban-systemet blir $2 * 10 + 8 + 3 + 5 * 1 = 36$. Genomloppstiden som detta resulterar i presenteras i avsnitt 10.3.

Avslutningsvis är det viktigt att poängtera att dessa värden endast är uppskattningar. Mätvärdena bör ses som lämpliga utgångspunkter för KPAB vid implementering av förbättringsplan III, och i takt med att det nya produktionssystemet hamnar i balans behöver värdena kontinuerligt granskas, utvärderas och justeras.

10.2 Dimensionering av supermarket

Supermarket efter arbetsstationen kantpress kommer lagerhålla dörrkarmskomponenter som plockas av svetsoperatören efter behov. Det finns åtta olika typer av dörrkarmar, och komponenter till alla dessa måste finnas tillgängliga i supermarket. Dimensioneringen på lagret för de åtta olika typerna baseras på ett antal olika faktorer, de bör exempelvis dimensioneras utifrån efterfrågan så att dörrkarmskomponenter med hög efterfrågan ges högre lagernivå.

Dimensioneringen bör även ta hänsyn till batchstorleken hos kantpressen som fyller på supermarket. Slutligen bör även den genomsnittliga ledtiden från påfyllnadssignal till påfyllning av supermarket avgöra storleken, då en hög ledtid kan kräva högre säkerhetslager. Om hänsyn tas till ovan nämnda faktorer vid dimensionering av lagrets storlek kan risken för att brist i supermarket uppstår balanseras mot riskerna som hög lagerhållning medför, så som hög kapitalbindning och risk för inkurans.

Till att börja med kantpressas i dagsläget dörrkarmskomponenter i batcher om 10 stycken, vilket leder till en genomsnittlig processtid per dörr på 15 minuter plus en ställtid på 4,5 minuter per dörr, vilket i sin tur innebär en maximal tillverkningstakt på $60/(15 + 4,5) = 3,1$ dörrar per timme. Sålides finns en säkerhetsmarginal ner till tillverkningstakten på 2,5 dörrar per timme som kommer behövas för 100 dörrar per vecka. Eftersom denna batchstorlek används redan idag, samt ger en rimlig marginal i tillverkningsstakt, väljs denna batchstorlek fortsatt för kantpressen. Vid uppskalning kan denna batchstorlek behöva revideras för att matcha en förändrad tillverkningstakt.

För att signalera tillverkningsstart i kantpressen används ett Kanban-system. Antalet Kanban-kort mellan supermarket och kantpress bestäms genom att ett nödvändigt antal för varje produktvariant sätts. Eftersom batchstorleken har satts till 10, kommer minst 10 Kanban-kort behövas för varje produktvariant. Därtill tillkommer en säkerhetsfaktor för att täcka efterfrågan under ledtiden och risken för att stationen är upptagen. Denna säkerhetsfaktor beror på hur många dagars förbrukning KPAB önskar ha i säkerhetsmarginal. Eftersom ledtiden för att tillverka karmdelar för tio dörrar är $10 * (15 + 4,5)/60 = 3,25$ timmar och risken finns att stationen är belagd när en tillverkningssignal kommer från supermarket sätts här säkerhetsmarginalen i supermarket till en dags förbrukning. Det medför att lagerhållningen i supermarket i genomsnitt blir dörrkarmskomponenter motsvarande 20 dörrar, plus hälften av de tio per variant som tillkommer vid varje inleverans. Genomsnittlig lagerstorlek blir således $20 + 8 * 10/2 = 60$ dörrar.

Avslutningsvis är det viktigt att poängtera att dessa värden, liksom dimensionering av Kanban-systemet i 10.1, endast är uppskattningar. Mätvärdena bör ses som lämpliga utgångspunkter för KPAB vid implementering av förbättringsplan III, och i takt med att det nya produktionssystemet hamnar i balans behöver värdena kontinuerligt granskas, utvärderas och justeras.

10.3 Värdeflödeskarta för framtida tillstånd

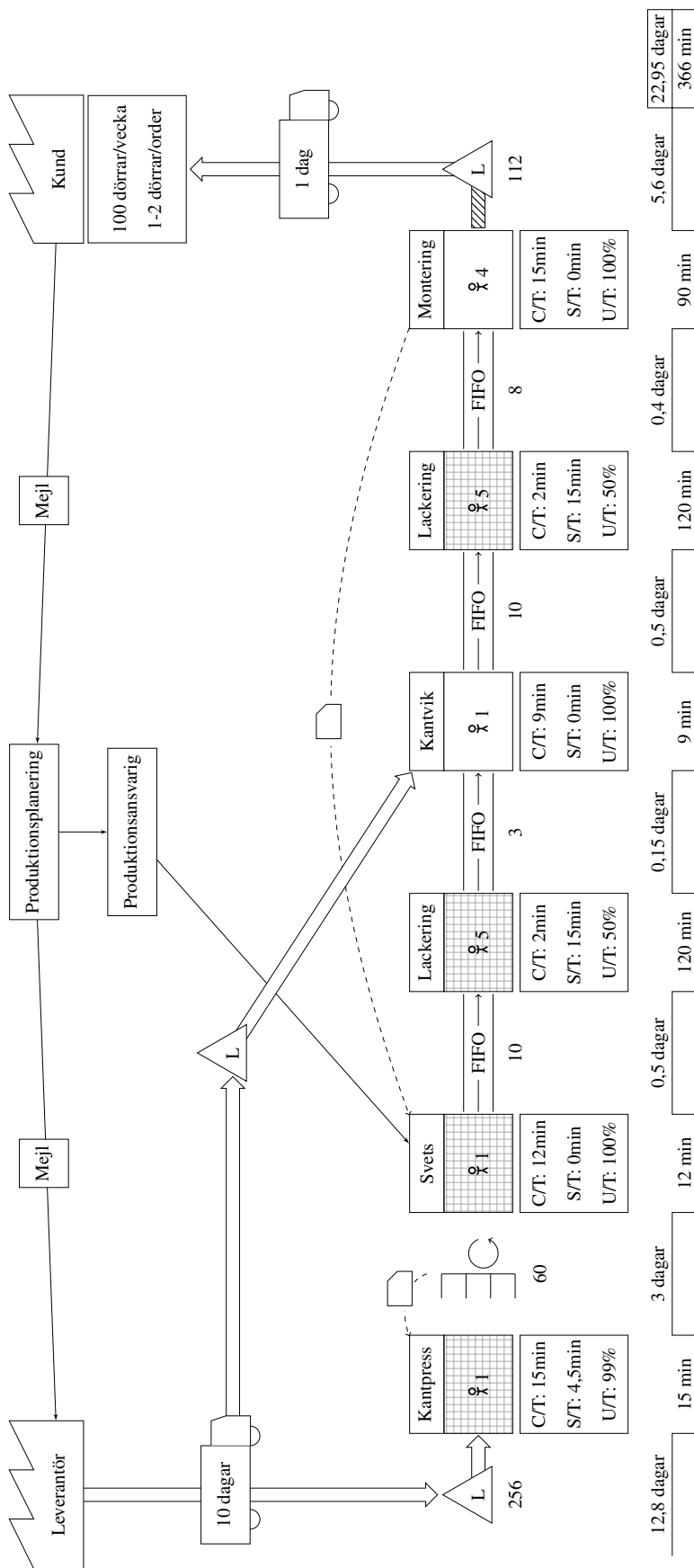
Produktionssystemets förbättrade materialflöde, minimerade informationsflöde och lagerhållningen i såväl supermarket som FIFO-köerna illustreras i en ny värdeflödeskarta, se figur 13. Genomsnittlig tid i lager är här hämtat från uppskattningarna i avsnitt 10.1 och 10.2, omräknat till antal arbetsdagar. Notera att det parallella flödet är borta i och med att kantviken och dukningen har slagits samman, att alla lager utom det efter kantpressen har bytts ut mot FIFO-köer samt att en supermarket i stället har införts efter kantpressen. Därtill har styrningen från produktionsansvarige förenklats till att nu enbart styra produktionen från en enda punkt: svetsen. Jämför KPAB:s nuvarande produktionssystem, se figur 6.

Det framtida tillståndet enligt förbättringsplan III resulterar i en ökning i andelen värdeadderade tid från 1,2% till 3,2%, en ökning motsvarande 167%, samt en minskning i genomloppstid till $22,95 + 366 / (8 * 60) = 23,71$ dagar i kontrast med 61,1 dagar i nuvarande produktionssystem. Ledtiden gentemot kund minskar avslutningsvis också till $0,5 + 0,15 + 0,5 + 0,4 + 5,6 + (12 + 120 + 9 + 120 + 90) / (8 * 60) = 7,88$ dagar, det vill säga summan av processtider och genomsnittlig tid i lager för alla arbetsstationer respektive lager efter orderpunkten. Se figur 13.

Avslutningsvis är det återigen viktigt att poängtera att dessa värden är baserade på uppskattningar. Mätvärdena bör ses som lämpliga utgångspunkter för KPAB vid implementering av förbättringsplan III, och i takt med att det nya produktionssystemet hamnar i balans behöver värdena kontinuerligt granskas, utvärderas och justeras.

10.4 Långsiktiga produktionskapacitetsmål

Förbättringsplan III ger förutsättningar för KPAB att nå sitt kortsiktiga produktionskapacitetsmål om 100 dörrar per vecka, men lägger även grunden för att uppfylla företagets långsiktiga produktionskapacitetsmål om 400 dörrar per vecka. Dock ställer detta långsiktiga mål högre krav på att de olika arbetsstationernas cykeltider kortas ner samt den fysiska ytan, då avsevärt fler vagnar skulle behövas i produktionssystemet. Cykeltidsdiagrammet för en tillverkningstakt på 400 dörrar per vecka, erinra figur 8, visar att såväl kantpress och svets som kantvik och montering misslyckas med att nå den cykeltid som behövs. Med andra ord är det nödvändigt för företaget att samtliga dessa cykeltider minskas för att produktionska-



Figur 13: KPAB:s nya produktionssystem enligt förbättringsplan III. Observera avsaknaden av ett parallellt produktionsflöde och elimineringen av de stora buffertlagren som finns i nuvarande produktionssystem. Det ingående lagret samt färdigvarulagret har dubblerats eftersom produktionsvolymen ökat från 50 till 100 dörrar i veckan. Kanban-korten mellan svets och montering utgörs av ett begränsat antal vagnar, vilket tillåter montering att agera taktållare. Andelen värdeskapande arbetstid har ökat till $366 / (22,95 * 8 * 60 + 366) = 0,032 = 3,2\%$, vilket nästan är en trefaldig ökning jämfört med nuvarande produktionssystem. Notera avslutningsvis även de avsevärt färre informationsflödena, vilket minskar risken för missförstånd och misskommunikation; jämför figur 6.

pacitetsmålet ska gå att uppnå, något som dels kan åstadkommas via inköp av ytterligare maskiner, dels via processförbättringar.

Kantpressens cykeltid måste minska till mindre än hälften av vad den är idag, se figur 8, vilket innebär att inköp av en till likvärdig maskin inte är tillräckligt. Alternativen är således att antingen införskaffa två maskiner likvärdiga den som används idag eller att införskaffa en med högre produktionskapacitet. Det hade också gått att öka batchstorleken för att minska ställtider.

För svets behöver cykeltiden minska till exakt hälften. Därmed hade anställandet av en ytterligare svetsare kunnat vara en gångbar lösning i teorin. I praktiken kan det dock vara fördelaktigt att ha lite ledig kapacitet, och således kanske ännu mer resurser borde tillsättas svets. Cykeltiden för kantvik behöver i sin tur minska med en tredjedel och en rimlig lösning är att införskaffa en till kantvik likvärdig den som används idag.

Monteringen behöver fortsättningsvis förbättras redan för att produktionskapacitetsmålet på 100 dörrar per vecka ska kunna uppnås. För att monteringen ska kunna uppnå en cykeltid på sex minuter, vilket krävs för produktionskapacitetsmålet på 400 dörrar per vecka, behövs i teorin totalt fem limpressar likvärdiga den som idag används ($30/6 = 5$). Detta ger en cykeltid på exakt sex minuter, och således kan det vara god idé att införskaffa åtminstone en extra för att säkerställa att lite överkapacitet finns. Även här kan alternativa lösningar ses över, exempelvis användandet av ett mer snabbhärdande lim eller en mer effektiv limpress. Samtliga av dessa minskningar av cykeltid hade troligen på ett eller annat sätt också krävt fler operatörer. Troligtvis kommer nyanställning följaktligen också vara en nödvändighet.

Likaså krävs det att lackeringen planeras väl för att hitta en bra balans där kulörer konsolideras för att på så sätt minska andelen tid som går åt till kulörbyten. Här kan mikrolackeringsanläggningen bli en viktig komponent för att minska ställtider i lackeringen. Mer sällsynta kulörer kan lackeras där för att minimera antalet omställningar i lackeringen. Dessutom behöver hänsyn tas till den begränsade yta som KPAB har att tillgå. Vid en produktionsvolym på 400 dörrar i veckan kommer det krävas såväl fler maskiner som ett större antal produkter i arbete vars vagnar tar plats i produktionssystemets FIFO-köer.

Ovan har vikten av att minska cykeltiden för de olika stationerna för att kunna uppfylla kravet på den högre tillverkningsstakten diskuterats. Det är dock även möjligt för KPAB att införa fler skift för att uppnå produktionskapacitetsmålet. Vid dubbla antalet skift skulle

takttiden också dubblas. Det skulle innebära att cykeltiden för de olika stationerna endast skulle behöva vara runt tolv minuter för att klara av målet om 400 dörrar i veckan. Det skulle innebära att kantviken enligt dagens produktionssystem skulle klara av det långsiktiga målet med avseende på cykeltid.

Ett naturligt nästa steg mot att uppnå detta långsiktiga produktionskapacitetsmål är att undersöka möjligheten till att ersätta fästmetoden för detaljerna som fästs i svetsen till limning eller annan metod som även fungerar på ytbehandlad plåt. Användandet av ytbehandlad plåt för dörrkarmskomponenterna, såsom för dörrbladen, hade omintetgjort behovet av grundlackering, vilket hade förbättrat produktionens materialflöde och ytterligare minskat genomloppstiden och kapitalbindningen.

10.5 Implementering

För att KPAB ska kunna uppnå sina produktionskapacitetsmål är det av yttersta vikt att förbättringsplanen implementeras korrekt och att den följs med stor varsamhet även långsiktigt. KPAB:s ledningsgrupp måste säkerställa att såväl ledningsgruppen som operatörerna ställer sig positivt till förbättringsplanen för att undvika att genvägar tas eller att förändringarna på annat sätt motarbetas. Slöserierna som idag finns i produktionssystemet kan troligtvis endast lösas om gamla vanor förändras, vilket kräver engagemang från alla verksamhetens anställda, något som KPAB:s ledningsgrupp måste arbeta intensivt med att säkerställa.

För att supermarket ska fungera smidigt rekommenderas avslutningsvis att ledningsgruppen ordnar med utbildning av operatörerna så att dessa förstår hur systemet fungerar. Då även användningen av vagnar systematiseras i och med införandet av ett Kanban-system bör detta tydliggöras för operatörerna. Markeringar i golvet i form av tejp, färgmarkeringar eller annat kan därtill lämpligen definiera FIFO-köernas golvyta för att effektivisera användandet av företagets begränsade fysiska yta. Slutligen bör KPAB även definiera vem som ska vara ansvarig för att förflytta vagnarna: arbetsstationen innan; efter; eller en övergripande transportansvarig.

11 Rekommendation

För att möjliggöra för KPAB att uppnå sina kortsiktiga produktionskapacitetsmål bör företaget implementera förbättringsplan III.

Således bör KPAB: investera i en ytterligare limpress; ersätta lagret mellan kantpress och svets med en supermarket; eliminera dukningsmomentet; ersätta alla övriga mellanlager med FIFO-köer; samt införa ett Kanban-system i form av ett begränsat antal vagnar mellan svets och montering. Dessa förbättringar kommer uppskattningsvis öka andelen värdeadderande tid i produktionssystemet med 167%, minska genomloppstiden till 23,71 dagar samt reducera ledtiden gentemot kund till 7,88 dagar.

12 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras studiens resultat, tillvägagångssätt och empiri samt möjliga alternativa förbättringsförslag och -planer.

Ett hinder för att KPAB skulle kunna öka sin produktionsvolym var slöserier i företagets produktionssystem för ståldörrar. Genom att implementera förbättringsplan III i enlighet med denna studies rekommendation, se avsnitt 11, åstadkoms ett jämnare produktionsflöde och ett dragande produktionssystem. Således är studiens två första frågeställningar besvarade.

KPAB är vidare beroende av låg genomloppstid både för att hålla nere sin ledtid gentemot kund och för att minska PIA, vilket är nödvändigt för att en ökad produktionsvolym fysiskt ska få plats i företagets produktionsanläggning. Genom att implementera förbättringsplan III minskar drastiskt lagerhållningsnivåerna, och därmed även den fysiska yta dessa lager ockuperar, samt reduceras PIA avsevärt. Följaktligen är studiens tredje frågeställning besvarad.

Företaget har dessutom en KMA-policy och ISO-certifieringar att förhålla sig till gällande miljöpåverkan och social hållbarhet. Därtill måste såväl investeringar som löpande kostnader vara ekonomiskt gångbara för företaget. Genom att implementera förbättringsplan III minimeras risken för svinn, onödiga transporter och manuella lyft samt reduceras företagets kapitalbindning. Således är studiens fjärde och sista frågeställning besvarad.

Genom att noga följa denna studies rekommendation i enlighet med avsnitt 11 kommer KPAB, jämfört med nuvarande produktionssystem, uppnå högre produktionskapacitet genom ett jämnare produktionsflöde och ett dragande system, samtidigt som företagets PIA och genomloppstid minskar. Erinra figur 13, jämför figur 6. Förbättringsplanen upprätthåller dessutom alla företagets behov vad gäller variantflexibilitet och ledtid gentemot kund. Det hela sker dessutom på ett sätt som är ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart samtidigt som det skapar förutsättningar för att KPAB dessutom ska kunna uppnå sina långsiktiga produktionskapacitetsmål. Följaktligen är studiens syfte uppfyllt.

12.1 Studiens metod

En möjlig felkälla i studien är att alla processtider baseras på intervjuer med operatörer. Dessa värden bör därför tas med viss reservation, då det är möjligt att de skiljer sig från dess

verkliga motsvarigheter i högre eller lägre grad. Ett sätt att samla in mer exakta mätvärden hade varit att mäta processtiden på varje enskild arbetsstation, något som inte var möjligt inom rimlig tid till följd av KPAB:s låga produktionsvolym. Dessutom, som en konsekvens av tidsbrist, intervjuades operatörerna endast en gång.

Även övriga data som hämtats från intervjuer, såsom ledtid från leverantörer, bör tolkas kritiskt. Det finns även en risk för felaktiga slutsatser vid analysen av intervjuvaren. Dels kan frågor ha missförstått, dels kan svar ha feltolkats.

Risken för dessa felkällor togs således särskild hänsyn till under intervjuerna genom att intervjun genomfördes av flera personer. I och med att flera personer genomförde intervjuerna kunde riskerna för missförstånd och feltolkningar minimeras. För att däremot öka datans tillförlitligheten borde intervjuerna varit ännu mer omfattande, något som inte var möjligt i denna studie till följd av tidsbrist.

Avslutningsvis fanns det i denna studie ej tid att genomföra en utförligare simulering av föreslagna förbättringsplaner då det hade krävt en omfattande datainsamling för att få tillförlitliga mätvärden. I framtiden bör dock KPAB överväga simulering då det troligtvis kommer generera trovärdigare resultat, samt möjliggöra för företaget att bättre dimensionera sitt produktionssystem.

12.2 Alternativa förbättringsförslag

I enlighet med avsnitt 9.4.1 uppkom det under studiens gång ett alternativt förbättringsförslag om att undersöka KPAB:s möjlighet att eliminera momentet grundlackering. Erinna att dörrkarmskomponenterna grundlackeras i KPAB:s nuvarande produktionssystem eftersom dessa i kontrast till dörrbladen ej kan köpas ytbehandlade på då de ska svetsas. Eftersom elimineringen av grundlackering följaktligen skulle nödvändiggöra att svetsningen ersätts med en alternativ fästmetod, såsom limning eller nitning, skulle förbättringsförslaget innebära en processförbättring varför det ej behandlades vidare i denna studie. Att förbättringsförslaget ej behandlas i denna studie bör dock ej avskräcka KPAB från att studera förslaget vidare i framtiden, då eventuell eliminering av grundlackering skulle tillåta produktionssystemet att uppnå bättre produktionsflöde, erinra figur 12.

Ej heller har möjligheten till att öka antalet arbetsskift studerats noggrannare. Likaledes bör KPAB ändå studera möjligheten till detta i framtiden, då det dels skulle kunna vara ett

sätt att permanent öka produktionskapacitet, dels ett sätt att hantera variationer i efterfrågan från slutkund. Denna förhöjda produktionskapacitet skulle dessutom frigöra tid till att bättre konsolidera order i såväl lackering som övriga arbetsstationer. Se avsnitt 9.4.2.

13 Referenser

- Andersson, R., Eriksson, H. & Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, Six Sigma and lean. *The TQM Magazine*, 18(3), 282–296.
- Bell, E., Bryman, A. & Harley, B. (2019). *Business Research Methods*. Oxford University Press.
- Bergman, B. & Klefsjö, B. (2012). *Kvalitet - från behov till användning*. Studentlitteratur AB.
- Chhajed, D. & Lowe, T. J. (2008). *Building Intuition: Insights From Basic Operations Management Models and Principles*. Springer.
- Chung, C. A. (2003). *Simulation modeling handbook - a practical approach*. CRC Press.
- Fazekas, D., Gionfra, S., Paspaldzhiev, I., Pollitt, H., Schweitzer, J.-P., Seizov, P., Smith, A. & Stenning, J. (2019). Links between production, the environment and environmental policy, 10–11.
- Garrett, D. F. & Lee, J. (2010). Lean construction submittal process—A case study. *Quality Engineering*, 23(1), 84–93.
- Gupta, S. & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249.
- Holweg, M., Davies, J., De Meyer, A., Lawson, B. & Schmenner, R. (2018). *Process Theory*. Oxford University Press.
- Kosieradzka, A., Kałol, U. & Krupa, A. (2011). The development of production management concepts. *Foundations of Management*, 3(2), 55–74.
- KPAB. (u. å-a). *Om oss*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.kpab.com/om-oss/>
- KPAB. (u. å-b). *Tillval och kulörer*. Hämtad 10 februari 2022, från <https://www.kpab.com/tillval-och-kulorer/>
- KPAB. (2020). *KMA-POLICY*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.kpab.com/wp-content/uploads/2020/10/KPAB-KMA-policy-%C3%9601.pdf>
- Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way*. McGraw-Hill Education.
- Little, J. D. C. (1961). A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$. *Operations Research*, 9, 383–387.
- Magnusson, K., Kroslid, D. & Bergman, B. (2003). *Six Sigma: The Pragmatic Approach*. Studentlitteratur AB.

- Mattsson, S.-A. (2016). Välja materialstyrningsmetod – En översikt. *Handbok i materialstyrning*.
- Medbo, P. (1998). *Significance of input data quality for materials flow analysis* (doktorsavhandling) [Licentiatexamen]. Chalmers tekniska högskola. Göteborg.
- Musselman, K. J. Guidelines for simulation project success. I: *Winter Simulation Conference Proceedings*. Los Angeles, CA, Piscataway, NJ, 1994.
- Nationalencyklopedin. (u. å). *hållbar utveckling*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/h%C3%A5llbar-utveckling>
- Patel, R. & Davidson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning* (4. utg.). Studentlitteratur.
- Patel, R. & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning* (5. utg.). Studentlitteratur.
- Roser, C. & Nakano, M. (2015). Guidelines for the selection of FIFO lanes and supermarkets for Kanban-based pull systems—when to use a FIFO and when to use a supermarket. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 282–289.
- Rother, M. & Shook, J. (2009). *Learning To See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate muda*. Lean Enterprise Institute, Inc.
- Serrano, I., Ochoa, C. & Castro, R. D. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, 46(16), 4409–4430.
- Singer, D. J., Doerry, N. & Buckley, M. E. (2009). What is set-based design? *Naval Engineers Journal*, 121, 31–43.
- SIS. (2015a). *Ledningssystem för kvalitet - Krav (ISO 9001:2015)*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.sis.se/produkter/foretagsorganisation/foretagsorganisation-och-foretagsledning-ledningssystem/ledningssystem/sseniso90012015/>
- SIS. (2015b). *Miljöledningssystem - Krav och vägledning (ISO 14001:2015)*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.sis.se/produkter/foretagsorganisation/foretagsorganisation-och-foretagsledning-ledningssystem/ledningssystem/sseniso140012015/>
- Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnstone, R. (2016). *Operations Management* (8. utg.). Pitman Publishing.

- UNDP. (2021a). *Mål 12: Hållbar konsumtion och produktion*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-12-hallbar-konsumtion-och-produktion/>
- UNDP. (2021b). *Mål 8: Anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-8-anstandiga-arbetsvillkor-och-ekonomisk-tillvaxt/>
- UNDP. (2021c). *Mål 9: Hållbar industri, innovationer och infrastruktur*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-9-hallbar-industri-innovationer-och-infrastruktur/>
- UNDP. (2021d). *Om Globala Målen*. Hämtad 1 februari 2022, från <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/>
- Wholin, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. I: *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE '14*. 2014.

A Intervjuguide

Operatör för arbetsstation

För varje arbetsstation intervjuas ordinarie operatör med nedan frågor:

- Vad är arbetsstationens namn?
- Vad är processtid per dörr?
- Hur många arbetare krävs för att stationen ska producera?
 - Används fasta positioner eller roterar personalen?
- Konsolideras order innan produktion?
 - Hur många tillverkas i så fall åt gången?
 - Hur ofta görs detta?
- Används arbetsstationen till något annat än produktion av ståldörrar?
- Har arbetsstationen någon särskild ställtid?
- Hur stor är arbetsstationens utnyttjandegrad?
- Blir det ofta stopp på stationen?
 - Orsakas detta av service eller att komponenter byggts felaktigt?
 - Hur ofta inträffas stopp, och hur längre vara de vanligtvis?
- Vad är PIA just nu?
- Hur vet du när du ska börja producera på arbetsstationen?
- Vem ansvarar för transport till och från stationen?

För arbetsstationen färdiglackering ställs dessutom dessa fördjupande frågor:

- Hur ofta konsolideras order med samma kulörer för att undvika kulörbyten?
- Hur lång till tar ett kulörbyte?
- När lackeringen är full av dörrar - hur ofta kommer det då ut en?
- Hur många dörrar är det i lackeringen när den är helt full av dörrar?

Ledning- och styrningsansvariga

Företagets ledning samt dess styrningsansvariga intervjuas med nedan frågor:

- Hur lång är ledtiden från företagets leverantörer för respektive artikel?
 - Vad är vanlig orderstorlek?
 - Uppstår ofta brister och förseningar?
- Hur stor är kundefterfrågan per vecka?
- Delar ni, era leverantörer och kunder med sig av prognoser för efterfrågan?

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS