

Mätning av ledtider och värdeflödeskartläggningar av kolvtappsproduktionen vid Oy Mapromec Ab

Alexander Nyström

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi

Vasa 2020



EXAMENSARBETE

Författare: Alexander Nyström
Utbildning och ort: Produktionsekonomi, Vasa
Handledare: Mikael Ehres, Novia University of Applied Sciences
Leif Enberg, Oy Mapromec Ab

Titel: Mätning av ledtider och värdeflödeskartläggningar av kolvtappsproduktionen vid Oy Mapromec Ab

Datum: 31.03.2020

Sidantal: 55

Bilagor: 2

Abstrakt

Examensarbetet har gjorts på uppdrag av Oy Mapromec Ab. Företaget tillverkar maskindelar åt olika diesel- och elmotortillverkare, och är specialiserade på kolvappar. Syftet med arbetet var att undersöka ledtiderna och kartlägga värdeflöden i produktionen, för att exponera brister och ta fram olika förbättringsförslag. Målet var därmed att kunna ge företaget vägledning för optimering av kolvtappsproduktionen.

Arbetet har till stor del utgått från teori om Lean och Lean-verktyget *Värdeflödeskartläggning*. För att mäta verkliga ledtider har ett kvantitativt uppföljningsarbete med blanketter utförts. Arbetet har samtidigt också undersökt produktionsplaneringsverktyget Adjutant i samma syfte. Teoretiska ledtider har sedan beräknats på basis av produkter i arbete. Ytterligare har även planerade ledtider från ERP-systemet Cgooo extraherats. Arbetet har också tagit hänsyn till övriga faktorer som inverkar på ledtiden.

Resultaten av undersökningarna har sammanställts i tabeller, grafer och värdeflödeskartor. På basis av resultaten, tillsammans med arbetarna och ledningen, har olika brister pekats ut och förbättringsförslag tagits fram. Arbetet har också skapat en solid grund för framtida värdeflödeskartläggningar inom företaget. Dessutom har arbetet gett företaget möjligheten att börja mäta verkliga ledtider från Adjutant även för andra produkter.

Värdeflödeskartläggningarna med de teoretiska ledtiderna, i kombination med genomsnittliga verkliga ledtider från Adjutant, var till mest nytta i arbetet. Uppföljningsarbetet och de planerade ledtiderna fungerade istället bra som kompletterande resultat. Diskussionerna som uppstått med arbetarna under arbetets gång har också haft en avgörande roll, på samma sätt som att resultaten sedan också diskuterats med både arbetarna och ledningen.

Språk: svenska

Nyckelord: mätning av ledtid, värdeflödeskartläggning, Lean

BACHELOR'S THESIS

Author: Alexander Nyström
Degree Programme: Industrial Management and Engineering
Supervisor(s): Mikael Ehres, Novia University of Applied Sciences
Leif Enberg, Oy Mapromec Ab

Title: Measuring Lead Times and Value Stream Mapping the
Piston Pin Production at Oy Mapromec Ab

Date: March 31, 2020

Number of pages: 55

Appendices: 2

Abstract

This bachelor's thesis is made on behalf of Oy Mapromec Ab. The company is manufacturing machine parts for different diesel and electrical engine manufacturers and is specialized in piston rods. The purpose of the thesis is to study the lead times and map the value streams within the production, to expose weaknesses and find improvement opportunities. The goal is thereby to be able to provide the company with guidance for optimizing their piston rod production.

The thesis is to a large extent based on theory about Lean and the Lean manufacturing tool *Value Stream Mapping*. To measure real lead times a quantitative follow-up work with surveys was done. The production planning tool Adjutant was also studied simultaneously for the same purpose. Theoretical lead times were then calculated based on work in progress. Additionally, planned lead times from the ERP-system C9000 were also extracted. Other factors affecting the lead times have also been considered.

All the results were then put together in tables, graphs and value stream maps. Based on the results, along with the workers and the management, several weaknesses were pointed out and improvement opportunities found. The thesis has also created a solid foundation for future value stream mapping within the company. Furthermore, the thesis has given the company the possibility to start measuring real lead times from Adjutant even for other products.

The value stream maps with the theoretical lead times, combined with average real lead times from Adjutant, were of most use. The follow-up work and the planned lead times were instead good as complementary results. The discussions that have arisen with the workers during the study have also played a crucial role, same as also discussing the results afterwards with both the workers and the management.

Language: Swedish

Key words: Measure Lead Time, VSM, Lean

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Avgränsning.....	4
1.4	Disposition.....	6
1.5	Konfidentialitet.....	6
2	Kort om företaget och produktionen.....	7
3	Teori.....	11
3.1	Lean.....	11
3.2	Värdeflödeskartläggning.....	15
3.2.1	Där kan värdeflödeskartläggning tillämpas.....	19
3.2.2	Kartläggning av nuvarande värdeflöde.....	20
3.2.3	Presentera kartläggningen.....	24
3.2.4	Förslag på förbättrat värdeflöde.....	24
4	Metod.....	29
4.1	Värdeflödeskartläggning av nuvarande värdeflöde.....	31
4.1.1	Uppföljningsarbetet.....	32
4.1.2	ERP-baserad data (sekretessbelagt).....	38
4.1.3	Traditionell kartläggningsmetod för teoretiska ledtider.....	38
4.1.4	Information till databoxarna.....	41
4.1.5	Värdeflödeskartläggning i Microsoft Visio.....	41
4.2	Förslag på förbättrat värdeflöde.....	43
5	Resultat (sekretessbelagt).....	46
6	Diskussion.....	47
7	Sammanfattning.....	50
7.1	Sammanfattning av resultatet (sekretessbelagt).....	51
7.2	Förslag till fortsatt arbete.....	52
7.3	Avslutande ord.....	53
	Källförteckning.....	54
	Bilagor	

Bilageförteckning

Bilaga 1. Exempel på uppföljningsblankett.

Bilaga 2. Figurbeskrivning över de VSM-symboler som använts i arbetet.

Figurförteckning

Figur 1. Företagets omsättning år 2015–2018. (Fonecta Oy, 2019a)	7
Figur 2. Exempel på tillverkningsprocessen för en generell kolv tapp.....	8
Figur 3. Exempel på en robotcell (Oy Mapromec Ab, 2020d).	10
Figur 4. Exempel på kolv tappar liknande de som Mapromec producerar (Eagle Locomotive, 2020).....	10
Figur 5. 4P-modellen av The Toyota Way (Liker, 2009, s. 32).	12
Figur 6. Exempel på värdehöjande tid och icke-värdehöjande tid (Liker, 2009, s. 52).	15
Figur 7. Exempel på en värdeflödeskarta. (Value-stream mapping, 2019)	16
Figur 8. Värdeflödeskartläggning med parallell- eller sidoflöden (Nash & Poling, 2008, ss. 124-128).	18
Figur 9. "Lean-arbetscell" med enstycksflöde (Liker, 2009, s. 128).	26
Figur 10. Exempel på brainstorming av nuvarande värdeflöde (Nash & Poling, 2008, s. 178).	27
Figur 11. Exempel på förslag på förbättrat värdeflöde (Nash & Poling, 2008, s. 183).	28
Figur 12. Exempel på bokföring av uppföljningsarbetet.	36
Figur 13. Exempel på ett sammanställt uppföljningsarbete.	37
Figur 20. Sammanställning av härdningsrapporter.	39
Figur 21. Exempel på beräkning av teoretiska ledtider med Little's Law.	40
Figur 22. Exempel på en värdeflödeskarta av nuvarande värdeflöde.....	42
Figur 23. Exempel på slutgiltig sammanställning av alla tider.	44

Terminologi

Adjutant	Produktionsplaneringsverktyg och tillägg i ERP-systemet.
C9000	ERP-systemet som företaget använder sig av.
CNC	Computer Numerical Control – styrsystem för bearbetningsmaskiner.
Defekter	Bristfälliga produkter som antingen bör omarbetas eller kasseras.
ERP	Enterprise Resource Planning – affärssystem.
Lean	Verksamhetsstrategi och filosofi.
Ledtid	Den tid som går åt från att en process startat tills den är helt färdig och kan jämföras med till exempel genomgångstid eller leveranstid.
Läppning	Tillverkningsprocess för att uppnå specifika ytkrav.
Positio	En del av ordernumret, på svenska position.
Processtid	Den tid det tar att bearbeta en enskild produkt genom en viss process. På engelska Cycle Time eller C/T.
Ställtid	Den tid det tar att ställa om till exempel en maskin för ett nytt arbete. På engelska Changeover Time eller C/O.
TPS	Toyota Production System – Toyotas produktionsstrategi.
Työmääräin	Planerat arbete för en kundorder, på svenska arbetsorder.
US-Testing	Ultrasonic Testing, på svenska ultraljudsgranskning.
VSM	Value Stream Mapping, på svenska värdeflödeskartläggning.
Värdeflöde	Kan innefattas som alla aktiviteter från råmaterial till levererad produkt.
WIP	Work In Progress, på svenska produkter i arbete.

1 Inledning

Det här examensarbetet utfördes på uppdrag av Oy Mapromec Ab i Smedsby. Företaget verkar inom metallindustrin som underleverantör till diesel- och elmotortillverkare runt om i världen. Företaget sysslar främst med bearbetning och har specialiserat sig på tillverkning av kolvttappar. Arbetet i sig kommer att handla om undersökning av ledtider, värdeflödeskartläggningar och analys, för tre utvalda kolvttappsmodeller.

1.1 Bakgrund

Jag har själv varit anställd på systerbolaget Oy Maprotec Ab i Replot sedan 2017 som CNC-operatör. Det var via Maprotec som jag kom i kontakt med Mapromec. Jag valde att göra examensarbetet åt Mapromec eftersom där fanns möjligheten till ett mycket intressant arbete, samtidigt som man skulle få se en ny arbetsplats, träffa nya människor, och fortfarande kunna tillämpa praktiska erfarenheter från Maprotec.

Företaget strävar till att vara Lean (se kapitel 3.1), att endast tillverka mot kundorder så långt som möjligt, och att hålla en fullständig leveranssäkerhet. Att enbart tillverka mot kundorder är dock något som lätt kan bidra till ett ojämnare produktionsflöde och större risk för förseningar. För att motverka detta, använder företaget sig även av buffertlager och säkerhetslager. I dag lovar företaget en leveranstid på ca 8 veckor på många kolvttappsmodeller, men i verkligheten kan den totala genomgångstiden för en kolvttapp variera en hel del. År 2018 hade Mapromec en leveranssäkerhet på 99,2 % – något som troligtvis inte hade varit möjligt utan buffertlager och säkerhetslager.

Idén till arbetet kom från Mapromec. Företaget var intresserat av att på något sätt undersöka och kartlägga ledtiderna i sin produktion, för att få vägledning till förbättringar. Produktionen planeras delvis på basis av teoretiska tider i ERP-systemet. Men, eftersom olika problem hör till vardagen, gör det att de verkliga tiderna skiljer. Dessutom saknar ERP-systemet någon smidig funktion för uppföljning av de verkliga tiderna.

Företaget har under hösten 2019 även påbörjat ett förverkligande av en omstrukturering av produktionsflödet av kolvttappar, genom anskaffning av några nya maskiner och en del förändringar i värdeflödets struktur. För ungefär ett år sedan har företaget även uppdaterat alla teoretiska processtider och ställtider i sitt ERP-system.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att undersöka ledtiderna och kartlägga värdeflödena för tre utvalda kolvtappsmodeller. Resultatet ska därmed kunna ge företaget vägledning till förbättringar, genom att exponera brister men också förbättringsmöjligheter i produktionen. Fokus i kartläggningen kommer att ligga på ledtid, men kommer även att se på andra faktorer som har en direkt inverkan på ledtid. Arbetet kommer att se på följande tre typer av ledtid:

1. **Den verkliga ledtiden** är den tid det tar i praktiken, från en process till en annan. Denna ledtid kommer i första hand att basera sig på ett uppföljningsarbete. Men, arbetet kommer också att undersöka produktionsplaneringsverktyget Adjutant i samma syfte. Detta kommer därmed att resultera i två olika typer av verklig ledtid:
 - a. Verklig ledtid från ett uppföljningsarbete.
 - b. Verklig ledtid baserad på data från Adjutant.
2. **Den planerade ledtiden** är den ledtid som används i produktionsplaneringen, vilken enkelt kan ses och justeras i ERP-systemet C9000. Den planerade ledtiden används som en kritisk gräns, för när olika arbetsskeden senaste bör vara utförda. Om gränsen överskrids, noteras beställningen i Adjutant som att den kommer att bli försenad.
3. **Den teoretiska ledtiden** är en beräknad ledtid, som baserar sig på produkter i arbete och teoretisk processtid. Denna ledtid förespråkas av teorin för Lean-verktyget *värdeflödeskartläggning*, vilket presenteras senare i kapitel 3.2.

Uppföljningsmöjligheterna av verkliga tider i Adjutant är till stor del begränsade. I dagens läge är det inte möjligt att följa upp verkliga tider i realtid. Man kan ej heller på något smidigt sätt extrahera uppriktig och heltäckande statistik för en fullständig kartläggning. På grund av detta kommer de verkliga tiderna i första hand att basera sig på ett uppföljningsarbete.

Uppföljningsarbetet i sig kommer att basera sig på en regelbunden uppföljning av flera beställningar av tre utvalda kolvtappsmodeller. Uppföljningen kommer vara i form av en blankett som följer med arbetsordern under hela tillverkningsprocessen, i vilken arbetarna själva fyller i. Syftet med uppföljningsarbetet var alltså att kvantitativt samla grundläggande information, som är relevant och nödvändigt för en fullständig kartläggning av de verkliga tiderna i värdeflödet.

Som uppdragstagare har jag även närvarat regelbundet under uppföljningsarbetet, för att hjälpa säkerställa att undersökningsmetoden ska lyckas så bra som möjligt. Under besöken har också egna anteckningar gjorts från eventuella diskussioner och iakttagelser, över sådant som kan vara relevant inför resultatet.

Arbetet har dock samtidigt undersökt Adjutant i fråga om uppföljning av verkliga tider, då uppföljningsarbetet var mer problematiskt än förväntat i praktiken. Denna undersökning utfördes genom att extrahera data från ERP-systemet, för att sedan behandlas i Microsoft Excel. Motiveringen var den, att ett lyckat resultat skulle kunna ge riktgivande siffror för genomsnittliga ledtider från tidigare år. Dessutom skulle resultatet kunna ge företaget en bättre uppfattning om möjligheterna och begränsningarna i Adjutant i dagens läge.

Lean-verktyget *Värdeflödeskartläggning* kommer att tillämpas för att undersöka de teoretiska ledtiderna, men också för att rent konkret kartlägga värdeflödena. I kartläggningarna kommer tidslinjen för teoretisk ledtid kompletteras med en sekundär tidslinje för verklig ledtid. Detta för att ge ett annat perspektiv på resultaten, i en natur av kraftiga variationer. Själva ritningen av kartorna kommer att utföras i Microsoft Visio.

Värdeflödeskartorna kommer med hjälp av Excel även att kompletteras med tabeller och grafer. Målet är att sammanställa resultatet åt företaget på ett så klart och överskådligt sätt som möjligt, samt enligt eventuella önskemål från företagets sida.

Syftet med undersökningen och kartläggningen var därmed att ge företaget en bättre uppfattning om ledtiderna i produktionen. Med andra ord, hur ledtiderna ser ut, hur de skiljer samt varför de skiljer. Genom att analysera resultaten ska arbetet därmed kunna ge vägledning åt företaget för optimering av kolvtappsproduktionen. Om företaget skulle kunna sänka ledtiderna, skulle företaget eventuellt också kunna minska lagernivåerna i produktionen utan att riskera leveranssäkerheten. Kortare leveranstider skulle också göra företaget mer konkurrenskraftig. Slutligen kan arbetet även skapa grund för framtida uppföljningar och värdeflödeskartläggningar. Eller också, klargöra behovet av ett bättre digitaliserat uppföljningssystem.

1.3 Avgränsning

Det dagliga produktionsflödet av kolvtapparna är väldigt varierande och komplext vilket gör en allmän värdeflödeskartläggning över produktionen mer eller mindre olämplig (Se kapitel 2 och kapitel 3.2.1). Dessutom är tiden för arbetet begränsad. Arbetet avgränsades därför till endast se på tre olika kolvtappsmodeller:

- **KT1** – en ”liten kolvtapp” som tillverkas i mellanstor volym.
- **KT2** – en ”mellanstor kolvtapp” som tillverkas i hög volym.
- **KT3** – en ”specialkolvtapp” som tillverkas i mycket låg volym.

Dessa tre modeller valdes ut av företaget enligt deras egna intressen, men också eftersom dessa är planerade att tillverkas under den tid som arbetet är planerat att pågå. Alla tre modeller följer i normala fall också olika flödesrutter i produktionen.

Företaget menar att KT1 och KT2 tillsammans utgör en betydande del av produktionens omsättning och volym. Därför är KT1 och KT2 utmärkta förstahandsval. KT3 valdes främst att se skillnaden mellan högvolym- och specialtappar. På grund av en låg efterfrågan på ”stora kolvtappar” under arbetets avgränsade tid, tillät dessvärre omständigheterna inte möjligheten att undersöka några av dessa.

Arbetet hade även kunnat avgränsas till att kartlägga värdeflödet enligt produktgrupper. Men, på grund av stora variationer i produktionen, är en produktindelad kartläggning nödvändig för att få så pålitliga resultat som möjligt. De produktindelade kartläggningarna kan dock vara representativa för liknande produkter inom samma värdeflöden.

Gällande avgränsningen av själva värdeflödet kommer kartläggningen att fokusera på ledtiden från att första tillverkningsprocessen inom företags produktion är klar, tills produkten är leveransklar. Själva uppföljningsarbetet kommer dock att exkludera sågningen som arbetsskede. Detta eftersom man inom sågningen inte arbetar direkt mot kundorder i dagens läge, vilket därmed omöjliggör ett uppföljningsarbete knutet till enskilda beställningar.

Som tidigare nämnts är tiden för arbetet begränsad, därför kommer uppföljningsarbetet att begränsas till högst fyra månader. Detta kan tillåta en kontinuerlig uppföljning på upp till ca 20st beställningar. Detta kan vara en lämplig riktlinje som både passar tidsplanen men fortfarande kan ge tillräckligt med information för att resultatet ska vara pålitligt och relevant

Som tidigare nämnts kommer arbetet även att ta hänsyn till andra faktorer som har en inverkan på ledtiden. Åter igen på grund av tidsbristen kommer dessa faktorer avgränsas till förutom ledtid: **produkter i arbete, processtid, ställtid, antal arbetare** och **defekter**. Arbetet hade även kunnat kartlägga till exempel pålitlighet eller tillgänglighet av utrustning. Men, på grund av produktionens natur har tillgängligheten en stor varians som bland annat beror på efterfrågan och produktionsplaneringen. Samtidigt skulle mätning av pålitlighet kräva ytterligare ett annat uppföljningsarbete.

På grund av den begränsade tiden kommer arbetet ytterligare avgränsas till enbart **undersökning, kartläggning** och **analys**. Annars hade arbetet även kunnat inkludera genomdrivning av förbättringsförslag och en eventuell uppföljning i efterhand för att mäta förbättringarnas inverkan.

1.4 Disposition

Första kapitlet introducerar läsaren till arbetet genom att presentera arbetets bakgrund, syfte och avgränsning.

Andra kapitlet presenterar företaget och dess produktion i korthet. Denna information är fundamental att känna till, för att kunna förstå alla delar av arbetet.

Tredje kapitlet presenterar teorin som ligger till grund för arbetet.

Fjärde kapitlet förklarar noggrant arbetets metoder, med motiveringar till metodvalen. Kapitlet är delvis sekretessbelagt.

Femte kapitlet presenterar resultaten av undersökningarna, tillsammans med utpekade brister och framtagna förbättringsförslag. Hela kapitlet är sekretessbelagt.

Sjätte kapitlet diskuterar arbetet, både i fråga om metoderna som använts, men också resultaten och dess pålitlighet.

Sjunde kapitlet sammanfattar hela arbetet – hur arbetet var tänkt, hur det gick till, och dess resultat. Kapitlet innehåller också förslag på fortsatt arbete och några avslutande ord. Kapitlet är delvis sekretessbelagt.

1.5 Konfidentialitet

Arbetet är delvis konfidentiellt. Sekretessbelagt material har lämnats bort ur den offentliga versionen av arbetet. Ett skilt sekretessavtal har även tecknats mellan uppdragsgivare och uppdragstagare.

Information och data som framkommer i exemplen i kapitel 4 har manipulerats och är inte riktiga. I arbetet benämns också de tre utvalda kolvtapparna som KT1, KT2 och KT3 istället för deras riktiga namn.

2 Kort om företaget och produktionen

Oy Mapromec Ab är ett företag beläget i Korsholm, Finland, som tillverkar originaldelar åt olika diesel- och elmotortillverkare runt om i världen (Oy Mapromec Ab, 2019a). Företaget grundades 1994, och har satsat hårt på utveckling och automatisering sedan dess (Oy Mapromec Ab, 2019b). Företaget är specialiserade på kolv tappstillverkning, varav en av deras huvudprodukter är kolv tappar till stora dieselmotorer i storleken 5-250 kg (Oy Mapromec Ab, 2019c).

Företaget fungerar även som en systemleverantör, med hjälp av sitt lokala samarbetsnätverk (Oy Mapromec Ab, 2019b). Detta innebär att de kan ta ansvar för produkthelheter, från råmaterial till färdigt monterad och leveransklar produkt (ibid.). Företaget levererar bland annat åt företag som till exempel Wärtsilä, MAN, Caterpillar med flera.

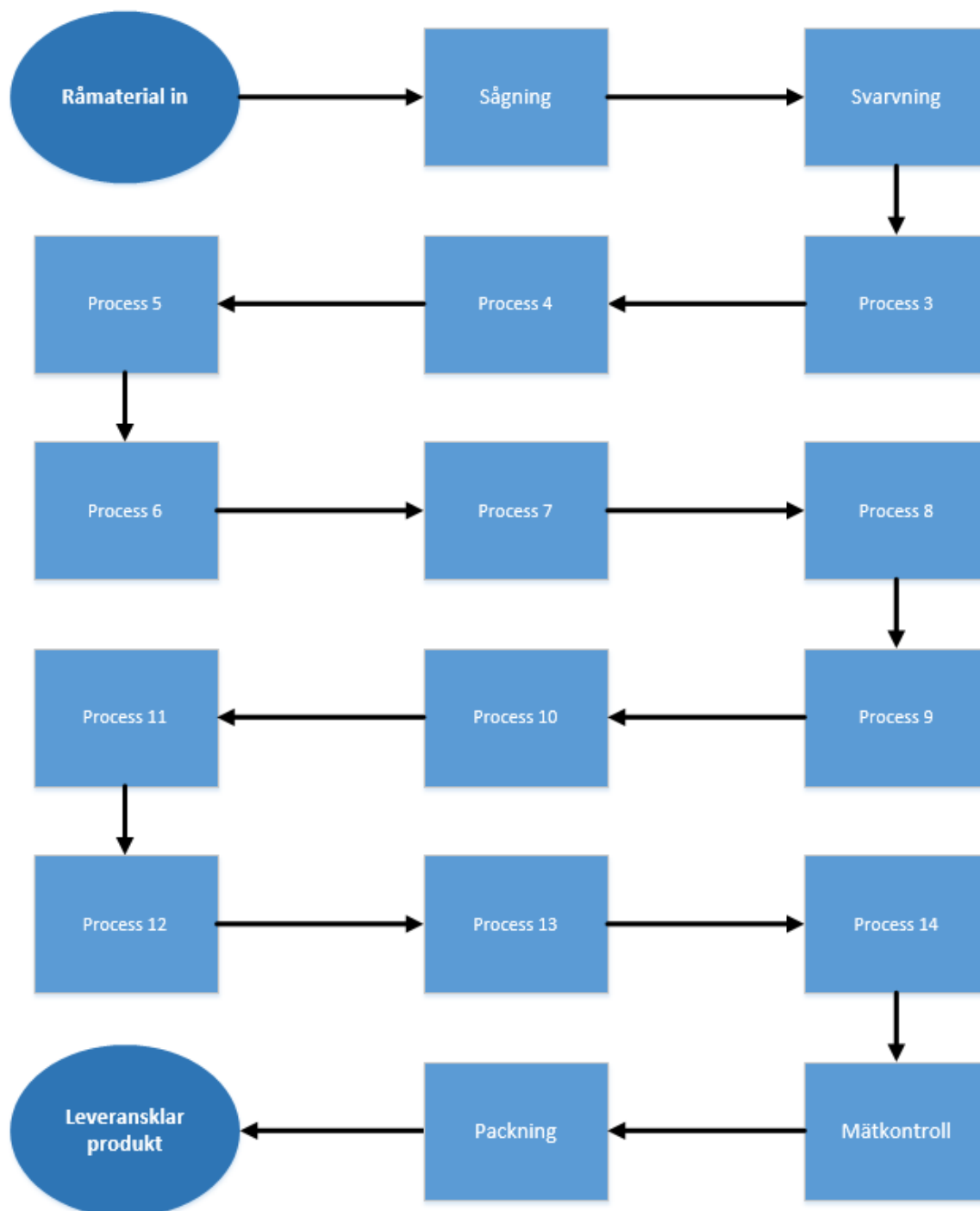
År 2018 hade företaget 62 personer anställda och en omsättning på ca 14 miljoner euro, med ett nettoresultat på 564 000 euro (Fonecta Oy, 2019a). Företagets omsättning år 2015–2018 kan ses i figur 1.



Figur 1. Företagets omsättning år 2015–2018. (Fonecta Oy, 2019a)

Kort om kolvappsproduktionen

Mapromec tillverkar över 100 olika modeller av kolvappar. Årligen producerar företaget i grova drag 18 000 – 22 000 kolvappar. Storleken på en kolvappsbeställning ligger normalt på 50-150st per beställning. Leveranstiden på en kolvapp kan variera mellan modell och avtal med kund, men ligger normalt på ca 8 veckor. Antalet processer som krävs för att tillverka en kolvapp kan vara 10-20 stycken och varierar mellan modellerna (se figur 2).



Figur 2. Exempel på tillverkningsprocessen för en generell kolvapp.

Företaget har kombinerat en del processer i olika arbets- och robotceller för att effektivera produktionen. Dessutom är dessa celler optimerade för olika kolvtappsmodeller och produktgrupper. Till exempel, små och stora kolvtappar bearbetas normalt i olika arbetsceller, fastän processerna som utförs i cellerna är samma. Men, två kolvtappar av motsvarande storlek kan också bli bearbetade i olika celler. Detta beror bland annat på efterfrågan och kapacitet. De olika kolvtappsmodellerna följer dock i normala fall sitt optimala flöde.

Beroende på typ av beställning, dess prioritering och produktionens belastningar finns därmed möjligheten att flödesrutten för en produkt kan variera. Det finns alltså inga fasta rutter för produkterna att ta. En produkt har nästan alltid mer än bara ett alternativ för att gå vidare till nästa process. Med andra ord går produktionens flödesrutter delvis in på varandra. Just därför är produktionsflödet i allmänhet väldigt varierande och komplext.

Det ligger även i produktionens natur att kvalitetsbrister förekommer, vilket är ytterligare en bidragande faktor som gör produktionen mer problematisk. Kvalitetskraven på kolvtapparna är mycket höga. Företaget strävar alltid till att minimera antalet defekter, men i dagens läge är dessa fortfarande oundvikliga. Detta beror på att en kolvtapp måste genomgå så många olika processer innan den är leveransklar, och under varje process finns alltid en risk för kvalitetsbrist. Ibland beror det på mänskliga misstag, ibland på materialet, och på andra orsaker. För att säkerställa leveranssäkerheten räknar man normalt med en marginal på 5–10%, vilket i praktiken betyder att man alltid tillverkar något mer än vad kunden egentligen har beställt.

Förutom att tillverka mot kundorder tillverkar företaget även vissa kolvtappsmodeller mot interna beställningar, för att upprätthålla ett buffertlager av leveransklara kolvtappar. Buffertlagret existerar på grund av tre orsaker: enligt avtal med kunderna, för att säkerställa leveranssäkerheten, samt möjligheten att lättare kunna utjämna produktionen i en natur av kraftiga variationer. Buffertlagrets nivåer följer till stor del prognoser, vilka kunderna ger regelbundet.

Företaget håller ytterligare ett säkerhetslager på råmaterial, eftersom leveranstiden på råmaterial kan ligga på 3–8 månader. Detta är därför också nödvändigt, för att kunna hålla en leveranstid på ca 8 veckor.

Ett exempel på en robotcell från produktionen kan ses i figur 3. Ett exempel på kolvtappar, motsvarande de som företaget tillverkar, kan ses i figur 4.



Figur 3. Exempel på en robotcell (Oy Mapromec Ab, 2020d).



Figur 4. Exempel på kolvtappar liknande de som Mapromec producerar (Eagle Locomotive, 2020).

3 Teori

I detta kapitel presenteras den teori som ligger till grund för arbetet. Kapitlet börjar med att förklara begreppet Lean, dess bakgrund och varför man som företag eller organisation strävar till att vara Lean. Därefter går teorin djupare in på Lean-verktyget *Värdeflödeskartläggning*, vilket är den teori som kartläggnings- och analysarbetet utgått från.

Både Lee & Snyder (2006, s. 73) och Nash & Poling (Nash & Poling, 2008, s. 174) menar att grundläggande kunskap om Lean är fundamentalt när man tillämpar olika Lean-verktyg. Teorikapitlet tar också ytligt upp ett tidigare fall av uppföljningsarbete inför en värdeflödeskartläggning, som en del av teorin om ledtid i kapitel 3.2.2.

3.1 Lean

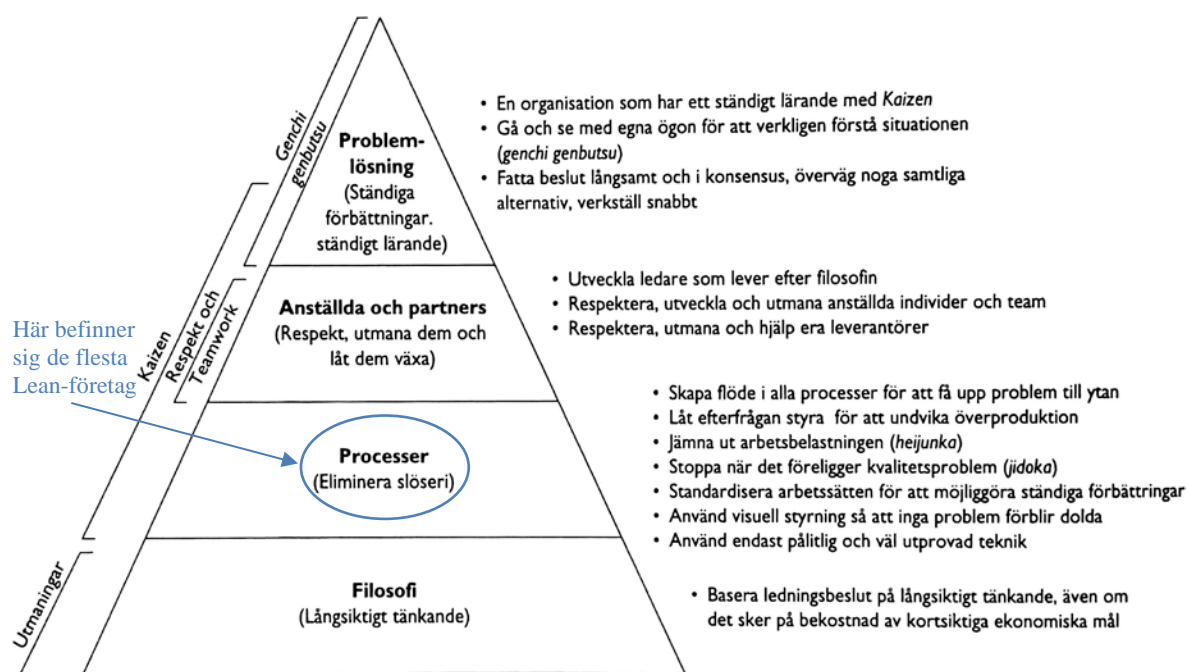
Lean Production, eller på svenska resurssnål produktion, är idag ett världskänt begrepp inom tillverkningsindustrin (Liker, 2009, s. 35). Begreppet kan i sin enkelhet definieras som en verksamhetsstrategi för att eliminera slöseri och samtidigt säkerställa kvalitén genom att involvera personalen i ständiga förbättringar (Riley, 2019). ”Toyota Production System” eller TPS, Toyotas sätt att förhålla sig till produktion, ligger till stor grund för Lean (Liker, 2009, s. 24). Toyota är ett bra exempel, och för många en förebild, av en Lean-verksamhet (Liker, 2009; Magee, 2007).

Enligt Liker (2009, ss. 23-24) bygger TPS och Lean delvis på olika verktyg och metoder i syfte att förbättra processer och eliminera slöseri. Enligt hemsidan *LeanProduction.com* av Vorne Industries Inc. (2019) är eliminering av icke-värdehöjande tid eller slöseri, ur kundens perspektiv, det primära målet i en Lean-verksamhet. Deras artikel *Top 25 Lean Tools* ger en bra överblick av enligt dem de 25 bästa Lean-verktygen (ibid.). Till följande är några exempel, vilka delvis också nämns av Lee & Snyder (2006, ss. 130-131):

- **5S** – Standardiserad organisering av arbetsplatsen, för att i sin tur minimera slöseri.
- **SMED** – Minimering av ställtider, för att i sin tur minimera slöseri.
- **Poka-Yoke** – Förhindrar misstag och defekter genom att ”idiotsäkra” olika saker.
- **Just-In-Time** – Minimering av slöseri genom dragande flöden och minimala lager.
- **Root Cause Analysis** – Identifiering och eliminering av grundorsaker till problem.

Enligt Liker (2009, ss. 24-32) handlar det däremot om mer än bara verktyg och processer för att verkligen bli Lean, och hänvisar till sin egen erfarenhet från de hundratals företag han besökt som påstått sig vara Lean, men i själva verket varit långt ifrån Toyotas nivå. De flesta företag uppnår sällan sin fulla potential eftersom de misslyckas med att se på Lean som ett helhetssystem (ibid.). Nyckeln ligger i företagskulturen – man bör främja en kultur där alla strävar efter ständiga förbättringar (ibid.). Av samma åsikter är även David Magee (2007) i boken *How Toyota Became #1*. Toyota är därför ett bra exempel på en Lean-verksamhet.

I boken *The Toyota Way* av Liker (2009, s. 215) definieras TPS som ”Ett produktionssystem för att uppnå högsta kvalitet, lägsta kostnad och kortaste ledtid genom att motivera personalen att uppnå målen”. Författaren går i sin bok mera detaljerat in på TPS. Vad som däremot ligger till grund för TPS är ”The Toyota Way” – de grundläggande principerna bakom Toyotas företagskultur och arbetssätt – det som gör TPS så effektivt (Liker, 2009, ss. 54-60). 4P-modellen i figur 5 ger en bra sammanfattning över detta.



Figur 5. 4P-modellen av The Toyota Way (Liker, 2009, s. 32).

Det första många tänker på när de hör ordet Lean, är alltså olika verktyg för att eliminera slöseri. Dock efter att ha läst en del litteratur om Lean, hur Lean har sina rötter i TPS, dess bakgrund och dess historia, inser man vikten av att förstå Lean som en helhet. Och processerna är bara en del av den. När det gäller användning och implementering av Lean-verktyg är det därför viktigt att vara medveten om detta för att ens kunna uppnå resultat av fullständig potential.

Men, hur blir man som företag Lean? Enligt Liker (2009, s. 25) i boken *The Toyota Way* kan en Lean verksamhet uppnås genom att tillämpa TPS på alla områden i sin verksamhet. Gary Convis påpekar samtidigt i samma bok av Liker (2009, ss. 10-11), att ”The Toyota Way” är Toyotas egna unika sätt att bedriva sin verksamhet, och att varje organisation måste utveckla sitt eget sätt. Toyota är dock ytterst exemplariskt för att hjälpa andra organisationer utvecklas åt rätt håll (ibid.).

Enligt Toyota finns det tre saker som bör elimineras, varav alla tre är lika viktiga för att enligt Liker lyckas bli Lean (Liker, 2009, ss. 145-161):

1. **Muda – icke värdehöjade.** Detta innefattar åtta typer av slöseri; överproduktion, väntan, onödiga förflyttningar, onödig eller felaktig bearbetning, onödigt stora lager, onödiga arbetsmoment, defekter samt outnyttjad kreativitet hos anställda (Liker, 2009, ss. 50-51).
2. **Muri – överbelastning.** Både människor och utrustning kan överbelastas. Överbelastning kan orsaka säkerhets- och kvalitetsproblem respektive stillestånd och felaktiga produkter – det vill säga *Muda*.
3. **Mura – ojämnheter.** En ojämn produktion kan leda till både *Muri* och *Muda*, med andra ord överbelastning och slöseri. Är variationerna kraftiga kan planerad produktionsutjämning vara nödvändig, där man inte enbart tillverkar direkt mot kundorder. Liker (2009) går i sin bok mer in i detalj om detta, vilket kallas *Heijunka*.

Det är inte ovanligt att man enbart koncentrerar sig på *Muda* när man först börjar använda sig av Lean-verktyg, eftersom detta är oftast målsättningen (Liker, 2009, ss. 145-161). Enligt Fuji Cho och Liker (ibid.) är dock *Mura* fundamentalt för att kunna eliminera *Muri* och *Muda*. Att utjämna produktionen med hjälp av till exempel serietillverkning och buffertlager kan låta kontroversiellt, men i vissa situationer vara nödvändiga alternativ som bidrar till mindre slöseri i slutändan (ibid.). Med andra ord, även om eliminering av slöseri oftast är det primära målet, finns det många saker som är fundamentala och bör beaktas på vägen.

Liker (2009, s. 25) hänvisar också till boken *Lean Thinking* av James P. Womack och Daniel T. Jones (1996) där författarna menar att en Lean verksamhet kan definieras som en process. Denna process kan delas in i fem steg; definiera kundvärdet, definiera värdeflödet, utjämna produktionen, tillverka mot kundorder samt sträva efter högsta kvalitet.

Många företag och organisationer strävar alltså idag till att bli Lean, eftersom det har visat sig vara en mycket lyckad och framgångsrik filosofi och metod för många företag inom flera olika branscher (GoLeanSixSigma.com, 2019). Men, var ska man börja? För att citera Liker (2009, s. 52):

”Det första man måste göra när man angriper en process ur ett Lean-perspektiv är att kartlägga värdeflödet och följa materialet (eller dokumentets eller informationens) vindlande väg genom processen”

Nash & Poling (2008, s. 17) påpekar också problemet med ständiga förbättringar – att veta var man ska börja. En värdeflödeskartläggning kan ge vägledning för just detta (ibid.). Arbetet kommer därför tillämpa Lean-verktyget *Värdeflödeskartläggning* för att angripa ett antal utvalda processer genom att kartlägga och analysera dess värdeflöde – något som i sin tur kan exponera eventuella svagheter i värdeflödet samt ge vägledning åt företaget till förbättringar.

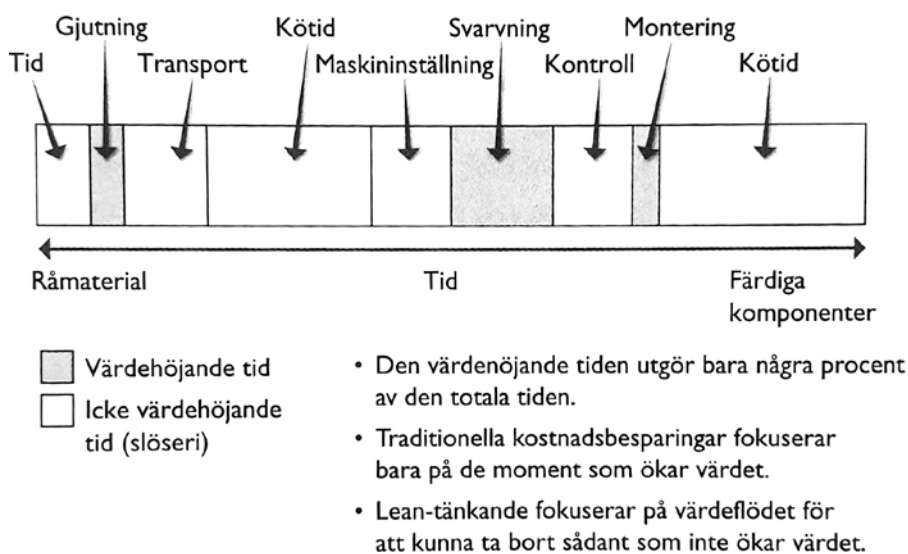
Man bör dock komma ihåg att tillämpning av Lean-verktyg inte automatiskt gör ett företag Lean. Som flera källor påpekar, fokuserar de flesta företag på verktygen och processerna. I värsta fall glömmer man även vikten av en utjämnad produktion med jämn belastning. Lean är en hel filosofi, och Toyota är ett utmärkt exempel. För att effektivt kunna uppnå ständiga förbättringar krävs också rätt strategi. Personalen bör vara motiverad och involverad i ständiga förbättringar. Däremot kan tillämpning av olika Lean-verktyg, medveten om helheten, vara ett steg i rätt riktning.

3.2 Värdeflödeskartläggning

Värdeflödeskartläggning, eller också värdeflödesanalys, heter på engelska Value Stream Mapping och förkortas VSM (CANEA Partner Group AB, 2019). Detta är ett visuellt och TPS orienterat Lean-verktyg som används för att kartlägga, förstå och förbättra värdeflöden (Lee & Snyder, 2006; Software Lucid Inc., 2019). I kartläggningen separeras värdehöjande tid från icke-värdehöjande tid ur kundens perspektiv (ibid.). Målet är därefter att försöka eliminera slöseri, det vill säga *muda*, genom att analysera resultatet och arbeta fram ett förslag på ett förbättrat värdeflöde, för att slutligen driva igenom förbättringarna (ibid.).

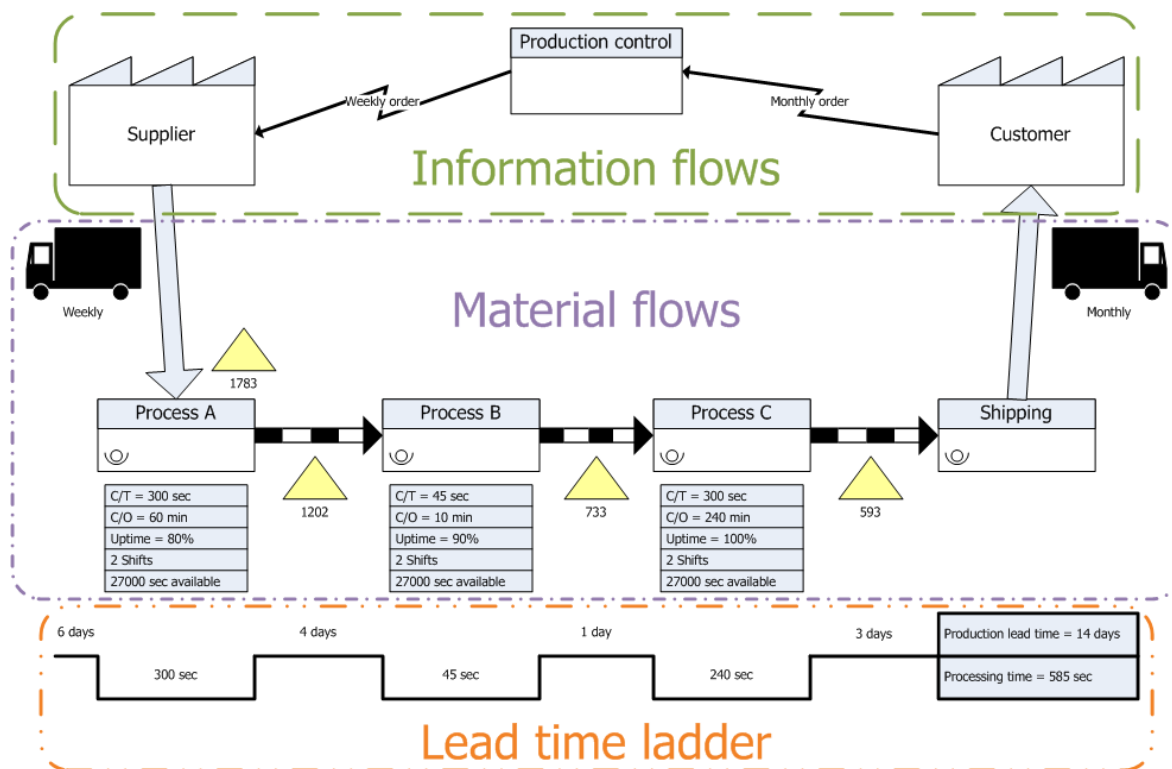
Ett värdeflöde kan definieras som flödet av alla processer, från att en begäran uppstått, tills behovet blivit tillfredsställt och alla aktiviteter har avslutats. I en fabrik kan värdeflödet ses som flödet av alla processer, från att man mottagit en kundorder tills att produkten har levererats och betalningen har erhållits. På verkstadsgolvet ser man ofta på värdeflödet som flödet av alla processer från råmaterial till slutprodukt. (Nash & Poling, 2008, s. 1)

Att se på processerna ur kundens perspektiv är nyckeln till att kunna särskilja värdehöjande tid från icke-värdehöjande tid (Lee & Snyder, 2006, ss. 14-15). Värdehöjande tid kan definieras som en handling som fysiskt transformerar en produkt på något sätt som gör att produkten blir mer värt ur kundens perspektiv – en handling som gör att kunden skulle vara beredd att betala mer för produkten (ibid.). Icke-värdehöjande tid, alltså slöseri, är istället allt annat (ibid.). Det vill säga handlingar och processer som en produkt går genom, som inte höjer dess värde från kundens perspektiv (ibid.). I figur 6 finns ett exempel av Liker (2009, s. 52) som särskiljer dessa två typer av tider mer konkret.



Figur 6. Exempel på värdehöjande tid och icke-värdehöjande tid (Liker, 2009, s. 52).

I figur 7 illustreras ett exempel på en typisk värdeflödeskarta. Exemplet är hämtat från hemsidan *Wikipedia.org*, men korrelerar fullständigt med teorin av Nash & Poling (2008, s. 4), Lee & Snyder (2006, ss. 53-60) och Software Lucid Inc. (2019).



Figur 7. Exempel på en värdeflödeskarta. (Value-stream mapping, 2019)

Att förstå symbolerna som används är nödvändigt för att både skapa men också tyda en värdeflödeskarta (Lee & Snyder, 2006, s. 49). Symbolerna som både Lee & Snyder (2006), Nash & Poling (2008) och Software Lucid Inc. (2019) presenterar, korrelerar med varandra.

Även om dessa grundläggande symboler fungerar utmärkt som utgångspunkt, påpekar Nash & Poling (2008, s. 9) också att man som kartläggare inte är helt bunden till dessa, så länge man göra kartläggningen så tydlig som möjlig både för sig själv och publiken. Detaljnivån på kartläggningen är ej heller skriven i sten (Nash & Poling, 2008, ss. 39-41). Man bör dock hålla sig till de grundläggande principerna, standardiserade symbolerna och den grundläggande layouten så långt som bara möjligt (ibid.). De figurer och symboler som används i arbetet finns listade och förklarade i Bilaga 2, och baserar sig på teorin av Lee & Snyder (2006) och Nash & Poling (2008).

Informationsflödet

På övre delen av kartan finns informationsflödet (se *Information flow* i figur 7). Detta är något som skiljer värdeflödeskartläggningen från traditionella flödeskartor (Nash & Poling, 2008, s. 6). Informationsflöden kan vara både formella och informella, men också nödvändiga eller icke-nödvändiga (ibid.). Några mer konkreta exempel av olika informationsflöden är dagligt manuella, elektroniska, genom ERP system eller som en del av ett Kanban-system (Lee & Snyder, 2006, s. 51).

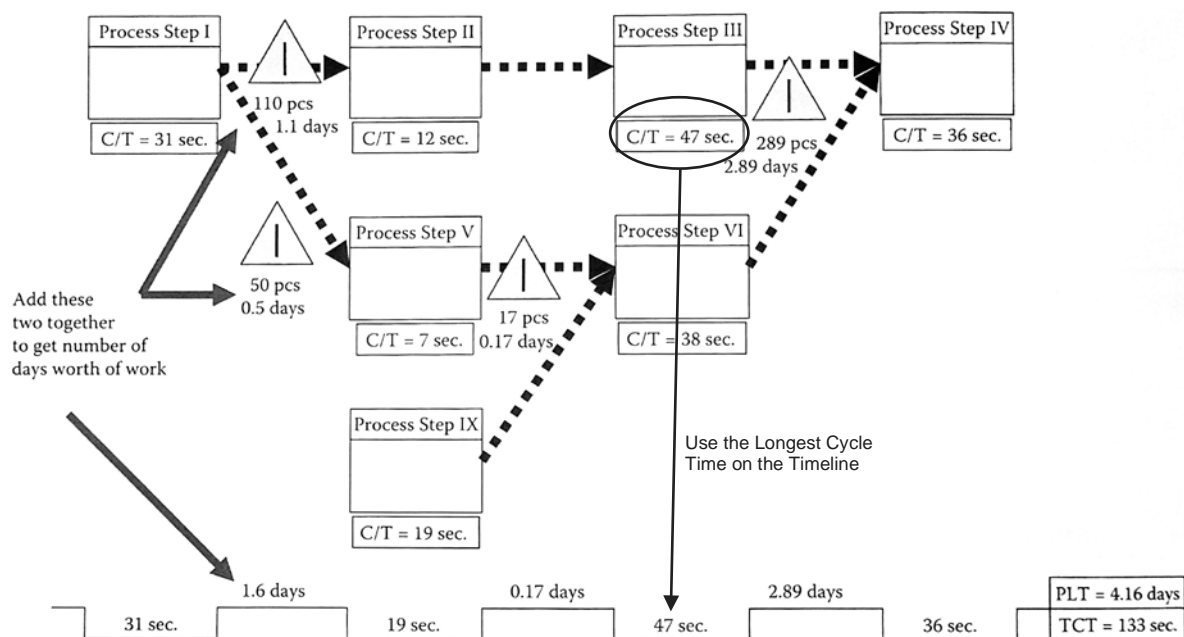
Det materiella flödet

Det centrala i en värdeflödeskarta är det materiella flödet, vilket är indelat enligt olika processer (se *Material flow* i figur 7). Enligt Nash & Poling (2008, s. 2) bör detta alltid flöda från vänster till höger. Följande är tre huvudsakliga typer av materiella flöden enligt Lee & Snyder (2006, ss. 63-64) och Nash & Poling (2008, ss. 66-68):

- **Tryckande** – varje process arbetar på basis av planerad produktion och prognoser, och har alltid en kö av produkter i arbete före sig. Detta bidrar oftast till okontrollerade lager, onödigt stora lager och längre ledtider.
- **Dragande** – man tillverkar enbart mot behov. Detta är något som man i en Lean-verksamhet alltid strävar till. För att utjämna produktionen används ofta ”Kanban-system” för att hålla kontrollerade mellanlager mellan processerna.
- **FIFO** – står för först-in-först-ut och kan jämföras med ett löpande band. Om ett dragande system inte är möjligt, är FIFO normalt att föredra framför ett tryckande flöde. I ett FIFO-flöde tillverkar man alltid i samma ordning som föregående process och upprätthåller kontrollerade mellanlager med en definierad maxgräns.

Varje process har också en egen databox med dess egenskaper och nyckeltal listade (se figur 7). Dessa kan vara hur många som helst, och man bör således välja ut de mest relevanta (Lee & Snyder, 2006, s. 61). Några exempel kan vara cykeltid, ställtid, tillgänglig produktionstid per dag, reliabilitet och andel defekter (ibid.).

Det är också möjligt att rita parallell- eller sidoflöden av processer om sådana ingår i värdeflödet (Nash & Poling, 2008, ss. 124-131). I figur 8 ses ett exempel hur dessa kan illustreras i en värdeflödeskartläggning.



Figur 8. Värdeflödeskartläggning med parallell- eller sidoflöden (Nash & Poling, 2008, ss. 124-128).

Tidslinjen

Tidslinjen, vilken kan ses både i figur 7 som *Lead time ladder* men också i figur 8, innehåller två olika tider: processtid och leddtid. Dessa urskiljer värdehöjande tid respektive icke-värdehöjande tid (Lee & Snyder, 2006; Nash & Poling, 2008). Dessa kan summeras i änden av tidslinjen för att jämföra förhållandet mellan den totala värdehöjande tiden och den totala icke-värdehöjande tiden (ibid.). Nash & Poling (2008) tillägger också möjligheten att kartlägga de fysiska avstånden mellan varje process som en skild linje under tidslinjen.

3.2.1 Där kan värdeflödeskartläggning tillämpas

Det finns flera typer av kartläggningsmetoder – värdeflödeskartläggning, alltså VSM, är bara en av dem (Lee & Snyder, 2006). Valet av kartläggningsmetod beror helt på situationen (ibid.). Nash & Poling (2008, ss. 1-2) menar däremot att VSM har blivit allt vanligare att föredra än det klassiska "Process Mapping", eftersom VSM ofta är enklare att förstå samtidigt som det ger en bättre helhetsbild av värdeflödet. Enligt Lee & Snyder (2006, s. 48) finns det sex faktorer som bör beaktas om man överväger VSM som metod:

1. **Volym** – VSM kan bra tillämpas på stora volymer. Låga volymer är istället ofta mer problematiska, eftersom det normalt betyder mer oberäkneliga och komplexa flöden.
2. **Varians** – Har produkterna en obetydlig varians i tillverkningsprocesserna kan VSM vara ett bra alternativ. Finns det däremot mycket variationer kan det vara svårare att tillämpa denna metod.
3. **Utrustning** – VSM förutsätter också att få produkter använder sig av samma utrustning för att kunna ge ett noggrant resultat. När många olika produkter använder sig av samma utrustning kan det vara svårt för en VSM att visa all information tydligt.
4. **Flödesrutter** – Fasta rutter och sekvenser av flödet är också viktigt för en bra VSM. Finns det en stor varians i flödesrutterna bör man överväga andra metoder.
5. **Komponenter** – Om produkten kräver montering är det till fördel med så få komponenter som möjligt. Kräver monteringen många komponenter blir VSM onödigt komplext. Då kan andra kartläggningsmetoder vara vettigare alternativ.
6. **Strategi** – VSM är trots allt ett mycket TPS orienterad Lean-verktyg. Så gott som alla kan tillämpa Lean-verktyg, men alla Lean-verktyg lämpar inte alla situationer. Enligt Software Lucid Inc. (2019) kan VSM i sig själv vara en ren icke-värdehöjande tid om den inte tillämpas korrekt. Därför är det också viktigt att vara medveten om den fakta som presenteras i kapitel 3.1.

Med andra ord är flöden med låga variationer och i stora volymer det ideala scenariot att kartlägga i. Men, som Nash & Poling (2008) påpekade kan man delvis lösa eventuella variationer med parallell- och sidoflöden. Dessutom finns alltid möjligheten att kartlägga per produkt eller produktgrupp. Om man däremot börjar ha att göra med väldigt många sidoflöden menar Lee & Snyder (2006) att man bör överväga processkartläggning.

3.2.2 Kartläggning av nuvarande värdeflöde

Det första steget av värdeflödeskartläggningen är att kartlägga det nuvarande värdeflödet – värdeflödet som det ser ut nu (Lee & Snyder, 2006; Nash & Poling, 2008). Författarna föreslår även att man sätter ihop ett team för att utföra värdeflödeskartläggningen (ibid.). Följande steg beskriver kartläggningsprocessen av det nuvarande värdeflödet:

1. Välj ut den produkt eller produktgrupp som bör kartläggas och förbättras.

Här finns det åtminstone följande två alternativ: **Matrismetoden** eller att gå **rakt på sak**. **Matrismetoden** är användbar för att kartlägga enligt produktgrupp, genom att i en matris logiskt identifiera produktgrupper på basis av vilka processer som produkterna går genom. Eller, så kan man också gå **rakt på sak** och börja kartlägga, om värdeflödena är enkla att identifiera och valet är självklart. Man bör kartlägga ett värdeflöde i gången, men det ultimata målet är alltid att kartlägga alla. (Nash & Poling, 2008, ss. 17-27)

Nash & Poling (2008, ss. 39-40) och Software Lucid Inc. (2019) menar också att man bör avgränsa själva värdeflödet. När man valt ut en produkt eller produktgrupp bör man avgöra hur stor del av värdeflödet man vill kartlägga – hela värdeflödet från råmaterial till färdig produkt för alla leverantörer, enbart ett företags flöde, eller en specifik del av flödet (ibid.).

2. Ta reda på bakgrundsinformation:

Lee & Snyder (2006, s. 53) och Nash & Poling (2008, s. 34) föreslår att man börjar med att kartlägga informationsflödet. Följande är dock grundläggande information som man enligt Nash & Poling (2008, s. 31) bör ta reda på först av allt:

- **Vem är kunden?** Hur ofta beställer kunden? Hur ofta levererar företaget till kunden? Ger kunden prognoser? Hur ser efterfrågan och eventuell produktmix ut?
- **Vem är underleverantören?** Hur ofta beställer företaget av underleverantören? Hur ofta levererar företaget? Ger företaget prognoser?
- **Hur ser arbetskraften ut?** Hur många skift jobbar man i? Hur långa är arbetsskiften? Hur stor del av arbetstiden är produktionstid?
- **Hur ser produktionsplaneringen ut?** Vem styr produktionen och hur? Sker det via ett ERP-system?

När man har besvarat föregående frågor kan man börja kartlägga informationsflödet mellan underleverantören, företaget och kunden. Nash & Poling (2008, s. 34) föreslår också att man märker värdeflödeskartan med en ruta uppe till vänster, för att berätta vilket värdeflöde man kartlagt, vem som kartlagt och datum.

3. Börja kartlägga flödet och processerna.

Nash & Poling (2008) föreslår att man kartlägger värdeflödet, genom att gå ut i produktionen och dokumentera flödet enligt hur det ser ut i verkligheten, börjandes bakifrån första gången. Gå så många varv som behövs (ibid.). Nash & Poling (2008, ss. 121-122) påpekar också att om man får all data åtminstone 70 % rätt, är det helt tillräckligt för att börja med. På så sätt kan man fortskrida effektivt samtidigt som man får med det viktigaste och undviker överanalys (ibid.). Följande är sådan information som både Nash & Poling (2008) och Lee & Snyder (2006) föreslår att man mäter, räknar ut eller tar reda inför kartläggningen:

- **Processerna** – kartlägg varje steg av värdehöjande aktivitet för det utvalda och avgränsade värdeflödet. Rita en processruta för varje process.
- **Flödet** – är flödet tryckande, dragande eller av annan typ mellan processerna? Olika typer av flöde identifieras med olika symboler.
- **WIP** – räkna antalet komponenter i lager mellan varje process. Detta lager kallas på engelska Work In Progress, och betyder produkter i arbete som är i kö för att bli processade. Om det existerar mellanlager av olika produktgrupper kan dessa särskiljas i kartläggningen. WIP antecknas mellan varje process på värdeflödeskartan.

Man bör däremot komma ihåg att den nuvarande värdeflödeskartan i normala fall bör betraktas som en bild av ett ögonblick (Nash & Poling, 2008, ss. 41-44). Antalet kan variera från dag till dag. Noggrannheten är inte så viktig, bara man räknar och antecknar vad man ser i stunden (ibid.). Lee & Snyder (2006, s. 62) menar däremot att man kan uppskatta ett medeltal om antal i lager varierar mycket.

- **Processtid**, alltså cykeltid eller C/T – tiden det tar att utföra en process, eller mer konkret, den tid det tar för en process att producera en komponent. Denna tid antecknas både på tidslinjen som värdehöjande tid och i processernas databoxar. Man kan vid behov även analysera och dela in processtiden i sig, i värdehöjande tid och icke-värdehöjande tid.

- **Ledtid**, alltså genomgångstiden, heter på engelska Lead Time. Denna framgår som icke-värdehöjande tid, alltså slöseri, på tidslinjen. Andra ord för ledtid är lager i dagar. Ledtid kan enkelt beräknas med hjälp av *Little's Law* (Lee & Snyder, 2006, ss. 62-63; George, Maxey, Rowlands, & Upton, 2004) enligt följande formel:

$$\text{Ledtid} = \text{WIP} * \text{Processtid} \quad (1)$$

Nash & Poling (2008, ss. 73-74) föreslår istället att man räknar ut ledtiden på basis av kundens efterfrågan istället för processtid. Detta ger en mer allmän bild över ledtiden och kan beräknas enligt följande formel (ibid.):

$$\text{Ledtid} = \text{WIP} \div \text{Daglig efterfrågan} \quad (2)$$

Andra källor föreslår även den möjligheten att kartlägga flödet genom att följa med en produkt igenom värdeflödet för att rent konkret mäta ledtiden (George et.al. 2004; FGC Consulting, 2020). FGC Consulting (2020) menar att detta kan ge ett mer noggrant resultat, problemet är bara att man som kartläggare omöjligt kan vara närvarande under hela genomgångstiden (ibid.).

I en vetenskaplig artikel av Fields, Neogi, Schoettker & Lail (2018) har författarna däremot tillämpat VSM i en kontorsmiljö och kartlagt verkliga ledtider och processtider genom ett uppföljningsarbete. I arbetet har man bifogat uppföljningsblanketter i det materiella flödet. Istället för att själva mäta tiderna, lät man arbetarna fylla i formuläret igenom värdeflödet. Formuläret hade färdigt listat alla processer och angett grundläggande information. Information som formuläret begärde per arbetsskede var antal, tid & datum när arbetet anlät, tid & datum när arbetet var klart, initialer samt övriga kommentarer. Efter kartläggningen och genomdrivandet av förbättringsförslagen sjönk medianen för den totala ledtiden från 50 dagar till 3 dagar och medianen för den totala processtiden från 14min till 9min. Resultatet borde uppskattningsvis spara 11 000 USD årligen. (Fields, et.al. 2018)

- **Tillgänglighet** – den produktionstid som finns tillgänglig per dag per process för den produkt eller produktgrupp som kartläggs.
- **Antal arbetare** eller operatörer vid varje process. Antalet kan också vara en bråkdel om till exempel en operatör övervakar flera robotceller samtidigt.

- **Ställtid**, på engelska Changeover Time eller C/T, är den tid det tar att ställa om till exempel en maskin eller en arbetsstation. Detta omfattar tiden från att föregående arbetes sista felfria produkt blev färdig, till att följande arbete kan börja köras felfritt. Ställtid är en också en typ av slöseri.
- **Defekter**, vilket omfattar produkter som måste repareras, omarbetas eller kasseras (Liker, 2009, ss. 50-51). Detta är också en typ av slöseri (ibid.). Andelen defekter kan jämföras med totala antalet tillverkade produkter (Nash & Poling, 2008, s. 76).
- **Pålitlighet**, på Engelska Uptime eller U/T, beskriver hur ofta utrustningen eller maskinerna fungerar som den ska. Detta anges i procent och kan till exempel mätas och räknas ut som förhållandet mellan alla gånger maskinen fungerat som den ska, av alla gånger den använts. (Nash & Poling, 2008, ss. 83-85).

Man kan även mäta och beakta mera faktorer. Till exempel att särskilja värdehöjande tid från icke-värdehöjande tid inom själva processtiden (ibid.). Eller, tillgänglighet av utrustning, ifall utrustningen delas av andra (ibid.). Men, som tidigare påpekats bör man fokusera på de mest relevanta i situationen.

Avslutningsvis påpekats det också att VSM som kartläggningsmetod ständigt utvecklas. Man bör alltid hålla ett öppet sinne för nya idéer och sätt för att använda VSM. Det är också viktigt att redan från början förstå, att värdeflödeskartläggning bör ses som en kontinuerlig cykel av ständiga förbättringar. Vartefter förändringar sker, bör värdeflödeskartan uppdateras och igen analyseras. Man kan alltid göra något bättre. (Nash & Poling, 2008)

3.2.3 Presentera kartläggningen

Innan man kan börja arbeta fram ett förslag på ett förbättrat värdeflöde, menar dock Nash & Poling (2008, ss. 159-169) att det viktigt att man presenterar kartläggningen åt alla som arbetar inom värdeflödet. På så sätt kan man snabbt korrigera eventuella misstag och fel i kartläggningen, samtidigt som arbetarna kan bidra med värdefull input (ibid.). Teorin om Lean enligt Liker (2009) och Magee (2007) betonar också vikten av teamwork och respekt.

Det är viktigt att man håller ett öppet sinne, eftersom det huvudsakliga syftet med detta är att skapa acceptans och komma överens. Genom att lyssna på arbetarna, svara på frågor och visa att man uppskattar deras åsikter, skapar man ett förtroende – något som är fundamentalt för att effektivt genomdriva förbättringsförslag. Därmed bör man även vara beredd att göra ändringar till kartläggningen under presentationen. (Nash & Poling, 2008, ss. 159-169)

Presentera samtidigt en figurbeskrivning, eftersom det är nödvändigt att publiken verkligen förstår kartläggningen för att kunna ge återkoppling. Man bör också presentera kartläggningen på ett lämpligt sätt beroende på situationen – till exempel genom att rita på en whiteboard, använda presentationsprogram, eller genom att printa ut enskilda kopior. (Nash & Poling, 2008, ss. 159-169)

3.2.4 Förslag på förbättrat värdeflöde

Medan syftet med att kartlägga det nuvarande värdeflödet bland annat är att skapa förståelse för att exponera problem som existerar i det nuvarande värdeflödet, är syftet med ett förslag på ett förbättrat värdeflöde att skapa inspiration, målsättning och grund till förbättringar (Nash & Poling, 2008, s. 173). Senast i detta skede bör alla som är involverade också känna till grunderna i Lean (Lee & Snyder, 2006, s. 65; Lee & Snyder, 2006, s. 174). Med andra ord, sådan teori som finns sammanfattad i kapitel 3.1.

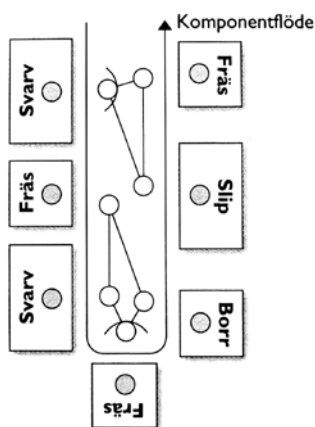
Man bör komma ihåg att i detta skede ännu inte sätta allt för mycket tid på detaljerna (Lee & Snyder, 2006, s. 65). I detta skede bör man enbart fokusera på rimliga förbättringsmöjligheter – detaljerna i hur man ska gå till väga rent praktiskt kan man fokusera på i ett senare skede (ibid.). Av samma åsikter är även Nash & Poling (2008, s. 173). Man bör därmed också ha rimliga förväntningar.

Värdeflödeskartorna kan, och ska justeras, vartefter arbete framskrider (Lee & Snyder, 2006, s. 65). Vissa förbättringsförslag kan komma att visa sig vara omöjliga att genomdriva, medan vissa förslag visar sig vara helt möjliga (ibid.). Samtidigt kan alltid nya idéer komma upp (ibid.). Nash & Poling (2008, s. 173) menar att det är sällsynt att man i slutändan verkligen förändrat värdeflödet exakt enligt det ursprungliga förslaget. Värdeflödeskartläggning är med andra ord en ständigt pågående process. Vartefter arbete framskrider bör värdeflödeskartorna i något skede uppdateras.

9 steg till ett förbättrat värdeflöde enligt Lee & Snyder (2006, ss. 67-73):

1. Granska kartläggningen av det nuvarande värdeflödet. Svara på följande frågor:
 - a. Är kartläggningen i huvudsak korrekt?
 - b. Förstår alla som ska granska kartläggningen varenda detalj?
 - c. Var finns de största förbättringsmöjligheterna?
2. Beräkna Takt-tid, vilket kan beräknas som den tillgängliga arbetstiden i förhållande till kundens efterfråga. Resultatet berättar i vilken takt man bör arbeta i för att hinna tillverka mot efterfrågan. Genom att jämföra takt-tid och processtid kan man enkelt identifiera kapacitetsbrister. Att beakta takt-tid är något som även förespråkas av Nash & Poling (2008) men också av Liker (2009).
3. Identifiera flaskhalsen – normalt processen med längst processtid.
4. Fundera över förbättringsmöjligheter gällande ställtider och serietillverkning. Ställtid är inte bara en typ av icke-värdehöjande tid. Lägre ställtid tillåter också tillverkning i mindre serier, vilket i sin tur kan underlätta produktionsplaneringen och minimera WIP, alltså produkter i arbete. Detta leder i sin tur också till lägre ledtider och mindre slöseri.
5. Identifiera potentiella arbetsceller för att skapa enstycke-flöden. I allmänhet skulle det vara bäst att kombinera alla processer, från början till slut, i en enda arbetscell. I praktiken är det dock sällan möjligt att gå så långt.

Det ideala Lean-flödet är enstycksflödet där produkterna vandrar oavbrutet från process till process, eftersom där existerar inga mellanlager samtidigt som genomgångstiden är minimal (Liker, 2009, ss. 116-134). Målsättningen i en Lean-miljö är därför alltid att skapa enstycksflöden där möjligheten finns (ibid.). I figur 9 finns ett mer praktiskt exempel av Liker (2009, s. 128) på hur en "Lean-arbetscell" med enstycksflöde kan se ut, där flera maskiner och arbetare har kombinerats i en enda arbetscell. Lee & Snyder (2006, s. 89) går djupare in på detaljerna om för- och nackdelarna mellan enskilda arbetsstationer och arbetsceller.



Figur 9. "Lean-arbetscell" med enstycksflöde (Liker, 2009, s. 128).

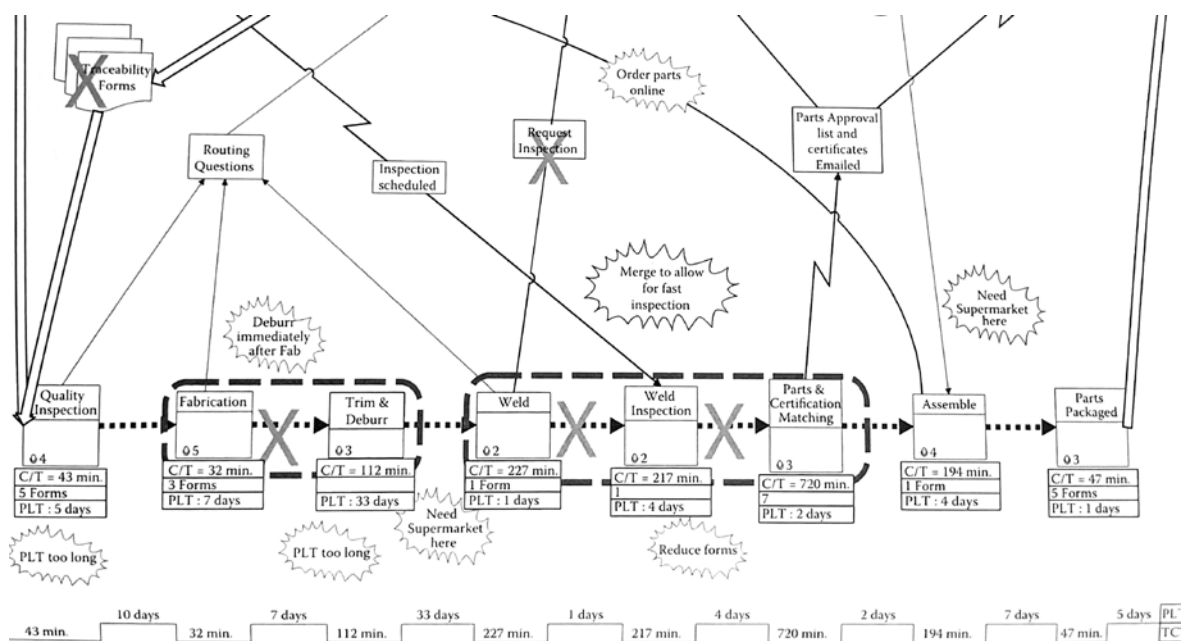
Nash & Poling (2008, s. 252) menar dock att om ett enstycke inte är möjligt, bör man alltid sträva efter minimala seriestorlekar. Dock utan att riskera leveranssäkerheten (ibid.).

6. Identifiera möjligheter för att tillämpa dragande flöden eller FIFO-flöden.
7. Fastställ allmänna schemalägningsrutiner. Till exempel genom att förbättra rutinerna för hur man ger prognos åt sina underleverantörer, eller rutinerna för hur man hanterar eventuella säkerhetslager.
8. Beräkna de nya ledtiderna. Jämför dem sedan med de nuvarande tiderna. Jämför också eventuella förbättringar i processtid, ställtid, WIP och produktivitet.
9. Rita Kaizen-utbristningar för att indikera områden som behöver mera arbete för att lösa alla praktiska detaljer för implementering. Nash & Poling (2008, s. 176) föreslår däremot att man använder dessa till att uttrycka problem och förbättringsförslag.

Följande är saker att ta fasta på, vilket kan tyda på stora förbättringsmöjligheter (Lee & Snyder, 2006, s. 65):

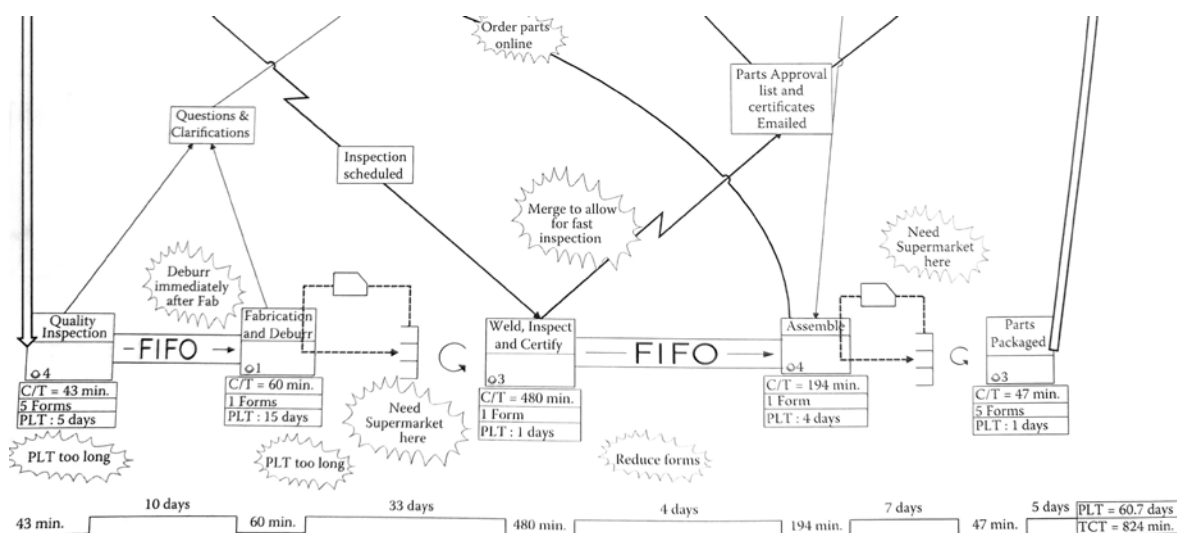
- Stora lagernivåer.
- Långa tider eller förflyttningsavstånd.
- Långa ställtider och stora tillverkningsserier.
- Kvalitetsproblem.
- Låg pålitlighet av maskiner och utrustning.
- Kommunikationsbrister inom informationsflödet.

Nash & Poling (2008, ss. 175-179) föreslår dock ett mer ostrukturerat arbetssätt, genom att man samlar ihop kartläggningsteamet för att påbörja en brainstorming-session. Man bör förbereda mötet med att färdigt printa ut kopior av det nuvarande värdeflödet åt alla deltagare. På så sätt kan man alla slänga ut idéer och anteckna direkt ovanpå kartorna av det nuvarande värdeflödet. Efter ett tag kan det vara en bra idé att börja skissa om, eftersom det snabbt kan bli klottrigt. Ett exempel på resultatet av en sådan brainstorming-session kan ses i figur 10. På så sätt kan man sakta börja skissa om värdeflödet till ett förslag på ett förbättrat värdeflöde. (Nash & Poling, 2008, ss. 175-179)



Figur 10. Exempel på brainstorming av nuvarande värdeflöde (Nash & Poling, 2008, s. 178).

Nash & Poling (ibid.) uppmanar till att alltid utgå från "Future State Icons", vilka återigen handlar om FIFO-flöden, dragande flöden och Kanban-system (ibid.). Man bör alltså undvika de konventionella systemen så som tryckande flöden så långt som bara möjligt, eftersom dessa flöden ofta är orsaken bakom nuvarande slöseri. Det är också viktigt att man lämnar alla Kaizen-utbristningarna från det nuvarande värdeflödet, så att man tydligt förstår allt som bör göras för att uppnå ett förbättrat värdeflöde (Nash & Poling, 2008, s. 195). I figur 11 ses det slutgiltiga förslaget på ett förbättrat värdeflöde från värdeflödeskartan i figur 10. Resultatet är en teoretisk ledtid som är nästan 12 dagar kortare.



Figur 11. Exempel på förslag på förbättrat värdeflöde (Nash & Poling, 2008, s. 183).

När man har ett slutgiltigt resultat av ett förslag på ett förbättrat värdeflöde, menar Nash & Poling (2008, ss. 197-199) att man återigen bör presentera sitt resultat åt arbetarna inom värdeflödet, så som i kapitel 3.2.3. Först efteråt, när man är överens, kan genomdrivningar av förbättringar påbörjas. På så sätt kan man framskrida mycket mer effektivt.

Det första man dock bör göra vid implementering av förbättringsförslag är att etablera en strategi (Nash & Poling, 2008). Därefter bör man utse ett projektteam med projektledare (ibid.). Det är också viktigt att man följer upp projekten och hur de framskrids (ibid.). En användbar metod för att snabbt och effektivt lösa problem och praktiska detaljer är "Kaizen", något som också förespråkas av Liker (2009). Detta innebär kort sagt workshops med personalen. Båda författarna går i sina böcker mer in i detalj om saken.

När man lyckats genomdriva olika förbättringsförslag är det slutligen också viktigt att man följer upp, mäter och jämför förändringarnas inverkan (ibid.). Det är viktigt att ledningen lätt kan förstå den ekonomiska nyttan (ibid.). Man kan också anta att positiva resultat kan vara motivationshöjande för personal, samt främja en kultur för ständiga förbättringar.

4 Metod

I detta kapitel presenteras de metoder och tillvägagångssätt som tillämpats i arbetet. Med andra ord, hur arbetet utförts i praktiken. Kartläggningsmetoden och kärnan i arbetet är alltså Lean-verktyget *värdeflödeskartläggning* – en välkänd metod för att kartlägga, analysera och förbättra värdeflöden.

Tre olika kolvtoppsmodeller kommer alltså att undersökas och kartläggas: KT1, KT2 och KT3. Nash & Poling (2008, ss. 17-27) förespråkar att man kartlägger ett värdeflöde i gången, men på grund av produkternas långa genomgångstid och arbetets begränsade tid har det valts att kartlägga alla tre modeller samtidigt. Dessutom var uppdragsgivaren intresserad av att kunna jämföra de olika värdeflödena som en del av resultatet.

Kartläggningen kommer i första hand att utföras enligt teorin av Lee & Snyder (2006) och Nash & Poling (2008), på basis av en beräknad teoretisk ledtid. Men, eftersom uppdragsgivaren också var intresserad av att kartlägga och jämföra de planerade och de verkliga ledtiderna, har även andra metoder tillämpats i arbetet.

Förstahandsvalet för att kartlägga de verkliga tiderna i värdeflödet var alltså ett uppföljningsarbete, motsvarande den tidsstudie som Fields et al. (2018) utfört. På så sätt skulle man direkt kunna mäta till exempel verklig processtid, ledtid, defekter med mera. På grund av omständigheterna blev det dock aktuellt att samtidigt också undersöka möjligheterna för uppföljning i Adjutant. Dessa omständigheter presenteras mer detaljerat som en del av diskussionen i kapitel 6. De planerade ledtiderna kommer slutligen att extraheras direkt från C9000.

Microsoft Excel valdes för kalkyl och databehandling. All data från undersökningarna har sammanställts i Excel. Verktyget har också använts för beräkningar, grafer och tabeller. Microsoft Visio valdes som kartläggningsprogram eftersom det är anpassat för bland annat värdeflödeskartläggningar. Det är också till fördel när man är van vid andra program av Microsoft, eftersom funktionerna är liknande mellan programmen.

Ytterligare bör det påminnas, att alla exempel som presenteras i detta kapitel, baserar sig på påhittad data. Detta för att kunna illustrera hur arbetet har utförts, utan att läcka konfidentiell information.

Värdeflödeskartläggning som kartläggningsmetod

Kartläggningsmetoden valdes eftersom den tydligt illustrerar ledtiderna mellan alla processer, men också värdeflödet som helhet. Att kartlägga och definiera värdeflödet är delvis också fundamentalt för en Lean-verksamhet. Resultatet kan ge en bättre förståelse av värdeflödet, och samtidigt exponera problem och ge vägledning till förbättringar. Med hänsyn till den teori som presenteras i kapitel 3.2.1 torde kartläggningsmetoden lämpa situationen:

- **Volym** – KT1 och KT2 tillverkas i medelstora-stora volymer. Tillsammans utgör de en relativt stor del av kolvtappsproduktionens omsättning och volym. KT3 tillverkas dock i mycket låga volymer, men resultatet kan vara intressant för att se hur en specialtapp kan skilja sig från högvolymtappar.
- **Varians** finns det väldigt mycket av. Efterfrågan på olika produkter kan variera väldigt kraftigt, samtidigt som processtiden mellan olika produkter kan skilja så mycket som 5–60 minuter. Däremot är variationerna mellan produkter av samma modell obetydliga.
- **Utrustningen** som används i varje arbetsskede är så gott som alltid dedikerad för en beställning åt gången.
- **Flödesrutterna** kan också variera mellan beställningarna. Arbetet kommer därför att kartlägga kolvtapparna enligt deras vanligaste rutter. Eventuella alternativa rutter kan illustreras med parallell- och sidoflöden.
- **Komponenter** – det finns endast en delkomponent som monteras på kolvtapparna. Ett sådant flöde kan då illustreras som ett parallell- och sidoflöden.
- **Strategi** – på grund av en väldigt komplex produktion, är det mycket oklart vilken strategi som kan lämpa sig bäst för att kartlägga värdeflödet i företagets situation. Resultatet återstår att se.

4.1 Värdeflödeskartläggning av nuvarande värdeflöde

Teorin för värdeflödeskartläggning i kapitel 3.2.2 föreslår alltså att man börjar med att ta reda på bakgrundsinformation om kunden, underleverantören, företaget och produktionen. Även om inte alla detaljer kommer till användning, är det ändå lättare att utesluta dem ur resultatet i ett senare skede. Produktionen hos företaget är dessutom rätt stor och komplicerad, med många arbetsceller och processer. För att få en klar bild över hela situationen i dagens läge, har arbetets handledare från företagets sida bidragit med följande:

- Gett rundtur igenom hela fabriken och
 - berättat noggrant om varje maskin, arbetscell och robotcell.
 - berättat noggrant om varje process som en kolv tapp går igenom under tillverkningen.
- Gett en karta över hela produktionen med alla maskiner, arbetsceller och robotceller.
- Gett tillgång till företagets ERP-system ”C9000” och produktionsplaneringsverktyg ”Adjutant”.
- Besvarat frågor som presenteras i kapitel 3.2.2 gällande kunderna, underleverantörerna, företaget och produktionen.
- Skissat upp värdeflödet och flödesrutterna i grova drag.

Det bör också nämnas att kartläggningen av det nuvarande flödet till stor del varit självständigt, trots att Lee & Snyder (2006) och Nash & Poling (2008) förespråkar att man kartlägger i team. Nödvändig hjälp har istället varit tillgänglig från företagets sida under hela arbetets gång. Skulle företaget utföra en kartläggning på egen hand, och inte som en del av ett examensarbete, skulle nog ett kartläggningsteam vara en bra idé för hela kartläggningsprocessen.

4.1.1 Uppföljningsarbetet

På grund av brister i C9000, Adjutant och hur systemen används, tillåter det varken automatisk uppföljning eller extrahering av heltäckande och pålitligt data. Därför blev förstahandsvalet för att undersöka de verkliga tiderna i värdeflödet ett uppföljningsarbete, liknande den tidsstudie som Fields et al. (2018) utfört, där arbetarna själva fyller i en uppföljningsblankett.

I form av en uppföljningsblankett som bifogas med utvalda beställningar genom värdeflödet skulle man direkt kunna mäta beställningarnas ledtider, processtider, ställtider, defekter med mera. Dessutom skulle ett uppföljningsarbete samtidigt kunna exponera problem som uppstått under tillverkningen.

Metod för uppföljningsarbetet

Uppföljningsarbetet som undersökningsmetod kommer att basera sig på ett strukturerat formulär som följer med varje beställning genom hela tillverkningsprocessen under hela genomgångstiden på ca 8 veckors tid. Som tidigare nämnts i avgränsningen i kapitel 1.3 är uppföljningsarbetet planerat att pågå i högst fyra månader. Enligt bekräftade beställningar i företagets ERP-system, beräknas och uppskattas uppföljningarna kunna bli upp till 20st i antal, varav 2st skulle vara av modellen KT3.

Genom diskussion med handledaren från företagets sida, och med hänsyn till arbetets teori, skulle ett heltäckande uppföljningsarbete kräva åtminstone följande information:

- **Antal defekta och icke-defekta** tillverkade kolvappar.
- **Verkliga ledtider.** Hur länge tog det att bearbeta hela beställningen?
- **Verkliga processtider.** Kan beräknas från ledtid och antal.
- **Verkliga väntetider.** Hur länge har beställningen väntat mellan processerna?
- **Verkliga ställtider.** Hur länge tog det att ställa om arbetscellen för beställningen?
- **Orsaker till eventuella problem** och fördröjningar under arbetet.

Alla dessa faktorer har en direkt påverkan på den totala ledtiden. Ytterligare information som uppföljningsblanketten bör innehålla är beställningsnummer, produktnamn och -nummer, samt beställt antal. Detta för att kunna särskilja blanketterna, men också kunna knyta dem till rätt beställningar.

Mätning av pålitlighet på maskiner och utrustning skulle kunna mätas i ett annat uppföljningsarbete. Men, på grund av avgränsningen i arbetet kommer detta inte beaktas. Tillgänglighet har också valts att exkluderas, på grund av stora variationer i skiften och arbetstid.

På grund av produktionens natur kan man anta att uppföljningen kan kräva en viss närvaro från kartläggaren för att lyckas. Målet är att komma ut till företaget ett par gånger i veckan för att påminna och hjälpa arbetarna att skriva ner allt som begärs i uppföljningsformuläret. Samtidigt också för att kontrollera att all information blir rätt ifylld och kunna svara på eventuella frågor som uppstår.

Som tidigare nämnts kommer också anteckningar göras under besöken över sådant som kan komma till nytta och vara relevant inför resultatet. Detta både från diskussioner med folk från ledningen och arbetarna, men eventuellt också från eventuella iakttagelser.

Introduktion till de anställda

För att säkerställa att valet av uppföljningsmetod och att uppföljningsblanketten i sig är lämplig, beslöts det tillsammans med arbetets handledare från företagets sida, att först genomföra en introduktion åt alla anställd ett par veckor innan planerat påbörjat uppföljningsarbete. Syftet med introduktionen var både att informera och förbereda alla anställda, men även ge dem möjligheten att komma med eventuella motvändningar eller förbättringsförslag om uppföljningsarbetet.

Introduktionen utfördes i två skeden; ett informeringsskede och ett återkopplingskede. Under informeringsskedet presenterade uppföljningsarbetet åt varje enskild anställd i fabriken som uppföljningsarbetet skulle kunna beröra. Exempelblanketter delades ut åt varje anställd och de anställda uppmanades att pröva fylla i.

Återkopplingskedet genomfördes genast dagen därpå. Återkopplingen var överlag mer positiv än förväntat, även om inte alla prövat fylla i blanketten. Många hade fyllt i helt rätt enligt anvisningarna, och de som missuppfattat något rättades genom diskussion. Återkopplingen verkade därmed ge grönt ljus för att påbörja det verkliga uppföljningsarbetet. Samtidigt insågs också följande:

- **Blanketten bör inte följa med beställningen under härdningsskedet**, eftersom det är en stor risk att den då tappas bort. Istället bör blanketten ges färdigt till följande arbetscell, av föregående arbetare. Personen vid följande arbetscell bör därmed vara beredd på att fortsätta uppföljningen när den specifika beställningen återvänt från härdningen.
- **Sågning som första arbetsskede bör exkluderas** från uppföljningsarbetet. Eftersom detta arbetsskede inte jobbar enligt kundorder, är det svårt att starta upp och knyta den till en enskild beställning.

Uppföljningsblankettens struktur

Under uppföljningsblankettens utformning skapades flera versioner på uppföljningsblanketten. Den första versionen skissades upp under ett möte med arbetets handledare från företagets sida. Därefter renskrevs den i Microsoft Excel för att skickats på email till arbetets båda handledare för feedback. Baserat på feedbacken har uppföljningsblanketten justerats. Uppföljningsblanketten valdes att göras på finska, eftersom de flesta arbetarna i produktionen förstår finska. Ett exempel på en uppföljningsblankett finns i bilaga 1, och begär följande information:

1. **Beställningsnummer, position, produktnamn, ritningsnummer och beställningsantal.** Detta är nödvändigt för att man ska hålla reda på vilken uppföljning som tillhör vilken beställning och vilken produkt. Beställningsantalet är relevant eftersom det direkt påverkar ledtiden. ”Position” är alltså en del av beställningsnumret.
2. **Tidpunkt då arbetet påbörjades och avslutades, samt orsaker till eventuella förseningar.** Detta behövs för att kunna räkna ut ledtiden mellan varje process. Med hjälp av denna information kan även verkliga processtider och väntetider räknas ut.
3. **Andel ställtid och eventuella problem under ställtiden.** Ställtiden är normalt relativt stor och påverkar både ledtiden direkt, men också produktionsplaneringen.
4. **Antal godkända komponenter och antal defekta komponenter.** Antalet tillverkade komponenter är relevant eftersom det har en direkt påverkan på ledtiden. Dessutom inverkar defekta komponenter negativt på ledtiden. Detta är också nödvändigt för att kunna beräkna verkliga processtider.

Varje arbetsskede har en enskild sida i blanketten. Blanketterna har anpassats efter de utvalda kolvtoppsmodellerna, så att varje sida följer processerna i ordning enligt den normala flödesrutten. Ytterligare innehåller varje sida även tre nästan identiska rutor, vilket tillåter en mer noggrann uppföljning i situationer där ett arbete avbryts och sätts på paus en längre tid. Dessa situationer är inte ovanliga, och kan bero på till exempel omprioriteringar eller slut på material.

Verkställande av uppföljning

Uppföljningsarbetet påbörjades första måndagen i december 2019. Tillsammans med produktionschefen sågs produktionsplaneringen över, för att välja ut beställningar av KT1, KT2 och KT3 som var planerade att påbörjas inom snar framtid.

Följande steg var att kontrollera beställningarnas planerade flödesrutt, så att uppföljningsblanketternas struktur stämde överens med beställningarna. Därefter printades uppföljningsblanketter ut, varav beställningsnummer, position, leveransdag och antal färdigt fylldes i. Slutligen delades blanketterna ut till de processer som respektive beställning var planerad att börja ifrån. Arbetarna fick därefter själv vara beredda på att börja fylla i blanketten då arbetet påbörjats.

På samma sätt har det också gjorts för att starta upp nya uppföljningar. Under besöken har alla pågående uppföljningar kontrollerats och allt uppföljningsarbete bokförts i Excel. Ett exempel på hur uppföljningsarbetet och närvaron har bokförts finns i figur 12.

2.12.2019								
Modell	Työnumero	Positio	Antal	Leveransdag	Status	Skede nu	Nästa skede	Kommentar
KT1	12313	3	70	15.01.2020	Väntar på start	Process 1	Process 2	Blankett utdelad. Väntas påbörjas först om 1-2 veckor
KT2	15151	2	40	28.02.2020	Startad	Process 1	Process 2	Påbörjades mitt under första arbetsskedet
4.12.2019								
Modell	Työnumero	Positio	Antal	Leveransdag	Status	Skede nu	Nästa skede	Kommentar
KT1	12313	3	70	15.01.2020	Väntar på start	Process 1	Process 2	Väntas påbörjas först om 1-2 veckor
KT2	15151	2	40	28.02.2020	Aktiv	Process 2	Process 3	Väntar på process 3
KT3	16161	1	35	18.03.2020	Väntar på start	Process 1	Process 2	Blankett utdelad
KT3	12612	3	100	12.02.2020	Väntar på start	Process 1	Process 2	Blankett utdelad

Figur 12. Exempel på bokföring av uppföljningsarbetet.

Sammanställning av uppföljningsarbetet

Information och data från ifyllda uppföljningsblanketter sammanställdes sedan i Excel. På grund av problemen och omständigheterna, som presenteras som en del av diskussionen i kapitel 6, kunde uppföljningsarbetet inte ge ett heltäckande resultat enligt planerna. Ett exempel på en sammanställning av ett uppföljningsarbete kan ses i figur 13.

Kolv tapp X	Työmäärin	Position	Antal							
	51212	6	70	Ledtid i						
Process	Ifyllt påbörjat	Ifyllt avslutat	Klar i adjutant	arbetsdgr	Totalt antal	Arbetstid (h)	Susi (%)	C/T	C/O	kommentar
Process 1	-	-	07-12-2019	-	-	-	-	-	-	-
Process 2	-	-	10-12-2019	3	-	-	-	-	-	Beräknad på data från adjutant
HÄRDNING	10-12-2019	02-01-2020		23	-	-	-	-	-	
Process 3	02-01-2020	10-01-2020	10-01-2020	8	70	10	2 %	0,14	4,00	
Process 4	24-01-2020	25-01-2020	25-01-2020	15	68	4	-	-	-	omprioriterad
Process 5	28-01-2020	26-01-2020	26-01-2020	1	63	-	-	-	-	
Process 6	28-01-2020	28-01-2020	30-01-2020	2	-	2	3 %	-	-	
Process 7	27-01-2020	28-01-2020	30-01-2020	0	60	1	1 %	0,02	-	Fanns några från förr, kunde börja tidigare
Process 8	28-01-2020	29-01-2020	31-01-2020	1	60	2	0 %	0,03	0,05	
Process 9	30-01-2020	30-01-2020	30-01-2020	1	-	3	0 %	-	-	
Process 10	05-02-2020	06-02-2020	06-02-2020	7	60	-	-	-	-	Några tappar krävde ombearbetning
TOTALT				61						

Figur 13. Exempel på ett sammanställt uppföljningsarbete.

Luckor i data från uppföljningsarbetet har kunnat kompletteras med data från Adjutant (se kapitel 4.1.2) och med hjälp av egna anteckningar i bokföringen. Data från Adjutant som inte stämt överens har märkts med rött, för att ge en uppfattning över dess pålitlighet. Notera också i figur 13, att ledtiden för härdningen har räknats ut som tiden från att processen innan blev klar, tills processen efter påbörjades. I övrigt har ledtiderna räknats ut som skillnaden i tid för ”ifyllt avslutat” mellan varje process.

4.1.2 ERP-baserad data (sekretessbelagt)

Detta kapitel är sekretessbelagt.

4.1.3 Traditionell kartläggningsmetod för teoretiska ledtider

Tillsammans med företagets produktionschef påbörjades den traditionella kartläggningen med en inventering, börjades från slutet av flödet. Detta förespråkas av Nash & Poling (2008), men valdes mest på grund av det faktum att flödet och WIP, alltså produkter i arbete, är allt tydligare desto närmare produktionens slut.

Under inventeringen antecknades antal, modell, och till vilket arbetsskede dessa var i kö till. Eftersom processtiderna skiljer betydligt mellan vissa modeller, valdes att särskilja på modellerna under inventeringen.

Lee & Snyder (2006) föreslår att man kan uppskatta ett medeltal om variationerna är stora. Därför valdes följande delar att kartläggas på annat sätt, än på basis av WIP:

- **WIP till robotcellerna.** I Adjutant kan man automatiskt se en total teoretisk arbetstid för varje process. I övrigt kan detta ej användas som ledtid, eftersom arbetstiden baserar sig på planerat arbete och inte WIP som ligger i kö till processen. Däremot kan det användas för att se ledtiden för robotcellerna i mjuka skedet, eftersom råmaterialet till dessa så gott som alltid finns i lager.

Total arbetstid för planerat arbete för enskild arbetscell fås enkelt ur Adjutant. Man klickar på ett arbete i cellens arbetskö, varav ledtiden fås automatiskt som ”kok.kesto tj.”. På grund av en stor variation, har ett medeltal av flera robotceller räknats ut.

- **WIP före och efter härdningen.** Företaget levererar till härdning ca en gång i veckan, medan ledtiden hos härdaren ligger på ca 14 dagar. Men, om beställningen blir redo för härdning dagen efter en leverans, måste ju beställningen vänta tills följande vecka. Ledtiden kan därmed antas vara ca 14–20 dagar.

Härdaren levererar sedan till företaget ca en gång i veckan. I ett normalt flöde kan man därmed anta en ledtid på ca 1–7 dagar, varav den verkliga genomgångstiden under följande process enbart beror på dess prioritering.

Istället för att här undersöka WIP, har istället rapporter från ett halvår tillbaka sammanställts i Excel. Underleverantörerna skickar rapport ungefär varje vecka, på ”levererade till”, ”i lager” och ”levererade från” i kg. På basis av rapporterna, har bland annat ett minimivärde, maximivärde och medeltal räknats ut (se figur 20). Minimivärde och maximivärde har använts i värdeflödeskartorna för att visa eventuella ojämnheter i flödet. Den genomsnittliga lagermängden har också beaktats.

Vecka	Till X	Till Y	Till härdning	Från X	Från Y	Från härdning		Vid X	Vid Y
7	412	510	922	510	103	613		1322	2591
6	634	138	772	0	62	62		1601	581
5	505	405	910	60	901	961		1981	1603
4	1001	98	1099	1100	881	1981		832	1865
Minimum			772			62		832	581
Maximum			1099			1981		1981	2591
Std.avv.			116			699		419	720
Medeltal			926			904		1434	1660
						Tillsammans:		3094	

Dessa har använts i värdeflödeskartorna

Figur 20. Sammanställning av härdningsrapporter.

- **WIP mellan automatslipningen och automatläppningen,** eftersom flödet här är en typ av FIFO-flöde. Vartefter en EUR-pall med kolvappar blivit slipade, förs EUR-pallen direkt vidare till läppningen. Detta innebär att flödet alltid följer samma mönster och WIP alltid följer samma variationer. Därför uppskattas WIP här till ca 28st, vilket är antalet kolvappar av KT2 som ryms på en EUR-pall.

Det valdes att inte heller särskilja modellerna före manuell US-granskning. Detta eftersom processtiden här är ungefär samma, samtidigt som WIP var stort och varierande.

När all WIP var beräknad, överfördes siffrorna till en Excel-tabell. Teoretisk processtid för enskild modell fick man enkelt genom att:

1. Välja den arbetscell till vilket WIP var i kö till.
2. Klicka på beställningen som produkten hörde till.
3. Avläsa processtid som ”Kappaleaika”.

Teoretisk processtid kunde också hämtas från C9000. Detta precis samma sätt som planerad ledtid extraherats. Processtiderna är då i kolumnen ”Työaika”.

Ledtiden räknades sen ut med hjälp av Little’s Law. Ett exempelresultat kan ses i figur 21. Resultaten överfördes senare över till värdeflödeskartorna.

MJUKA											
(på basis av Adjutant)								(på basis av WIP)			
Robot celler								Process 2 (uppskattat i snitt 15min / tapp)			
Cell	Antal	Ledtid (h)	Ledtid (d)	st	proc.tid. (h)	Ledtid (h)	Ledtid (d)	st	proc.tid. (h)	Ledtid (h)	Ledtid (d)
Robotcell 1	300	340	14	120	0,3	30,0	1,25				
Robotcell 2	231	231	10								
Robotcell 3	405	301	13								
Robotcell 4	293	299	12								
Medeltal	307		12								
HÅRDA											
(uppskattat)								(uppskattat)			
HÄRDNING								Process 3			
Ledtid	skickas	Ledtid		Anländer	Ledtid						
14 dagar	ca 1 / vecka	14-20 dagar		ca 1 / vecka	1-7 dagar						
(på basis av WIP)								(på basis av WIP)			
Process 4								Process 5			
produkt	st	proc.tid. (h)	Ledtid (h)	Ledtid (d)	produkt	st	proc.tid. (h)	Ledtid (h)	Ledtid (d)		
Piston pin X	59	0,50	29,5	1,2	Piston pin Z	150	0,3	50,0	2,1		
Piston pin Y	90	0,2	15,0	0,6	Piston pin X	90	0,2	15,0	0,6		
TOTALT	149		44,5	1,9	TOTALT	240		65,0	2,7		

Figur 21. Exempel på beräkning av teoretiska ledtider med Little’s Law.

Som tidigare nämnts menar Nash & Poling (2008) att man kartlägger enbart på basis av vad man ser – att kartläggningen är som en bild av ett ögonblick. Därför utfördes endast en inventering av WIP inför den traditionella kartläggningen av de teoretiska tiderna. Generellt bör man också undvika att bortse från WIP, eftersom ens egna uppfattningar fort kan förtränga verkligheten – antalet WIP i stunden är ju verkligheten.

4.1.4 Information till databoxarna

På grund av komplikationerna med uppföljningsarbetet valdes det att endast tillföra databoxarna med processtid, ställtid och antal arbetare. Processtid och ställtid valdes att tas från C9000, eftersom dessa tider ändå nyligen blivit uppdaterade. Antal arbetare valdes att uppskattas.

Hade uppföljningsarbetet lyckats enligt planerna hade även verkliga processtider och ställtider samt defekter kunnat inkluderas i värdeflödeskartorna. Vikten i arbetet ligger dock inte heller på detta, och därför kan det räcka med riktgivande siffror här.

- **Processtider och Ställtider:** från C9000 genom att kolla en slumpmässig beställning av den modell man vill undersöka. Dessa skiljer inte mellan beställningarna. Produktionschefen menade bara att detta var det enklaste sättet:

C9000 -> Tilaus -> Tilaus: fyll i ordernummer -> Tilausrivi -> Kontrollera position -> Vaiheistus -> ”Asetusaika” = ställtid och ”Työaika” = processtid

Ett par arbetsskeden fanns inte alls i C9000 av okänd anledning. Genom diskussion med arbetarna har dessa tider istället uppskattats.

- **Antal arbetare:** en uppskattning på basis av vad produktionschefen brukar planera.

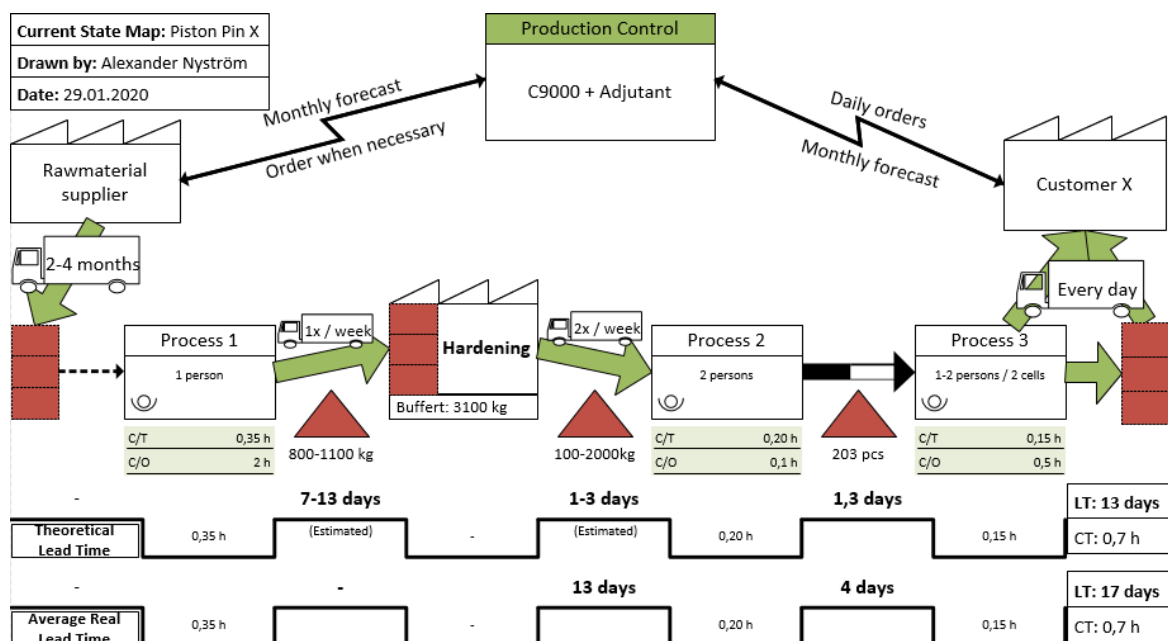
4.1.5 Värdeflödeskartläggning i Microsoft Visio

Först har all data sammanställts i en enda tabell. Därefter har Microsoft Visio använts, med hjälp av teorin av Lee & Snyder (2006) samt Nash & Poling (2008). Några detaljer har däremot justerats på grund av kartläggningens situation. Detta är trots allt något som också Nash & Poling (2008) uppmanar till, så länge det gör resultatet tydligare åt publiken.

- Det har valts att inte läggas någon större vikt på informationsflödet. Detta eftersom värdeflödeskartorna tenderade att bli så stora, att ett detaljerat informationsflöde hade riskerat göra kartläggningarna svårare att förstå. Dessutom ligger fokus i arbetet på det materiella flödet.
- Det har valts att komplettera den teoretiska tidslinjen med en sekundär tidslinje, med verkliga ledtider från Adjutant. Detta för att få ett annat perspektiv på ledtiderna, med tanke på produktionens natur. Genomsnittliga ledtider från Adjutant verkade ge en bättre helhetsbild, än ett par stickprov från uppföljningsarbetet.

I övrigt har kartläggningen skapats med hjälp av teorin av Lee & Snyder (2006) och Nash & Poling (2008). Kartorna valdes att göras på engelska, både för att underlätta kommunikationen till arbetarna men också eget arbete (se figur 22). Skapandet av värdeflödeskartorna utfördes i följande ordning:

1. Placering av alla processer på rad.
2. Placering av tidslinje med summeringsbox i änden.
3. Placering av underleverantör, produktionskontroll och kund.
4. Placering av WIP och buffertlager
5. Definiering av alla flöden och leveranser.
6. Definiering av processtider, ledtider, ställtider och antal arbetare.
7. Summering av total ledtid och processtid i summeringsboxarna.



Figur 22. Exempel på en värdeflödeskarta av nuvarande värdeflöde.

4.2 Förslag på förbättrat värdeflöde

När resultaten färdigställts i värdeflödeskartor, tabeller och grafer, valdes det att först analysera resultaten på egen hand. Återigen, om företaget skulle utföra en kartläggning på egen hand, och inte som en del av ett examensarbete, kan nog ett kartläggningsteam vara bättre.

Under analysen beaktades först om kartläggningen i huvudsak verkade korrekt och om den var fullständigt förståelig – så som Lee & Snyder (2006) rekommenderar. Därefter analyserades resultaten ganska fritt genom brainstorming – så som Nash & Poling (2008) rekommenderar. Dock med hänsyn till Lee & Snyders (2006) 9 steg till ett förbättrat flöde samt saker att ta fasta på vilka kan tyda på stora förbättringsmöjligheter. Anteckningar från diskussioner som uppstått under uppföljningsarbetet har också beaktats, eftersom en del av problemen och förbättringsförslagen framkommit redan under dessa tillfällen.

Men, för att inte förvränga resultaten enbart från eget perspektiv har resultaten härifrån även diskuterats med både arbetarna och ledningen. Med hänsyn till arbetets teori valdes det att gå vidare i följande ordning:

1. **Presenterat resultaten åt alla arbetarna** som jobbar inom värdeflödet av de utvalda kolvtappsmodellerna. Resultaten printades ut i form av värdeflödeskartor med en figurbeskrivning (se bilaga 2), vilka kompletterades med tabeller och grafer. Detta gick igenom i små grupper på en till fyra personer. Det hade varit problematiskt att presentera i större grupper på grund av vissa språkbarriärer samt det faktum att företaget jobbar i två skiften. På så sätt kunde man också nå ut till varje arbetare på ett mycket djupare plan. Beroende på vilken del av värdeflödet arbetarna jobbade inom, diskuterades den delen av resultatet mer noggrant.

Alla verkade överens om resultaten och framförallt problemen som pekats ut. Alla höll också med om att man borde gå vidare med problemen och undersöka förbättringsförslagen närmare. Under presentationerna nämndes det tydligt att förbättringsförslagen bör betraktas som potentiella lösningar som kräver vidare utredning. Målsättningen är viktigast – att man strävar till att förbättra problemen som identifierats.

2. **Samman kallat ett möte** med både arbetets handledare från företagets sida, produktionschefen och inköpschefen. Resultaten presenterades på samma sätt som åt arbetarna – genom utprintat material och en figurbeskrivning (se bilaga 2). På förhand hade däremot mötesdeltagarna uppmanats till att läsa igenom arbetets teorikapitel, för att säkerställa att de känner till grunderna i Lean-principerna senast vid detta tillfälle. På så sätt kunde man också framskrida mer effektivt genom mötet. Det var till stor fördel att resultatet redan analyserats samt diskuterats med de anställda.
3. **Eventuella justeringar** har sedan gjorts på kartläggningarna av de nuvarande värdeflödena. Därefter har bristerna och förbättringsförslagen som diskuterats märkts ut med så kallade Kaizen-utbristningar, enligt exemplet i figur 10.
4. **Förslag på förbättrade värdeflöden** har till sist illustrerats i nya värdeflödeskartor, med hänsyn till bristerna och förbättringsförslagen som tagits fram. Samma Kaizen-utbristningar har också märkts ut. På basis av dessa har förväntade nya ledtider, processtider, ställtider och antal arbetare grovt uppskattats i tabellen med alla sammanställda tider (se figur 23).

Kolv tapp X		Ställtider			Processtider		Ledtider			
		Arbetare	C9000	Uppfölj	C9000	Uppfölj	Teoretiska	Planerade	Adjutant	Uppföljning
skede	Process	st	(h)	(h)	(h)	(h)	WIP * C/T	(arbetsdgr)	(medeltal)	(stickprov)
1	Process 1	0,5	0,3	-	0,15	-	-	-	-	-
2	Process 2	1,0	3,0	-	0,05	-	3	3	7	9
3	Process 3	0,3	0,2	0,5	0,20	0,24	1	1	1	2
4	Process 4	0,5	0,1	-	0,05	-	1	2	4	3
5	Process 5	-	1,0	2,0	0,05	0,04	2	3	7	10
6	Process 6	1,0	5,0	4,0	0,10	0,16	1	1	2	1
7	Härdning	-	-	-	-	-	14-20	12		21
8	Process 7	0,5	1,5	-	0,50	-	1-7	6		3
	Totalt nuvarande	3,8	11,0	-	1,1	-	29	28	50	49
	Förbättrat värdefl	3,5	< 10,5	-	1,0	-	26	26	40	41

Figur 23. Exempel på slutgiltig sammanställning av alla tider.

Förslagen på de förbättrade värdeflödena har dock inte presenterats åter, eftersom alla punkter redan diskuterats. Dessa värdeflödeskartor kan istället vara till nytta för företaget om de bestämmer sig för att gå vidare med sakerna. Företaget bör dock vara beredd att justera dessa vartefter arbetet framskrider.

Om företaget i ett senare skede bestämmer sig för att gå vidare med förbättringsförslagen, kan det vara en bra idé utse ett projektteam med projektledare. Alla förbättringsförslag kräver trots allt vidare utredning härifrån. När olika förbättringsförslag sedan fastställts, kan det vara till stor fördel att senast då presentera och diskutera de nya värdeflödeskartorna med arbetarna åter. På så sätt underlättar det att skapa en tillit och acceptans för förändringar, något som Nash & Poling (2008) menar att är mycket viktigt. Respekt och teamwork är trots allt fundamentala faktorer i en Lean-verksamhet enligt Liker (2009) och Magee (2007). Under hela processen bör man jobba tillsammans mot gemensamma mål.

Ytterligare bör det nämnas att takt-tid över huvud taget inte alls beaktats i arbetet på grund av stora variationer i tillgänglig arbetstid och efterfrågan. Därmed har det inte heller valts att jämföra processtiderna för att identifiera eventuella flaskhalsar, eftersom processtiderna också har en stor variation mellan produkterna. Flaskhalsarna varierar frekvent, eftersom de helt och hållet beror på kundernas efterfrågan och produktionens belastningar. De största bristerna och förbättringsförslagen i värdeflödet har istället identifieras genom analys och diskussion.

5 Resultat (sekretessbelagt)

Detta kapitel är sekretessbelagt.

6 Diskussion

Till följande diskuteras de olika metoderna som tillämpats i arbetet. Pålitligheten av resultaten diskuteras också. I stora drag kunde arbetets alla syften besvaras.

Verkliga ledtider på basis av ett uppföljningsarbete

Fördelen med denna metod var, att man förutom att mäta verkliga ledtider, också skulle kunna mäta verkliga processtider, ställtider, väntetider, defekter samt få fram orsakerna till eventuella problem och fördröjningar.

Nackdelen med denna metod var svårigheterna i att skapa fullständig förståelse med arbetarna. Trots att man hade gått genom arbetet på förhand uppstod många frågetecken på vägen. Alla fyllde i blanketten på lite eget sätt – sällan fylldes alla fält i rätt. En annan nackdel var också att uppföljningsarbetet krävde en hel del tid både i förberedelse men också i utförande.

Ett problem var att uppföljningsblanketter tenderade komma av beställningen, eller till och med försvinna. En orsak var bland annat, att arbetarna kunde glömma blanketten på till exempel arbetsbordet. När följande arbetare sedan hämtade beställningen för följande arbetsskede, omedveten om detta, kom blanketten av beställningen. Eftersom fullständig närvaro var omöjligt, var det också omöjligt att helt förhindra detta. En utmaning var också situationer då en beställning delades upp i flera etapper – en halv beställning kunde gå flera arbetsskeden framåt innan den återförenades med resten av beställningen.

Trots att uppföljningsarbetet inte gav förväntat resultat, kunde det ändå ett stickprov per produkt erhållas i fråga om ledtid. Resultatet av detta kan överlag antas vara mycket pålitligt, eftersom en uppföljningsdagbok också har förts. Uppföljningsarbetet gav också ett ofullständigt resultat i fråga om processtid, ställtid och defekter, vilket också sammanställts. Tyvärr är nog denna del inte till lika stor nytta utan flera stickprov.

Närvaron gav framförallt en fundamental insikt i produktionen. Utan uppföljningsarbetet och diskussionerna det gav upphov till, hade arbetets slutgiltiga resultat med stor sannolikhet inte blivit lika bra. Stickprovets resultat kompletterade också de övriga resultaten mycket bra. Om företaget vill utföra nya uppföljningsarbeten i framtiden, kan det dock vara en bättre idé att förenkla uppföljningsblanketten och endast fokusera på ledtiderna. Eller också göra så, att produktionschefen själv följer upp stickprov genom egna anteckningar.

Verkliga ledtider på basis av data från Adjutant

Resultatet av undersökningen från Adjutant verkade i allmänhet ge ett bättre resultat än ett uppföljningsarbete, trots att förarbetet var minst lika tidskrävande. Tyvärr är det svårt att veta hur uppriktiga siffrorna är, trots att de blivit filtrerade, eftersom det fortfarande kan finnas tider som är felstämplade. Resultatet verkade däremot ge goda riktgivande siffror för de genomsnittliga verkliga ledtiderna. Åtminstone kan de totala ledtiderna stämma rätt bra, eftersom man stämplar rätt noga under mjuka skedet medan sista arbetsskedet stämplas automatiskt. Riktgivande siffror är oavsett helt tillräckligt eftersom variationerna är så stora.

Med ett verktyg nu till hands för att filtrera och beräkna extraherad data från Adjutant, kan det lönas att tillämpa samma metod även på andra produkter. Uppskattningsvis skulle det nu kunna ta runt en timme att extrahera, konvertera, filtrera och beräkna per produkt – i jämförelse med ett uppföljningsarbete som skulle ta minst lika mycket arbetstid samt ta minst 8 veckor att utföra fullborda.

Planerade ledtider på basis av C9000

Dessa ledtider gick smidigt att extrahera. Metoden var rakt på sak och gick snabbt. Man bör däremot betrakta dessa ledtider som ideala ledtider baserade på produktionens egna erfarenheter. Dessa fungerar trots allt som gränser för när olika arbetsskedena senast bör vara klar innan leverans. Resultatet gav inte mycket mer än de andra resultaten, men fungerade bra som kompletterande resultat. Man kan också tänka sig att pålitligheten av dessa är goda, eftersom de baserar sig på produktionschefens egna erfarenheter.

Teoretiska ledtider på basis av Little's Law

Inventeringen och beräkningarna gick relativt smidigt att utföra. Dessa gav ett annat perspektiv på ledtid, eftersom denna ledtid baserar sig på produkter i arbetet och exkluderat utomstående faktorer så som ledigheter, defekter och pålitlighet av utrustning. Den teoretiska ledtiden är därmed också en sorts ideal ledtid. Produkter i arbete, eller WIP, ljuger inte heller. Men, återigen bör resultatet betraktas som ett stickprov eftersom variationerna kan vara stora från vecka till vecka beroende på när man inventerat. En del teoretiska tider har också uppskattats, vilket också inverkar.

En annan fördel med teoretisk kartläggning är att det går relativt snabbt att utföra, även för flera värdeflöden. När WIP och ledtid är färdigt beräknat för varje process är det bara att sätta ihop processerna enligt önskat värdeflöde.

Värdeflödeskartläggning

Lean-verktyget var mycket användbart för att kartlägga och illustrera värdeflödena. Utgångspunkten var att kartlägga enligt arbetets teori. Men, eftersom utomstående faktorer så som defekter och pålitlighet av utrustning inte kunde beaktas i den teoretiska ledtiden, kompletterade de genomsnittliga verkliga ledtiderna från Adjutant kartorna mycket väl.

Värdeflödeskartorna har också kommit till mycket stor nytta när resultatet av arbetet presenterats. En värdeflödeskarta är mycket lättare att förstå, än att avläsa en tabell full med data. Tabellerna och graferna har istället fungerat bra som komplement under presentationerna.

Fördelen med att kartlägga flera produkter samtidigt var att man enkelt kunde jämföra dem. Nackdelen var att man inte hade tid att gå allt för djupt in i detaljerna under presentationerna.

Teori om Lean och Lean-verktyget har också varit till stor nytta under analysarbetet och utarbetning av förbättrade värdeflöden. Förbättringsförslagen som tagits fram är alla värdefulla idéer och helt realistiska att genomföra. Hur företaget går vidare med resultaten återstår att se.

Pålitlighet av resultaten

I stora drag kan resultaten vara pålitliga. Skulle arbetet upprepas av någon annan, är det inte sagt att ledtiderna skulle bli exakt samma. De planerade ledtiderna kan justeras. De teoretiska ledtiderna beror på metod och tidpunkt. Ledtiderna från Adjutant beror på filtreringskraven och hur noggrant arbetarna stämplat. Uppföljningsarbetet beror på hur noggrant arbetarna fyllt i. Oavsett korrelerar ledtiderna med varandra, och högst troligt skulle samma problem identifieras. Man får nu också en bra bild över hur de påverkar i fråga om ledtid.

Man ska ändå inte stirra sig blind på detaljerna i arbetet. Som Nash & Poling (2008) menar, är 70 % rätt en god utgångspunkt i en värdeflödeskartläggning. Dessutom kan så gott som alla problem som identifierats understödjas av mer än en utgångspunkt.

Förbättringsförslagen kanske inte heller skulle bli exakt samma, eftersom det så gott som alltid finns mer än ett sätt att lösa ett problem. Men utgår man då åter från arbetets teori, är det ändå mycket troligt att liknande förbättringsförslag skulle komma upp. Dessutom kräver förslagen på förbättrade värdeflöden vidare utredning innan de kan börja verkställas. Och under arbetets gång kan mycket komma att ändras.

7 Sammanfattning

Syftet med arbetet var alltså att undersöka ledtiderna och kartlägga värdeflödena för tre färdigt utvalda kolvtappsmodeller, för att sedan analysera resultaten och peka ut problem samt ta fram förbättringsförslag. Målsättningen var att på så sätt ge företaget vägledning till förbättring av sin produktion, genom att minimera ledtid utan att riskera leveranssäkerheten. Arbetet har beaktat tre typer av ledtid, vilka undersökts på totalt fyra olika sätt:

1. **Verklig ledtid på basis av ett uppföljningsarbete.** Till uppföljningsarbetet beaktades en liknande studie i en vetenskaplig artikel, där man undersökt verkliga ledtider genom motsvarande metod. Uppföljningsarbetet utfördes i form av ett uppföljningsformulär som följt med utvalda beställningar, i vilken arbetarna själva fyllt i. Uppföljningsarbetet var svårare att genomföra än tänkt i praktiken. Trots att resultatet inte heltäckande, var resultatet ändå kompletterande.
2. **Verklig ledtid på basis av data från Adjutant.** På grund av svårigheterna med uppföljningsarbetet blev det under arbetets gång samtidigt aktuellt att också undersöka Adjutant. Undersökningen utfördes genom att extrahera data från Adjutant, för att sedan filtreras och behandlas i Excel. Resultatet gav riktgivande siffror över de verkliga ledtiderna.
3. **Teoretisk ledtid på basis av Little's Law.** Denna ledtid förespråkas av teorin för Lean-verktyget *värdeflödeskartläggning*. Det blev därmed ett naturligt val att också undersöka denna ledtid. Ledtiden beräknades på basis av WIP och teoretiska processtider, och resultatet gav en rent teoretisk bild av värdeflödet.
4. **Planerad ledtid på basis av data från C9000.** Denna ledtid, vilken sällan justeras, fungerar som gränser i Adjutant – när olika arbetsskeden senast bör vara färdiga för att inte riskera att en beställning försenas. Ledtiderna kunde enkelt extraheras direkt ur C9000. Resultatet fungerade bra som ett komplement till de övriga resultaten.

Resultaten av undersökningarna har sammanställts i Microsoft Excel. Samtidigt har värdeflödeskartor illustrerats i Microsoft Visio. Tillsammans med arbetarna och ledningen har sedan olika problem pekats ut och förbättringsförslag utarbetats.

Man kan påstå att resultatet besvarade arbetets syften. Arbetet har noggrant undersökt alla typer av ledtid för de utvalda kolvtappsmodellerna, samt kartlagt dess värdeflöden, trots att uppföljningsarbetet inte gick enligt planerna. Arbetet har sedan identifierat flera problem och förbättringsmöjligheter i produktionen. Det finns i större drag inte heller mycket tvivel om resultatens pålitlighet, framförallt i fråga om problemen som identifierats.

Värdeflödeskartorna med de teoretiska ledtiderna, tillsammans med ledtiderna från Adjutant, gav mest nytta i arbetet. Vilken som är bättre är dock svår att säga. Båda gav olika perspektiv på resultaten. Uppföljningsarbetet och de planerade ledtiderna fungerade istället bra som kompletterande resultat. Diskussionerna som uppstått med arbetarna under arbetets gång har också haft en avgörande roll, på samma sätt som att resultaten sedan också diskuterats med både arbetarna och ledningen.

Slutligen kan man fråga sig vad arbetet kan vara värt för företaget. Enligt ledtider från Adjutant skulle förbättringsförslagen rent teoretiskt kunna förbättra den totala ledtiden med över 20 % beroende på kolvtappsmodell. Redan om kolvtappsproduktionens totala ledtid i snitt skulle förbättras med 10 % kan man anta att det skulle ha en mycket stor inverkan. Bara 1 % av ett bundet kapital på 2 miljoner euro, av produkter i arbete, motsvarar 20 000€ Förutom att en lägre ledtid i allmänhet betyder lägre lager, betyder det också en mer flexibel produktion, bättre leveranssäkerhet och bättre konkurrenskraftighet. Slutligen har företaget dessutom nu också en solid grund för framtida värdeflödeskartläggningar, samt möjligheten att börja undersöka verkliga ledtider från Adjutant även för andra produkter. Ett tillägg i ERP-systemet, för uppföljning av verkliga ledtider, hade annars inte heller varit gratis.

7.1 Sammanfattning av resultatet (sekretessbelagt)

Detta kapitel är sekretessbelagt.

7.2 Förslag till fortsatt arbete

Det första förslaget skulle naturligtvis vara, att med hänsyn till arbetets teori och i samarbete med personalen, etablera en strategi för att undersöka förslagen närmare och sedan börja verkställa. Helst genom att utse ett projektteam med projektledare. Det är viktigt att man samarbetar med arbetarna och skapar tillit och acceptans för att effektivt genomdriva förändringar. Vissa förbättringsförslag kan också komma att visa sig vara sämre än tänkt i praktiken, eller helt enkelt omöjliga rent praktiskt. Därmed är det viktigt att man hela tiden är öppen för ändringar eller helt nya förslag. Slutligen bör man komma ihåg att alltid följa upp och utvärdera förändringarnas slutgiltiga inverkan.

Kartläggningsarbetet har överlag gett goda resultat. Därför kan det lönas att i framtiden också undersöka och kartlägga andra kolvtappsmodeller. Det finns garanterat en hel del man skulle kunna förbättra även där. Mitt förslag till företaget är att göra värdeflödeskartläggningar till en rutin, att till exempel årligen utföra kartläggningar. Med detta arbete till hands, kunde en framtida kartläggning framskrida relativt effektivt. Ett förslag är i så fall att man åtminstone utför en teoretisk kartläggning, men gärna också kompletterar den med ledtider från Adjutant. Det kan också lönas att endast utföra en kartläggning i gången, eller max två om man vill jämföra två olika produkter.

På samma sätt kan det också vara en bra idé, att till exempel årligen undersöka och kartlägga de vardagliga störningarna i produktionen enligt förbättringsförslaget. Förutsatt att ett sådant arbete skulle ge resultat. Åtminstone hade arbetarna en mycket positiv inställning till förslaget.

Men framförallt skulle det lönas att etablera en plan eller strategi för hur man kunde främja ständiga förbättringar, utöver de begränsade insatser som görs idag. Mitt förslag är i så fall att återuppta tidigare rutiner med regelbundna personalmöten eller workshops, i syfte att ta itu med de vardagliga problemen och förbättringsförslagen samtidigt som man följer upp pågående förbättringar. Under dessa skulle värdeflödeskartläggningar och problemkartläggningar också kunna komma bra till hands. Man borde i så fall också se över vilka andra Lean-verktyg som kunde vara till nytta. Men framförallt, att en långsiktig strategi som motiverar personalen till ständiga förbättringar – något som både personalen och företaget kan vinna på.

7.3 Avslutande ord

Ledtid är icke-värdehöjande tid och slöseri ur ett Lean-perspektiv. I en klassisk investeringskalkyl beaktar man sällan långa väntetidens indirekta kostnader. Förutom att förbättringsförslagen kan minska på ledtiderna, kan det i slutändan också medföra mindre lager, bättre leveranssäkerhet, bättre konkurrenskraftighet och en mer flexibel produktion. På samma sätt har också ställtiderna en större inverkan på produktionen, än att enbart vara icke-värdehöjande tid. Ett jämnt flöde är dock alltid fundamentalt för att kunna eliminera överbelastning och slöseri. Och nyckeln till ständiga förbättringar ligger i personalen – man kan alltid göra saker bättre. Därför är det viktigt med etablerade rutiner och principer som främjar en sådan företagskultur. Jag hoppas att företaget tar hänsyn till detta och samtidigt noggrant överväger förslagen på fortsatt arbete.

Uppdraget har varit otroligt intressant, givande och lärorikt. Trots att uppdraget blev omfattande, har jag inte för en sekund tappat motivationen. Jag vill tacka min uppdragsgivare Leif Enberg, för att ha gett mig chansen att utföra detta arbete. Jag vill också tacka all övrig personal på Mapromec, både från produktionen och ledningen, för all hjälp och samarbete. Slutligen vill jag också tacka min handledare Mikael Ehrs, för en utmärkt handledning. Jag hoppas att arbetet kommer till nytta i framtiden, och önskar Mapromec lycka till!

Källförteckning

- CANEA Partner Group AB. (den 23 12 2019). *Värdeflödesanalys*. Hämtat från <https://www.canea.se/management/vardeflodesanalys>
- Eagle Locomotive. (den 15 02 2020). *Piston Pins*. Hämtat från <http://www.eaglelocomotive.com/products/piston-pins/>
- FGC Consulting. (den 1 1 2020). *Measure Lead Time*. Hämtat från <https://fgc-consulting.fr/en/measure-lead-time/>
- Fields, E., Neogi, S., Schoettker, P. J., & Lail, J. (2018). Using Lean methodologies to streamline processing of requests for durable medical equipment and supplies for children with complex conditions. *Healthcare: The Journal of Delivery Science and Innovation*, 4(6), 245-252.
- Fonecta Oy. (den 29 9 2019a). *Oy Mapromec Ab*. Hämtat från <https://www.finder.fi/Konepajateollisuus+ja+metallityöt/Mapromec+Oy+Ab/Mustasaari/yhteystiedot/163784>
- Fonecta Oy. (den 25 3 2020b). *Bodycote Lämpökäsittely Oy*. Hämtat från <https://www.finder.fi/Metallin+lämpökäsittely/Bodycote+Lämpökäsittely+Oy/Vantaa/yhteystiedot/128559>
- George, M. L., Maxey, J., Rowlands, D. T., & Upton, M. (2004). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity*. New York: McGraw-Hill.
- GoLeanSixSigma.com. (den 30 12 2019). *Lean Six Sigma Success Stories by Industry*. Hämtat från <https://goleansixsigma.com/lean-six-sigma-industry-success-stories/>
- Lee, Q., & Snyder, B. (2006). *The Strategos Guide to Value Stream & Process Mapping*. Bellingham: Enna Products Corporation.
- Liker, J. K. (2009). *The Toyota Way - Lean för världsklass*. Malmö: Liber.
- Magee, D. (2007). *How Toyota Became #1*. New York: Portfolio, Penguin Group (USA).
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2008). *Mapping The Total Value Stream*. New York: Taylor & Francis Group.
- Oy Mapromec Ab. (den 29 9 2019a). *Hem*. Hämtat från <http://www.mapromec.fi/hem/>
- Oy Mapromec Ab. (den 29 9 2019b). *Om företaget*. Hämtat från <http://www.mapromec.fi/om-foretaget/>
- Oy Mapromec Ab. (den 29 9 2019c). *Produkter*. Hämtat från <http://www.mapromec.fi/produkter/>
- Oy Mapromec Ab. (den 15 02 2020d). *Mapromec/tec - Quality that lasts*. Hämtat från <https://www.esitteemme.fi/mapromec/WebView/>

- Riley, J. (den 22 12 2019). *Lean Production (Introduction)*. Hämtat från <https://www.tutor2u.net/business/reference/introduction-to-lean-production>
- Software Lucid Inc. (den 29 9 2019). *What is Value Stream Mapping*. Hämtat från <https://www.lucidchart.com/pages/value-stream-mapping>
- Value-stream mapping. (den 10 26 2019). *Wikipedia*. Hämtat från https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream_mapping
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Vorne Industries Inc. (den 23 12 2019). *Top 25 Lean Tools*. Hämtat från <https://www.leanproduction.com/top-25-lean-tools.html>

Bilaga 1. Exempel på uppföljningsblankett.

Työmääräysten seurantalomake "KT1"

TYÖMÄÄRÄIN		POSITIO	
Piirustusnumero	ABC011391-K		
Tuotetunnus	CCDD001329	Tilausmäärä kpl	_____
Nimike	Piston Pin KT1	Toimitusaika	_____

Tämä seuranta on osa opinnäytetyöstä Yrkeshögskolan Noviasta. Toimeksiantajana toimii Oy Mapromec Ab. Täytä ohjeiden mukaan ja kysy jos jokin on epäselvää. Terveisin, Alexander Nyström.

Huom! Tämä lomake on liitettyä työmääräimeen koko tuotantoprosessin ajan.
Muista, Täytä lomake kun aloitat ja lopetat työvaiheen.

Tärkeitä tietoja

VS/VK.P näyttää kun työvaihe pitäisi olla valmis
VS/VK.P = Vuosi / Viikko . Päivä

Työvaihe Nimi	VS/VK.P	Tunnit
13SY Sahaus yleinen 	2019/ 37. 3	18,65

Esimerkiksi,
 2019/37.3
 = 2019 Viikko 37 Päivä 3
 = 11.09.2019

Tunnit näyttää odotetun työajan pituuden

- Jokaisella työvaiheella on oma sivu.
- Jokainen sivu sisältää 3 osaa.
- Aloita täyttämällä Osa 1.
- Täytä Osa 2 ja Osa 3 jos työvaihe joudutaan keskeyttämään toisten töiden takia.

Seuraavalla sivulla on esimerkki täytetystä lomakkeesta

Esimerkki täytetystä lomakkeesta

1. Sorvaus Alkaa	Päiväys:	12.09.2019
Aloitettiin työ myöhemmin kuin oli suunniteltu - miksi?	Kello:	07:00
- Odottamaton konehuolto		
Mahdolliset ongelmat valmisteluajan aikana:		
- En löytänyt oikeita työkaluja, koska...		
Valmistelu aika:	70 min	Kuittaus: A.N.

Sorvaus Valmis / Keskeytys	Päiväys:	12.09.2019
Kestikö työ kauemmin kuin suunniteltu - miksi?	Kello:	19:00
- Epätavallisen paljon susia, koska...		
Kuittaus: A.N.		
Hyväksytty määrä:	14	Hylätty määrä: 8
		Tunnit: 12 h

2. Sorvaus Jatkuu	Päiväys:	15.09.2019
Syy keskeytykseen?	Kello:	09:15
- Materiaali on loppu		
Mahdolliset ongelmat valmisteluajan aikana:		
- Pudotin erikoisruuvien lastunkuljettimeen. Kesti 15 min ennen kuin löysin uuden.		
Valmistelu aika:	45 min	Kuittaus: A.N.

Sorvaus Valmis / Keskeytys	Päiväys:	15.09.2019
Kestikö työ kauemmin kuin suunniteltu - miksi?	Kello:	13:45
- Ongelmia koneessa, koska...		
Kuittaus: A.N.		
Hyväksytty määrä:	7	Hylätty määrä: 0
		Tunnit: 4,5 h

3. Sorvaus Jatkuu	Päiväys:	-
Syy keskeytykseen?	Kello:	-
-		
Mahdolliset ongelmat valmisteluajan aikana:		
-		
Valmistelu aika:	-	Kuittaus: -

Sorvaus Valmis	Päiväys:	-
Kestikö työ kauemmin kuin suunniteltu - miksi?	Kello:	-
-		
Kuittaus: -		
Hyväksytty määrä:	-	Hylätty määrä: -
		Tunnit: -

Bilaga 2. Figurbeskrivning över de VSM-symboler som använts i arbetet.

