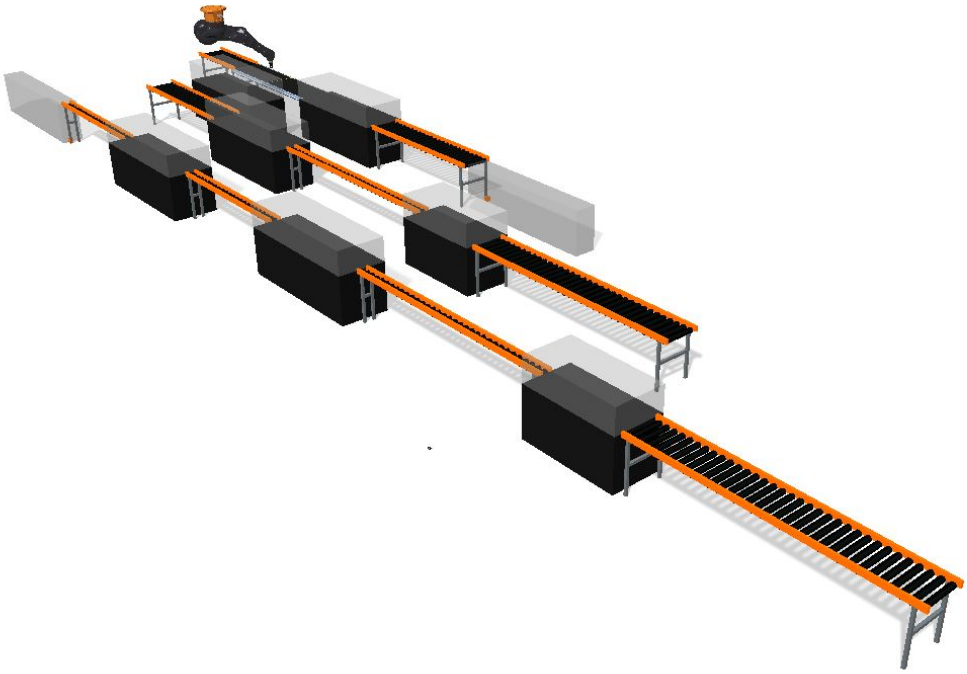
CHALMERS



EFFEKTIVISERING AV PRODUKTIONSFLÖDE

En analys med förslag på förbättringsåtgärder

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF PRODUCTION FLOW

An analysis with suggestions of improvements

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskinteknik 180 Hp

Anton Ernlothsson
Johan Magnusson

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016
Examinator: Åsa Fasth-Berglund

EXAMENSARBETE 2016

EFFEKTIVISERING AV PRODUKTIONSFLÖDE

En analys med förslag på förbättringsåtgärder

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

ANTON ERNLOTHSSON

JOHAN MAGNUSSON

Instutionen för Produkt- och produktionsutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2016

Effektivisering av produktionsflöde
- En analys med förslag på förbättringsåtgärder

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Anton Ernlothsson
Johan Magnusson

© Anton Ernlothsson & Johan Magnusson, 2016

Examensarbete 2016
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Chalmers tekniska Högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Första sidan:
Bilden visar det vinnande konceptet av det nya produktionsflödet

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Göteborg 2016

Förord

Detta examensarbete har utförts på Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för produkt och produktionsutveckling. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och är ett avslutande moment på programmet Maskinteknik 180 Hp. Arbetet är genomfört på Bodycote Ytbehandling AB.

Ett stort tack riktas till Magnus Jönsson, som har varit vår handledare på Bodycote och väglett oss genom arbetet samt bidragit med ett stort engagemang och intresse. Vi vill även tacka Thomas Holmqvist och Fredrik Raneblom som ständigt varit tillmötesgående och tillgängliga för att svara på våra frågor och funderingar.

Vi tackar även alla inblandade operatörer som har medverkat i intervjuer och tillåtit oss att dokumentera deras arbete.

Avslutningsvis vill vi tacka vår handledare på Chalmers, Åsa Fasth Berglund, som har hjälpt till med planering samt bidragit med idéer och kunskap.

ANTON ERNLOTHSSON JOHAN MAGNUSSON

Göteborg, december 2016

Sammanfattning

Detta arbete har utförts på Bodycote Ytbehandling AB i Västra Frölunda, Göteborg. Företaget arbetar med ytbehandling av olika sorters komponenter, där golvlister utgör en stor del av verksamheten. I dagsläget är de flesta arbetsmoment och förflyttningar manuella. Det manuella arbetet är tidsineffektivt, vilket gör att ledtiden blir lång. Med anledning av detta kan Bodycote ibland ha svårt att nå upp till kundernas önskemål. Detta påverkar Bodycotes största kund av golvlister, Duri, vilka idag eftersträvar mindre lager och batchstorlekar.

Syftet med arbetet var att analysera och förbättra flödet av golvlister med avseende på materialflöde, flödeslayout, tidsstudie och sträckmätning. Utifrån analysen skulle förslag på effektiviseringar och automationslösningar som förbättrar flödet och kortar ner ledtiderna presenteras.

Arbetet inleddes med en nulägesanalys för att skapa en uppfattning om hur produktionen såg ut i dagsläget. Flera metoder användes för att ta reda på nödvändig information inför kommande förbättringsarbete. Insamlad data visade att produktionen hade en stor förbättringspotential, både vad gäller arbetsmoment och flödeslayout.

Efter nulägesanalysen hölls en gruppbrainstorming tillsammans med Bodycote. Flera idéer togs fram, vilka senare visualiserades i programmet Visual Components. Efter jämförelser av de olika förslagen bestämdes ett slutgiltigt koncept. Det slutgiltiga konceptet bestod av ett nytt produktionsflöde, där flera arbetsmoment och transporter hade automatiserats. Sammantaget kommer de olika förslagen leda till att flera manuella förflyttningar och moment tas bort, vilket innebär en effektivisering av hela flödet.

Abstract

This project has been performed at Bodycote Ytbehandling AB, in Västra Frölunda, in Gothenburg. The company works with surface treatment of different types of components, where baseboards is a large part of the business. In the current situation the production is characterized by manual tasks and movements, which is time inefficient and implies that lead time is affected. Thus, it can be difficult for Bodycote to reach the customers requests. This also affects Bodycotes largest customer of baseboards, Duri, which today seeks less inventory and batch sizes.

The aim of this project was to analyze and improve the production flow of baseboards with concerning material flow, layout, time studies and factory layout. The analysis were to present improvements of efficiency and automation that reduce the leadtime.

The project was initiated with a current state analysis to create an idea of the current situation of the production. Severals methods were used to find out necessary information for future improvement work of the project. The collected data indicated that the production had a great potential for improvements of both operations and flow layout.

After the current state analysis a brainstorming session with the management was held, where many ideas were developed. Later on, the ideas were visualized in the the computer program Visual Components. After comparing the various suggestions a final concept was determined. The final concept consisted of a new production flow, where several operations and tranports were automated. Overall, the improvements of the production flow will reduce a lot of the manual work and movements, which means that the production flow will be more effective.

Definitioner

Ledtid
Den tid det tar för en produkt från det att den beställs till att den är klar för leverans.

Takttid
Tiden som kan spenderas på varje komponent och samtidigt uppfylla en viss nivå av efterfrågan.

$$Takttid = \frac{\text{Tillgänglig arbetstid under en viss tidsperiod}}{\text{Kundbehov under samma tidsperiod}}$$

Värdeadderande tid
Den tid som ger ett värde åt slutprodukten (Liker, 2004).

Cykeltid
I detta arbete är cykeltiden den värdeadderande tiden i respektive station, exempelvis den tid då borren går genom listen.

Automatisering
Syftet med automatisering är att effektivisera och höja kvaliteten i en process genom att ersätta människans uppgifter med ett mer eller mindre självgående arbete (NE, 2016).

Anodisering
En ytbehandlingsmetod för aluminium.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Frågeställningar 1
1.4 Avgränsningar 2
1.5 Beskrivning av Bodycote ytbehandling AB 2

2 TEORETISK REFERENSRAM 3
2.1 Aluminium 3
2.2 Ytbehandling av aluminium 3
2.3 Anodisering 3
2.4 Black box 4
2.5 Dragande system 4
2.6 Tryckande system 4
2.7 Flödesteori 4
2.7.1 Funktionell verkstad 5
2.7.2 Flödesorienterad verkstad 5
2.7.3 Linjeorienterad verkstad 5
2.7.4 Kontinuerligt flöde 5
2.8 Lean production 6
2.8.1 Slöserier 6
2.8.2 Standardiserat arbetssätt 6
2.8.3 5S 7
2.9 Validitet och reliabilitet 7

3 METOD OCH GENOMFÖRANDE 9
3.1 Projektets genomförande 9
3.1.1 Kvantitativa och kvalitativa metoder 9
3.1.2 Induktion och deduktion 9
3.2 Nulägesanalys 10
3.2.1 Intervjuer 10
3.2.2 Observationer 11
3.2.3 Videoinspelning 12
3.2.4 AviX-analys 12
3.2.5 Hierarchical Task Analysis 12
3.2.6 Värdeflödesanalys 13
3.2.7 Sträckmätning 14
3.2.8 Spagettidiagram 14
3.2.9 Tidsstudie 14
3.2.10 Kostnadsberäkningar 14
3.2.11 Mätning av automationsnivåer 15
3.3 Framtida flöden 16
3.3.1 Brainstorming och idégenerering 16
3.3.2 Simulering med Visual Components 16

4 RESULTAT & ANALYS 17
4.1 Nulägesanalys 17
4.1.1 Kartläggning av produktionen 17
4.1.2 Orderkartläggning 18
4.1.3 Materialflöde 19
4.1.4 Spagettidiagram ordertyp 2 19

4.1.5 Värdeflödesanalys av ordertyp 2 20
4.1.6 Beskrivning av arbetsstationerna 21
4.1.7 Tidsstudie 25
4.1.8 LoA-analys 28
4.2 Framtida flöde och förbättringar 29
4.2.1 Nivå 1 29
4.2.2 Nivå 2 30
5 DISKUSSION 35
5.1 Resultatreflektion 35
5.2 Metodreflektion 36
5.3 Fortsatt arbete och rekommendationer 36
6 SLUTSATSER 39
REFERENSER 41
BILAGA 1 HTA gamla packmaskinen 43
BILAGA 2 HTA nya packmaskinen 44
BILAGA 3 Tidsberäkningar limmaskinen 45
BILAGA 4 Tidsberäkningar gamla packmaskinen 47
BILAGA 5 Tidsberäkningar nya packmaskinen 49
BILAGA 6 Tidsberäkningar borrmaskinen 51
BILAGA 7 Tidsberäkningar kapmaskinen 54
BILAGA 8 Exempel på kostnadsberäkningar 55
BILAGA 9 Operatörschema 56

1 INLEDNING

I detta kapitel redogörs inledningsvis för problembeskrivningen för projektet. Därefter beskrivs syftet, de frågeställningar som behöver besvaras för att kunna uppnå syftet, samt arbetets avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Detta arbete har utförts på företaget Bodycote Ytbehandling AB i Västra Frölunda, i Göteborg. Bodycote är specialiserade på ytbehandling av olika komponenter. Företaget har ingen egen tillverkning, utan förädlar endast komponenter åt ett flertal kunder genom olika former av ytbehandling, där den vanligaste metoden är anodisering.

Komponenterna som ytbehandlas är alltifrån delar inom försvarsindustrin till små bildetaljer. Flödet för ytbehandling av golvlister i materialet aluminium utgör den största delen av Bodycotes verksamhet. Det finns ett mycket stort antal varianter av lister. Då kunderna ofta efterfrågar olika sorter behöver Bodycote vara flexibla. Flexibiliteten innebär i dagsläget att effektiviteten påverkas, vilket i sin tur förlänger ledtiden.

Den största kunden av golvlister heter Duri Svenska AB, som länge har haft ett tätt samarbete med Bodycote. Under den senaste tiden har det dock skett en förändring av vad Duri efterfrågar produktionsmässigt. Dagens arbetssätt på Bodycote gör det svårt att uppnå dessa förväntningar. Det har hittills arbetats med väldigt stora batcher, men idag eftersträvar Duri mindre lager och batchstorlekar, samt snabbare ledtider. Bodycote behöver därför förändra dagens produktion för att kunna möta den nya efterfrågan. Flödet för golvlister, även kallat “Duriflödet”, består av flera olika processteg med många manuella moment och förflyttningar som tar lång tid. Detta är något som Bodycote önskar att förbättra.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att analysera och förbättra Duri-flödet med avseende på materialflöde, flödeslayout, tidsstudie och sträckmätning. Avsikten är även att utifrån analysen presentera förslag på effektiviseringar och automationslösningar som förbättrar Duri-flödet och kortar ner ledtiderna.

1.3 Frågeställningar

För att besvara ovannämnda syfte, behöver följande frågor besvaras:

- Vilka förflyttningar i flödet kan elimineras?
- Vilka moment kan automatiseras eller effektiviseras?
- Vilka åtgärder kan vidtas för att minska ledtiden?
- Hur kan layouten av Duri-flödet förändras?

1.4 Avgränsningar

När ett produktionsflöde ska utvärderas är det många aspekter som behöver analyseras. För att det ska vara rimligt inom detta arbetets ramar, samt för att skapa förutsättningar för ett bra resultat görs avgränsningar.

Projektet avgränsas till att arbeta med produkter från Duri och de lokaler där dessa förädlas, det vill säga flödet av golvlister, från råmaterial till packning. Följaktligen kommer det inte göras någon analys av andra produkter, lokaler eller personal. Implementering av de eventuella kommande förbättringarna kommer inte vara möjligt under projektets gång.

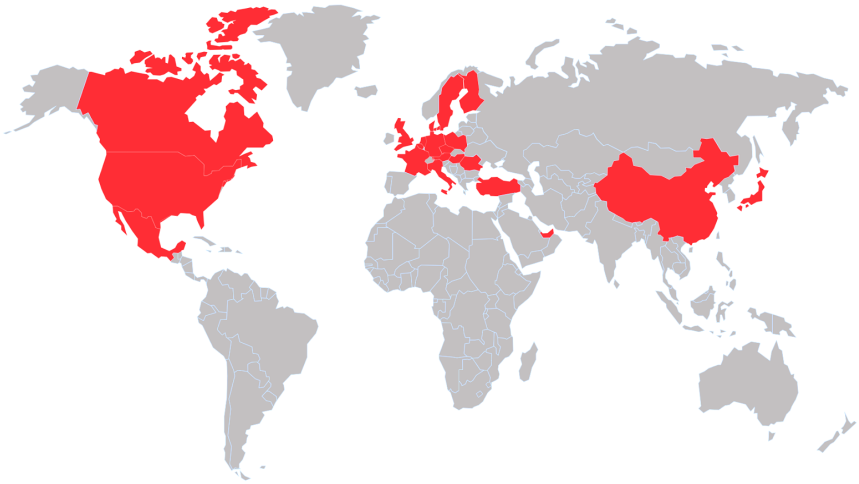
Anodiseringsprocessen kommer inte analyseras eller förbättras. Detta eftersom den enligt personal från Bodycote fungerar bra i dagsläget.

Kvaliteten på slutprodukten kommer inte heller beröras i detta arbete. Det är endast flödet som kommer undersökas, det vill säga från det att materialet anländer till Bodycote, till att det är färdigt för leverans till kund. Något arbete med att förbättra omställningstider av maskiner kommer inte ske.

1.5 Beskrivning av Bodycote ytbehandling AB

Bodycote Ytbehandling AB är en legoanodiseringsverkstad med ungefär 40 anställda. Kärnan i verksamheten är anodisering. Utöver anodisering erbjuds även kringtjänster, som slipning, blästring och klarlackering.

Bodycote Ytbehandling AB ingår i den brittiska koncernen Bodycote. Globalt har Bodycote över 190 stycken anläggningar, varav tolv är belägna runt om i Sverige. Koncernen har drygt 5000 anställda och är verksamma i 24 länder. Bodycote grundades av Arthur Bodycote år 1923, då som ett textilföretag och har sedan dess utvecklats till att bli en internationell ledare inom termiska processer. Idag erbjuder koncernen tjänster för termiska processer inom värmebehandling metallfogning, ytbehandling och het isostatisk pressning (Bodycote, 2016).



Figur 1.1: *Bodycote's verksamhet globalt (Bodycote 2016).*

2 TEORETISK REFERENSRAM

I detta kapitel redogörs för de teoretiska utgångspunkter som legat till grund för arbetet.

2.1 Aluminium

Aluminium (AI) är en silvrig till grå mjukmetall med många olika användningsområden. Några exempel där aluminium används är i bilkomponenter, förpackningsmaterial eller färgämnen. De egenskaper som kännetecknar aluminium är:

- Låg vikt
- Hög ledningsförmåga
- God korrosionshärdighet
- God hållfasthet
- Lätt att återvinna

Utöver detta är aluminium det tredje vanligaste grundämnet i jordskorpan efter syre och kisel (Mattson, 2001).

2.2 Ytbehandling av aluminium

Aluminium har i kemiskt neutral miljö ett oxidskikt och har därmed ett mycket bra egenskydd. Aluminium används därför ofta utan att ytbehandlas. Anledningen till att aluminium ändå i vissa fall ytbehandlas är för att förändra dess estetiska eller tekniska egenskaper, exempelvis för att påverka egenskaperna för ytstruktur, hårdhet, färg, slitstyrka och ökad korrosionshärdigt (Mattson, 2001).

2.3 Anodisering

Ytbehandling av aluminium är uppdelat i fyra grupper:

- Mekanisk
- Kemisk
- Elektromagnetisk
- Applicering

Vardera grupp innehåller ett flertal metoder, där anodisering tillhör gruppen för elektromagnetisk ytbehandling. Elektrisk ström i en likströmskrets leds mellan detaljen och en motelektrod. Detaljen som ska anodiseras doppas i bad fyllda med elektrolyt. Den elektrolyt som används består vanligen av utspädd svavelsyra, men även andra syror som kromsyra, fosforsyra eller oxalsyra kan användas.

Anodisering ger klara eller färgade hårda skikt för skyddande, dekorativa, funktionella ändamål. Obehandlat aluminium har ett tunt lager oxidskikt, men efter anodisering skapas ett betydligt tjockare skikt på 5-25 mymeter. Detta bidrar till bättre korrosions- och nötningsbeständighet i jämförelse med material som inte har anodiseras (Mattson, 2001).

2.4 Black box

En svart låda brukar inom teknik och datoranvändning beskrivas som ett system eller objekt som omvandlar input till output, utan att beskriva vad det är för arbete som utförs. Motsatsen till en svart låda är en vit låda. I en vit låda är det möjligt att följa det arbete som sker mellan input och output, alltså hur inputen används. Det som eftersträvas är en vit låda, vilken visar information om vad som sker inom ledtiden (Bohgard, 2009).

2.5 Dragande system

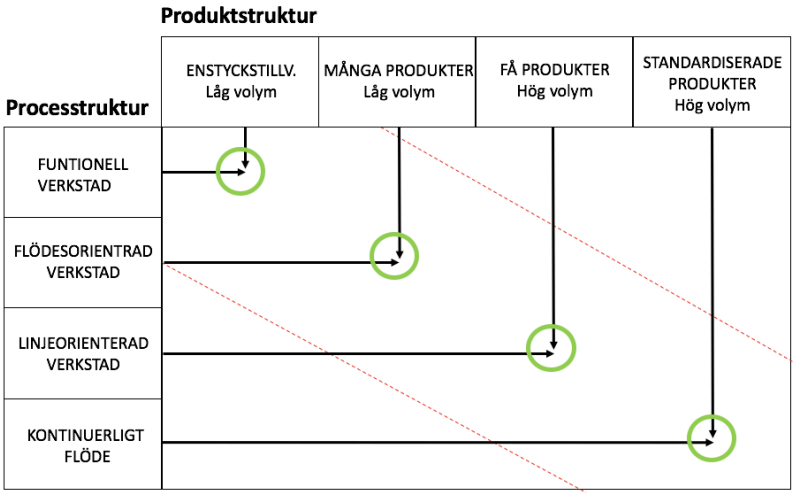
Ett dragande system för styrning av produktion och lagerhållning arbetar nedströms i tillverkningsprocessen. Det producerar endast när det finns behov från efterföljande steg i processen. Fördelar med ett dragande system är att produktion endast sker när den efterfrågas. Det gör det möjligt att reducera mängden material i reserv mellan stegen i en process (Lean productions, 2009), (Produktivitetsbloggen, 2012).

2.6 Tryckande system

Ett tryckande system arbetar enligt prognoser över vad som behöver produceras. När ett arbete är färdigt i en maskin flyttas det till nästa maskin. Risken med detta arbetssätt är att om nästa maskin är upptagen skapas en buffert. Ett tryckande system används för stora batchstorlekar, annars är enligt Leans principer ett dragande system att rekommendera (Olsson, 2015).

2.7 Flödesteori

Det finns flera typer av produktionssystem. Varje företag och produkt behöver olika produktionssystem. Johansson och Olhager har utifrån Hayes och Weelwright (1979) matris tagit fram en matris som beskriver stegen i livscykeln för en produkt och process. Matrisen kan med hänsyn till produkt och volym användas för att avgöra vilket produktionssystem som bör användas.



Figur 2.1: *Produkt-processmatris för produktionssystem baserad på Johansson och Olhager, som i sin tur var baserad på Hayes och Weelwright 1979.*

På x-axeln beskrivs antalet produktvarianter och tillverkningsvolymen. Tillverkningsvolymen ökar från vänster till höger, men då minskar antal varianter av produkter. På den vänstra delen av x-axeln tillverkas många olika produkter i små volymer, eller helt unika produkter. På den högra delen hör stora volymer och få, standardiserade produkter.

På y-axeln anges typen av produktionssystem. Grad av flödesorientering ökar uppifrån och ned. Längst upp hittas funktionell verkstad och i nederkant kontinuerligt flöde. Positionerna längs med diagonalen beskriver kombinationen av produkt och process. För att en produktion ska fungera bra och vara kostnadseffektiv bör matchningen mellan produkt och process vara längs diagonalen (Johansson et al., 2016).

2.7.1 Funktionell verkstad

I en funktionell verkstad, en så kallad job shop, är tillverkningsresurserna organiserade efter funktion. Då en funktionell verkstad har hög flexibilitet lämpar den sig väl för tillverkning av unika produkter eller produkter med små serier. Flexibiliteten medför dock långa genomloppstider i form av transporter och köer. Om produkternas tillverkningsvolym ökar behövs ett produktionssystem med högre grad av flödesorientering (Tutor2u, 2015).

2.7.2 Flödesorienterad verkstad

Här är tillverkningsresurserna organiserade efter operationernas ordningsföljd för en grupp likartade produkter. Jämfört med funktionell verkstad blir genomloppstiden kortare men flexibiliteten minskar (Johansson et al., 2016).

2.7.3 Linjeorienterad verkstad

Produktionen styrs ofta av ett löpande band. Antalet produktvarianter är få men volymerna höga. Operatörerna utför korta cykler och kan inte bestämma takten. Bilindustrin är ett exempel på en industri som styr sin produktion som en linjeorienterad verkstad (Johansson et al., 2016).

2.7.4 Kontinuerligt flöde

Processen är standardiserad och specialiserad på en speciell produkt eller råvara. Tillverkningen sker i mycket stora volymer. Kontinuerliga flöden kräver stora investeringar och är inte flexibla. I produkt-processmatrisen som beskrivs i figur 2.1 hittas kombinationen av kontinuerligt flöde och standardiserade produkter i det nedre högra hörnet (Johansson et al., 2016).

2.8 Lean production

Lean production är ett tankesätt som grundar sig på att kundvärdet för en slutprodukt ska maximeras, samtidig som slöserier ska elimineras. Lean Production har sitt ursprung från Toyota Production System (TPS), vilket är Toyotas unika produktionsmetod. Det finns 14 principer inom Lean production, där Kontinuerligt organisatoriskt lärande genom Kaizen är ett exempel. En annan princip är att man ska fatta beslut noggrant och långsamt, men genomföra dem snabbt.

Många företag gör felet att endast använda sig av "Just in time" och verktyg som 5S eller liknande. Detta är dock inte tillräckligt, utan Lean bör ses som ett tankesätt i hela organisationen. James Womack och Daniel Jones definierar Lean production i sin bok "Lean thinking" som en femstegsprocess. Först definieras kundvärdet, sedan ska värdeflödet fastställas. Nästa steg är att få ett välfungerande flöde, följt av att kunna leverera utifrån kundens tidsmässiga önskemål, även kallat "just in time". Det sista steget är att sträva efter högsta kvalitet (Liker, 2004).

2.8.1 Slöserier

Ett centralt begrepp inom Lean Production är de så kallade 7+1 slöserierna. Allting i ett produktionsflöde som inte innebär något värde för den slutliga kunden räknas som slöserier. De sju grundläggande slöserierna är:

1. Överproduktion
2. Väntan
3. Onödiga rörelser
4. Transporter
5. Överarbete
6. Lager
7. Defekter och kassationer

Ibland talas det även om ett åttonde slöseri, outnyttjad kreativitet. Detta uppstår när verksamheten inte utnyttjar medarbetarnas kunskap och prestationsförmåga fullt ut (Liker, 2004).

2.8.2 Standardiserat arbetssätt

Standardiserat arbetssätt är grunden till ständiga förbättringar. Det är omöjligt att förbättra en process som inte är standardiserad (Imai, 1986). Standardiserat arbetssätt är för tillfället det bäst dokumenterade arbetssättet ur kvalitets-, effektivitets-, och säkerhetssynpunkt. Det standardiserade arbetssättet brukar följas via beskrivningar av arbetsmoment och checklistor. Genom att arbeta med standarder blir slutresultatet alltid samma, oberoende på vilka operatörer som utför arbetet eller var i världen arbetet sker. Standarder upprätthåller kvalitet och identifierar arbetsmoment som kan försämra slutprodukten (Liker, 2004).

Daglig styrning ingår i standardiserat arbetssätt och är en bra mötesstruktur med korta möten på olika nivåer, beroende av storlek på företag. Mötena är ungefär 15 minuter och hålls nära produktionen. Mötena följer en bestämd dagordning och det diskuteras exempelvis

reklamationer, leveranser, frånvaro och planering. Ofta används en pulstavla, vilken ger information om vad som ska göras, men som även kan innehålla idéer på förbättringar. Ansvar för uppgifter fördelas och enkla problem löses på mötet (Olsson, 2015).

2.8.3 5S

5S är ett enkelt och effektivt verktyg för att skapa ordning och reda på en arbetsplats. Det organiserar skötsel och att tar bort olika former av slöseri. Som namnet avslöjar bygger 5S på fem så kallade "S", där de första tre delarna av 5S handlar om att skapa ett normaltillstånd och de två sista om att upprätthålla och förbättra.

1. **Sortera**
Gå igenom allt på arbetsplatsen och ta bort allt som är onödigt.

2. **Strukturera**
En plats för allting och allt på sin plats. Det ska var enkelt att hitta saker och att se avvikelser.

3. **Städa**
Städa regelbundet. Städning medför ofta att problem upptäcks som kan komma att skapa problem i produktionen.

4. **Standardisera**
Utveckla system för att standardisera de första tre s:en. Ett vanligt hjälpmedel är foton som visar vart saker har sin plats och checklistor som berättar vad som ska göras.

5. **Skapa vana**
Via disciplin och engagemang skapa en stabil arbetsplats för ständiga förbättringar. Detta görs genom engagemang och dagliga rutiner.

De fem s:en skapar tillsammans en process som konstant förbättrar arbetsmiljön. 5S har även flera användningsområden utanför verkstaden eller produktionen. Verktyget kan användas på kontor eller i en dator, där det till exempel är viktigt att sortera filer och program i logiska mappar för snabb åtkomst. 5S skapar ordning och reda, ren arbetsmiljö, är tidsbesparande samt minskar slöserierna. Syftet med 5S är också att ändra beteende och normer för ett nytt tankesätt som bidrar till en effektivare arbetsplats (Liker, 2004).

2.9 Validitet och reliabilitet

För att få fram ett trovärdigt resultat krävs vetskap om vad som ska mätas. Validitet innebär att mäta det som är relevant i sammanhanget. Reliabilitet avser att en undersökning genomförs på ett trovärdigt och pålitligt sätt.

Antag exempelvis att tidsåtgången för att montera en viss komponent till en bil ska genomföras. Om mätningen endast genomförs på en montör blir inte resultatet tillförlitligt. Olika montörer monterar olika snabbt, därför behöver mätning av flera montörer genomföras för att få ett mer tillförlitligt resultat. Ett trovärdigt resultat kräver en kombination av validitet och reliabilitet.

Det finns tre tumregler som säger att “hög reliabilitet är ingen garanti för hög validitet”, “låg reliabilitet ger låg validitet” och “fullständig reliabilitet är en förutsättning för fullständig validitet” (Patel et al., 2003).

3 METOD OCH GENOMFÖRANDE

För att besvara arbetets syfte och frågeställningar behövde flera olika metoder användas. I detta kapitel redogörs för vilka dessa metoder var och varför de användes.

3.1 Projektets genomförande

Projektet inleddes med ett uppstartsmöte den 7 september 2016 tillsammans med handledare från Bodycote, samt handledare från Chalmers tekniska högskola. Tillsammans definierades problem och mål med projektet. Det skrevs sedan en planeringsrapport innehållande bakgrund, syfte, avgränsningar, frågeställningar, metod och tidsplan. Därefter påbörjades arbetet med nulägesanalysen och datainsamlingen. Halvvägs in i projektet hölls en delpresentation av genomförd nulägesanalys och plan för kommande arbete. Nulägesanalysen låg till grund för hur arbetet med undersökning av förbättringar utformades. Resultaten presenterades, och utifrån dem fastställdes slutsats och rekommendationer.

3.1.1 Kvantitativa och kvalitativa metoder

De flesta metoder som användes var kvantitativa metoder. Dessa metoder ger möjlighet till en analys av sådant som är mätbart i siffror, exempelvis cykeltid eller kostnader. I kontrast till detta används kvalitativa metoder för att undersöka sådant som inte kan uppskattas i siffror, genom att söka svar på frågor genom ord (Chalmers 2015). Vilka metoder som var kvantitativa eller kvalitativa visas i figur 3.1 nedan.

Tabell 3.1: *Kvantitativa och kvalitativa metoder.*

Kvantitativa metoder	**Kvalitativa metoder**
Videoinspelning	Observationer
Avix	Intervjuer
HTA-analyser	Braintorming & idégenerering
Värdeflödesanalys	
Sträckmätning	
Spagettidiagram	
Tidsstudie	
Kostnadsberäkningar	
Mätning av automationsnivåer	
Simulering med Visual components	

3.1.2 Induktion och deduktion

Det finns olika metoder att utgå från vid genomförande av case studier, varav induktiv och deduktiv är två av dessa. Vid induktiv metod baseras slutsatser på erfarenheter. Tillvägagångssättet är teorineutralt och genererar kunskap genom observation istället för teoriunderökning. Vid deduktiv undersökning genereras hypoteser utifrån teori som sedan testas i verkligheten. Det är teoriundersökning eller djupgående intervjuer som ligger till grund för observation eller undersökning.

I detta arbete användes framförallt deduktiv metod, dock med visst inslag av induktiv metod, då arbetet inleddes med korta intervjuer utan formulär. Metoderna som skulle användas bestämdes utan undersökning av den bakomliggande teorin (Leduc 2007).

3.2 Nulägesanalys

Detta avsnitt beskriver de metoder som användes för att genomföra nulägesanalysen. De två första metoderna, intervjuer och observationer, är empiriska undersökningar. Empiri innebär en undersökning av verkligheten med hjälp av exempelvis intervjufrågor eller observationer (Scott, 2016). Genom den empiriska undersökningen kunde insamlad information användas för att utföra resterande metoder.

3.2.1 Intervjuer

Intervju är en metod som används för att samla information om individers tankar och åsikter. Man kan på så sätt få kunskap om människors upplevelser, värderingar och hur de resonerar i olika situationer. Det finns tre kategorier som intervjuer kan delas in i: ostrukturerade, semistrukturerade och strukturerade intervjuer. De intervjutyper som användes i detta arbete var ostrukturerade och semistrukturerade intervjuer.

En ostrukturerad intervju består av öppna frågor som låter intervjupersonen prata fritt. Detta gör att intervjupersonen har möjlighet att styra intervjun mot de områden som han eller hon anser vara viktiga. Intervjuaren kan på så sätt få fram information om vad intervjupersonen tycker om exempelvis en uppgift utan att ha någon djupgående förståelse inom området. Ostrukturerade intervjuer kan dock vara både resurskrävande och svåra att sammanställa.

En semi-strukturerad eller halvstrukturerad intervju är en blandning av strukturerad och ostrukturerad intervju. Det finns på förhand en struktur över vilka områden som intervjun ska handla om, men intervjuaren kan fritt välja ordning och ställa följdfrågor. Intervjuaren ställer både styrda och öppna frågor och tillåter därför intervjupersonen att i viss mån styra diskussionen. Precis som inför en strukturerad intervju krävs det att intervjuaren har kunskap inom området och vet vilka frågor som är viktiga att få svar på.

Flera personer med olika positioner inom företaget har vid ett antal tillfällen intervjuats. De intervjuade bestod av operatörer, tekniker, en produktionsansvarig och en produktionschef. Till en början var intervjuerna ostrukturerade. Då kunde den intervjuade personen prata fritt om det den tyckte var viktigt. Detta gjorde det möjligt att snabbt få en uppfattning om dagens produktion samt hur de anställda upplevde dagsläget i verksamheten. Intervjuerna gav till exempel information om vad operatörerna ansåg fungera bra och dåligt med respektive arbetsstation.

När det fanns en uppfattning av nuläget kunde en struktur över vilka områden och uppgifter som nästkommande intervjuer skulle behandla väljas ut. Intervjuerna hade nu övergått till semi-strukturerade, men dock inte helt strukturerade (Bohgard, 2009).

Intervjuerna med operatörer genomfördes under pågående arbete i produktionen. Tekniker, produktionsansvarig och produktionschef intervjuades oftast i konferensrum eller kontor, men ibland även under pågående arbete i produktionen.

För att få en bredare förståelse för dagsläget intervjuades även sortimentsansvarig, Lars Lindgren på Duri. Kunden fick härigenom möjlighet att ge sin syn på dagens produktion och belysa brister som dem tyckte borde förbättras.

3.2.2 Observationer

Observation är en objektiv metod för insamling av data om hur människor beter sig i olika situationer. Metoden används för att se hur en individ utför en viss uppgift, exempelvis sköter en maskin, eller hur individen agerar i en specifik situation. Genom att utöva observation kan information om hur en uppgift utförs samlas in utan att påverka det pågående arbetet. I en intervju kan det vara svårt att få fram all information. Observation kan då användas för att få kännedom om sådant som den observerade inte själv är medveten om. Observationer kan även leda till information om vad människor gör i verkligheten, inte bara vad de säger att de gör. Observationer ger dock ingen information om exempelvis känslor eller attityd.

Det finns två olika sätt att genomföra observationer på: direkta och indirekta iakttagelser. En direkt iakttagelse sker i verklig arbetsmiljö eller omgivning, medan en indirekt iakttagelse sker i en konstruerad miljö, exempelvis ett laboratorium. Observationer kan vara osystematiska eller systematiska. Osystematiska observationer utförs ofta i en studies tidiga stadium där allt av intresse noteras, utan att det eftersöks något specifikt. Vid systematiska observationer däremot, vet observatören vilka händelser som ska observeras för att få efterfrågad data. Vid direkta observationer närvarar observatören vid utförande av en uppgift. Det är viktigt att detta sker på ett diskret sätt så att den eller de personer som blir observerade inte blir påverkade eller störda. Vid indirekta observationer närvarar inte någon observatör, utan observationen sker via strategiskt utplacerade filmkameror. Observation som datainsamlingsmetod är alltså bra för att få reda på ett verkligt beteende. Nackdelar är att det inte ger någon information om vad den som är observerad tänker eller varför den utför uppgifter på ett visst sätt. Observationer utförs vanligen i tidigt stadium av en studie och kombineras med fördel av intervjuer (Bohgard, 2009).

Observation användes för att se hur personalen arbetar, vilka rörelser som görs, samt vilka transporter som sker. Observation är en effektiv metod när den används av personer utanför företaget som inte är hemmastadda. Detta då personer utanför företaget ser på situationen med nya ögon. Observationerna var till stor hjälp för att erhålla information om rörelser och transporter som inte framkom i intervjuerna.

I projektets tidiga stadium, då kunskapen inom området var låg, genomfördes osystematiska observationer. Detta för att på ett snabbt och enkelt sätt bilda en uppfattning om hur det dagliga arbetet fungerar. Hela produktionsflödet observerades från godsmottagning till färdig produkt. Observationerna genomfördes på ett så diskret sätt som möjligt, ibland förekom dock inslag av korta frågor till operatörerna vid de olika maskinerna.

Efter de osystematiska observationerna påbörjades mer systematiska observationer. Det fanns vid denna tidpunkt en plan på vad som skulle observeras för att få reda på önskad data. Varje station dokumenterades med videokamera och anteckningar.

3.2.3 Videoinspelning

De olika förflyttningarna och momenten som sker i samtliga arbetsstationer i Duri-flödet filmades. Inspelningarna användes för att i efterhand kunna utvärdera förflyttningar och mäta exakta tider vid stationerna. Filmerna användes sedan i datorprogrammet AviX, som i sin tur gjorde det möjligt att göra en hierarkisk uppgiftsanalys för varje station, se avsnitt 3.1.4 och 3.1.5.

3.2.4 AviX-analys

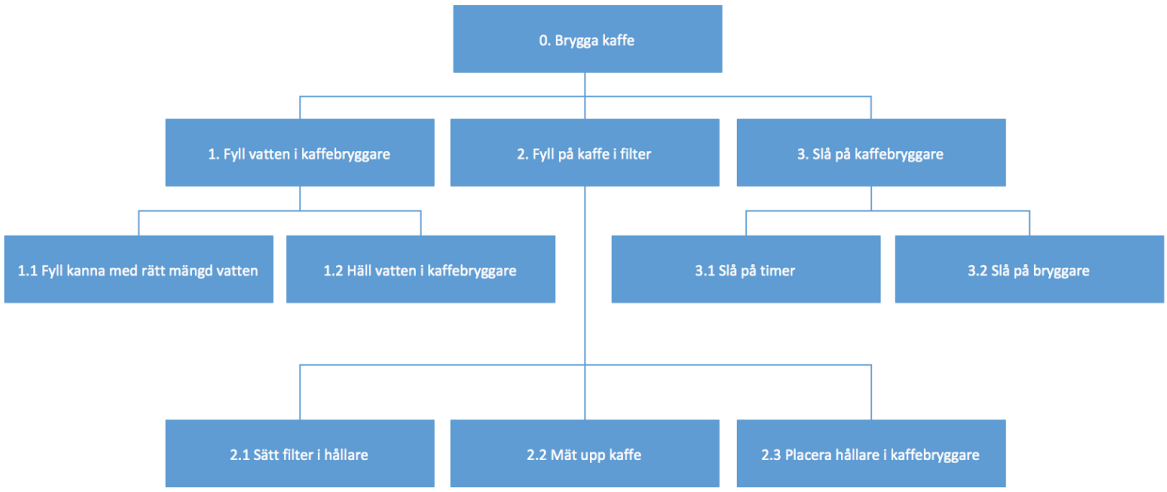
AviX är ett windowsbaserat program med inriktning på lean produktion. Programmet används för att analysera filmer av olika arbetsmoment och gör det enkelt att ta reda på hur stor del av tiden som är värdeskapande.

Programmet har använts av många stora företag, som exempelvis Ericsson, Scania och Luxo Sverige. Samtliga företag har med hjälp av programmet uppnått tydliga effektiviseringar.

Det finns flera olika typer av funktioner i AviX, men det som användes i detta arbete var AviX Method. Det första steget som utfördes var att lägga in filmat material i programmet. Filmen delades sedan upp i sekvenser, där varje sekvens beskrev ett delmoment, samt vilken tid det tog. De olika delmomenten bestämdes som antingen värdeadderande tid, väntetid eller nödvändig tid. Därefter visades hur stor del av tiden som var värdeadderande för respektive station (AviX, 2016).

3.2.5 Hierarchical Task Analysis

Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA) är en användbar metod för att strukturera och förstå den uppgift som ska utföras (Stanton, 2006). Enligt Kirwan och Ainswoth, 1992, kan en uppgiftsanalys utföras när som helst i livscykeln av ett system under förutsättning att informationskraven för mäta den individuella uppgiften uppfylls. Metoden går ut på att studera en uppgift eller operation och dela in den i deluppgifter samt de operationer som krävs för att uppfylla deluppgifterna. Detta görs vanligtvis i en trädstruktur. Metoden uppkom år 1967 av Annett and Duncan och har sedan dess varit välanvänd och utvecklats för tillämpning av olika syften. Figur 3.2 beskriver ett exempel på Hierarkisk uppgiftsanalys där huvuduppgiften är att brygga kaffe.



Figur 3.1: *Editerad HTA för bryggning av kaffe (Arbete och teknik på människans villkor).*

Det finns tre huvudprinciper för HTA:

1. På en högsta nivån finns den uppgift eller operation som ska uppfyllas.
2. Uppgiften kan sedan brytas ner i deluppgifter, som vardera definieras av delmål.
3. Ofta är det en hierarkisk relation mellan deluppgifterna och behöver därför uppnås i en viss ordning (Annett. et. al. 1971).

I detta fall användes HTA för att bryta ner huvuduppgiften vid varje arbetsstation i de delmoment som operatören utför. HTA:n användes även för att belysa onödiga delmoment, i detta fall manuella transporter, samt för att kunna göra en analys av automationsnivån. Om en deluppgift är djup krävs det många moment för att åstadkomma deluppgiften, vilket är någonting som vill undvikas. En bred och grund HTA är bättre än en smal och djup. En djup HTA ställer högre krav på informationen om hur arbetsuppgiften utförs. HTA-analyser utfördes på alla stationer förutom den automatiska borrmaskinen, på grund av att endast ett fåtal varianter av lister körs i den (Bohgard, 2009).

3.2.6 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys är ett verktyg som användes för att beskriva hela processen, från råmaterial till färdig produkt. Som tidigare nämnts finns det 7+1 slöserier i Lean production. En värdeflödesanalys är en användbar metod för att visa några av dessa slöserier på ett övergripligt sätt. I en optimalt skapad värdeflödesanalys kan man se fyra av dessa slöerier: överproduktion, lager, kassation och transporter. Genom att analysera hela flödet och ta reda på cykeltider, samt bufferttider mellan varje station ges en bra överblick över hela flödet (King, 2015).

Den ordertyp som analyserades i detta arbete var den vanligaste ordern, ordertyp 2. Med hjälp av ett exceldokument som innehöll information om bufferttider för 100 ordrar kunde värdeflödesanalysen genomföras. Att räkna ut ett genomsnitt av buffertiderna mellan varje station gav en bra uppfattning om hur länge listerna väntar mellan stationerna. Cykeltider för de olika stationerna mättes med hjälp av stoppur och videoinspelningar på arbetet. Maskinernas

tillgänglighet presenterades i form av en uträknad uptime för respektive maskin. Uptime är den tid som en maskin eller ett system utför ett arbete eller är tillgänglig att utföra önskad uppgift. Vidare visade värdeflödesanalysen total ledtid och total värdeadderande tid, där den värdeadderande tiden är den totala cykeltiden.

3.2.7 Sträckmätning

Med ett 50 meter långt måttband mättes maskinstorlek, avstånd mellan olika maskiner, samt de avstånd i lokalerna som inte framgår av erhållen CAD-ritning.

3.2.8 Spagettidiagram

Ett spagettidiagram skapades för att visualisera golvlisternas transportväg från råvarulager till färdigvarulager. Ett spagettidiagram visualiserar antingen hur människor eller material rör sig. För att det ska vara så tydligt som möjligt ska varje flöde tilldelas en egen färg, alternativt kan ett spegettidiagram göras för vardera flöde (Keller, 2011). I detta arbete gjordes ett spagettidiagram över hur golvlisterna rör sig i den vanligaste ordern, ordertyp 2.

3.2.9 Tidsstudie

Tidsstudien genomfördes med hjälp av tidtagarur och videoinspelningar och omfattade samtliga arbetsstationer. Tidsstudien gick ut på att ta reda på värdeadderande tid, omställningstider och teoretiskt antal genomförda order per dag. För att tillförlitligheten skulle bli så bra som möjlig utfördes tidtagningarna flera gånger.

Det första steget i tidsstudien var att ta redan på tillgänglig arbetstid per dag och arbetsstation. Beräkningarna av tillgänglig arbetstid grundar sig på ett schema över operatörernas arbetstider, se bilaga 7.

Med hjälp av erhållen orderhistorik för perioden 2016-01-01 till 2016-07-31 kunde antalet genomförda ordrar per station beräknas. Den värdeadderande tiden mättes utifrån filmer när operatörerna arbetade.

3.2.10 Kostnadsberäkningar

Kostnadsberäkningarna räknades ut med en timkostnad på 255 [kr/h] för varje operatör. Denna timkostnad inkluderar inte maskinkostnad, utan endast kostnaden för operatören. Tidsperioden för totalkostnaden gäller datumen 2016-01-01 till 2016-07-31 i orderhistoriken. Beräkningarna inkluderade manuell transport av list vid varje arbetsstation, samt omställningstiden mellan varje order.

3.2.11 Mätning av automationsnivåer

LoA-analys är en metod som mäter hur hög automationsnivån i en eller flera processer är. Med hjälp av HTA-analyser ges i en LoA-analys varje delmoment en siffra mellan ett och sju i fysisk och kognitiv automation. En etta innebär en låg automationsnivå och en sjua innebär en hög automationsnivå.

Tabell 3.2: *Fysiska och kognitiva automationsnivåer (Frohm, Lindström, Winroth & Stahre,2008).*

LoA	Mechanical and Equipment	Information and Control
1	**Totally manual** - *Totally manual work, no tools are used, only the users own muscle power. E.g. The users own muscle power*	**Totally manual** - *The user creates his/her own understanding for the situation, and develops his/her course of action based on his/her earlier experience and knowledge. E.g. The users earlier experience and knowledge*
2	**Static hand tool** - *Manual work with support of static tool. E.g. Screwdriver*	**Decision giving** - *The user gets information on what to do, or proposal on how the task can be achieved. E.g. Work order*
3	**Flexible hand tool** - *Manual work with support of flexible tool. E.g. Adjustable spanner*	**Teaching** - *The user gets instruction on how the task can be achieved. E.g. Checklists, manuals*
4	**Automated hand tool** - *Manual work with support of automated tool. E.g. Hydraulic bolt driver*	**Questioning** - *The technology question the execution, if the execution deviate from what the technology consider being suitable. E.g. Verification before action*
5	**Static machine/workstation** - *Automatic work by machine that is designed for a specific task. E.g. Lathe*	**Supervision** - *The technology calls for the users' attention, and direct it to the present task. E.g. Alarms*
6	**Flexible machine/workstation** - *Automatic work by machine that can be reconfigured for different tasks. E.g. CNC-machine*	**Intervene** - *The technology takes over and corrects the action, if the executions deviate from what the technology consider being suitable. E.g. Thermostat*
7	**Totally automatic** - *Totally automatic work, the machine solve all deviations or problems that occur by it self. E.g. Autonomous systems*	**Totally automatic** - *All information and control is handled by the technology. The user is never involved. E.g. Autonomous systems*

En LoA-analys utfördes i detta arbete för att få en uppfattning om hur stor potential det fanns för automation i flödet. Med hjälp av de utförda HTA-analyserna och värdeflödesanalysen kunde respektive station mätas i form av fysisk och kognitiv automation. Sedan gjordes en sammanställande LoA-analys över alla stationer för att se den totala automationsnivån (Fasth–Berglund, 2009).

LoA är ett steg i Dynamo ++, vilket är en metod med tolv olika steg. I detta arbete utfördes dock inte hela metoden, utan endast de sex första stegen då dessa var mest relevanta. De tolv stegen i Dynamo++ är:

1. Välja system
2. Gå igenom processerna
3. VSM-analys
4. Utföra en HTA och BOM för det valda området
5. Mäta LOA (fysiskt och kognitivt)
6. Dokumentera resultaten
7. Workshop, för att bestämma relevanta min och max-nivåer för olika uppgifter
8. Utföra en SoPi-analys
9. Analysera SoPi
10. Skriva eller visualisera förbättringarna baserade på SoPi-analysen och med företagets krav och önskemål
11. Genomföra de utvalda förslagen
12. Uppföljning

(Fasth–Berglund, 2009).

3.3 Framtida flöden

I detta avsnitt beskrivs de metoder som har använts för att komma fram till förslag på framtida flöden.

3.3.1 Brainstorming och idégenerering

Brainstorming är en metod där en individ eller grupp skapar idéer för att hitta lösningar på problem. Gruppbrainstorming innebär inledningsvis att en grupp mellan tre till tio personer väljs ut. Personer med olika bakgrund och kunskapsområden är att föredra. Därefter beskrivs tydligt ett problem, ämne eller fråga för gruppen. Deltagarna ska sedan komma fram till så många idéer och lösningar som möjligt, utan att vara kritiska till förslagen. Det viktigaste för att lyckas med brainstorming är inte kvaliteten på idéerna, utan snarare att det genereras många idéer. Efter brainstormingen diskuteras de olika förslagen, och de förslag som verkar mest genomförbara prioriteras. I detta skede är det tillåtet att vara kritisk till förslagen (Wilson, 2013) För att komma fram till idéer för ett framtida flöde genomfördes gruppbrainstorming vid två tillfällen tillsammans med produktionsledningen från Bodycote.

3.3.2 Simulering med Visual Components

Visual Components är ett simuleringsprogram som låter användaren bygga upp ett flöde, vilket sedan kan visualiseras. Programmet innehåller en mängd olika komponenter som används för att efterlikna och simulera önskat flöde. Om en robot ska plocka en komponent på ett ställe och lämna den på ett annat behöver roboten programmeras. Detta görs genom att olika rörelsemönster för roboten fastställs. Olika kommandon ges sedan för att roboten ska kunna utföra en viss uppgift, exempelvis gripa tag i en komponent (Visual Components, 2016).

Innan beslut fattades om vilket program som skulle användas jämfördes ett antal liknande programvaror med varandra. Visual Components gav intrycket av att vara det lämpligaste programmet för projektets ändamål. Då det inte fanns några kunskaper om Visual Components sedan tidigare avsattes tid för inlärning av programmet. Efter inlärningsperioden kunde olika flöden från brainstormingen byggas och simuleras. Slutligen byggdes den nuvarande produktionen upp.

4 RESULTAT & ANALYS

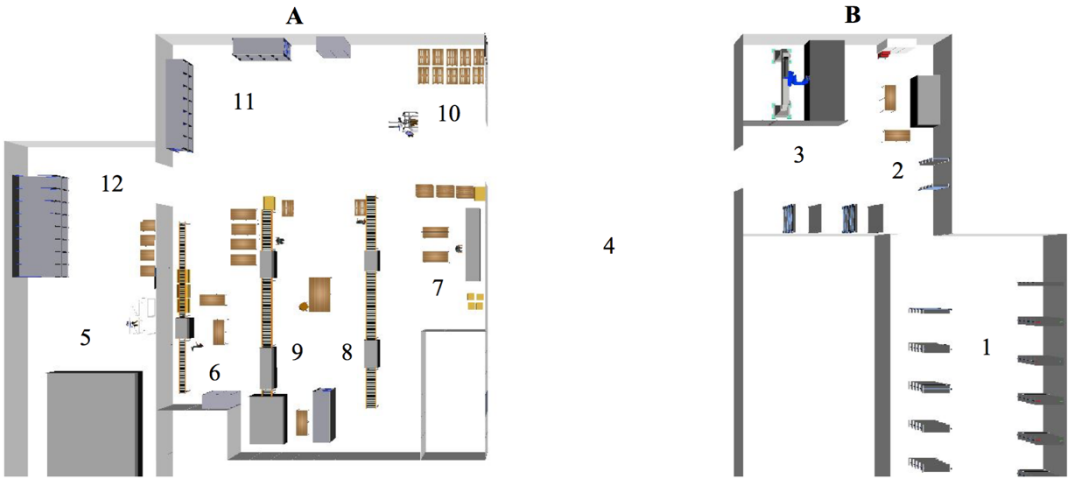
Kapitlet inleds med en beskrivning av resultatet från nulägesanalysen. Därefter presenteras förslag på framtida flöde och förbättringar.

4.1 Nulägesanalys

Avsnittet om nulägesanalysen inleds med en översikt av produktionsanläggningen. Sedan följer en redogörelse över materialflödet med hjälp av ett spagettidiagram och en värdeflödesanalys. Därefter presenteras Hierarkiska uppgiftsanalyser som beskriver uppgifterna vid arbetsstationerna. Slutligen presenteras resultaten från tidsstudien.

4.1.1 Kartläggning av produktionen

Anläggningen bemannas av tio personer, varav åtta operatörer, en tekniker och en produktionsansvarig. Produktionen är uppdelad på två skift mellan klockan 05.30-23.45, men det är inte alla arbetsstationer som bemannas under båda skiften. Produktionen är uppdelad i två byggnader med sju arbetsstationer, varav två delvis är automatiska. Det finns två borrmaskiner, en limmaskin, två packmaskiner, en kapmaskin och anodiseringanläggning.



Figur 4.1: *Kartläggning av produktionen, (figuren är skalenlig).*

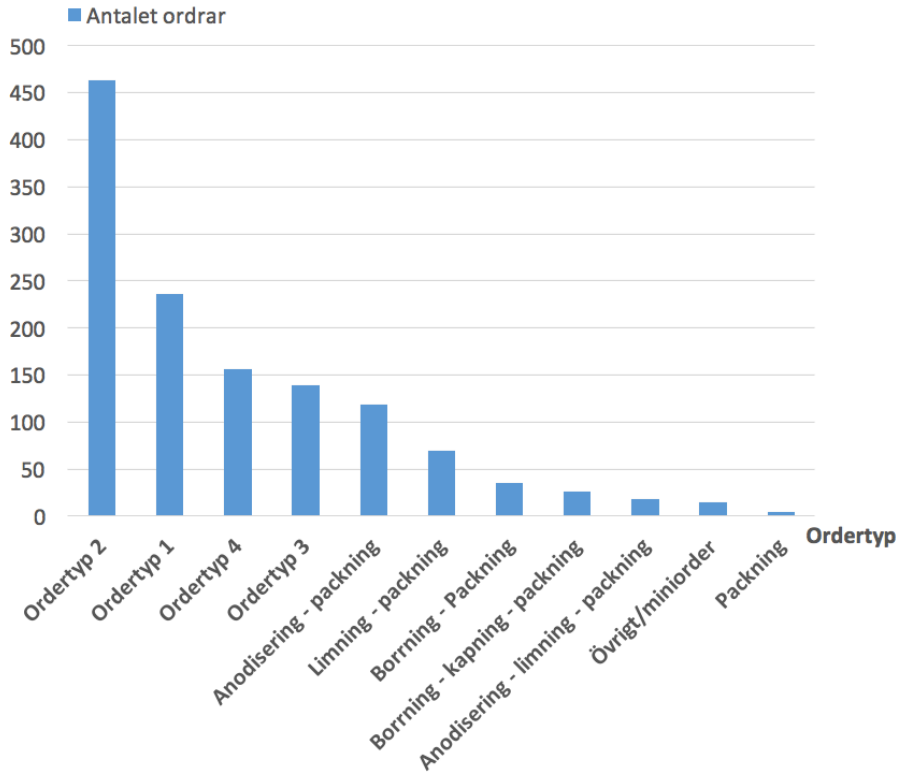
1. Råvarulager
2. Manuell borrmaskin
3. Automatisk borrmaskin
4. Innergård
5. Anodisering
6. Kapmaskin
7. Limmaskin
8. Gamla packmaskinen
9. Nya packmaskinen
10. Färdigvarulager
11. Tublager
12. Tublager

4.1.2 Orderkartläggning

Detta avsnitt presenterar orderhistoriken, samt de fyra vanligast förekommande ordrarna under tidsperioden 2016-01-01 till 2016-07-31.

Orderhistorik

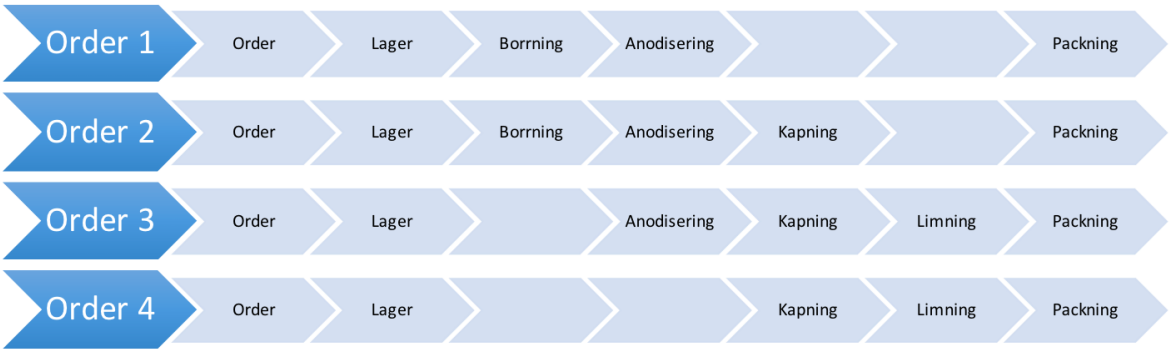
Orderhistoriken visar att ordertyp 2 är den order som det produceras mest av. Totalt var det 1287 stycken ordrar under den angivna tidsperioden. Ordertyp 2 utgjorde 36 % av den totala produktionen.



Figur 4.2: *Orderhistorik 2016-01-01 till 2016-07-31.*

De fyra vanligaste ordertyperna

Kärnan i Bodycotes verksamhet utgörs av anodiseringsprocessen. Det är dock inte alla ordrar som anodiseras. Order 4 består av lister med laminat och anodiseras därför inte. Duriflödet utgörs av fyra grundordrar, som visas i figur 4.3. Då dessa var de vanligast förekommande ordrarna beslutades det att framtida flöde skulle anpassas utifrån dessa.



Figur 4.3: *Beskrivning av de fyra grundordrarna.*

4.1.3 Materialflöde

Materialflödet utgörs nästintill uteslutande av manuella transporter. Transporterna sker med hjälp av truck, pallyftare eller helt utan hjälpmedel. Transporterna är mycket tidskrävande och utgör en stor del av operatörernas arbetstid. Flödet är uppdelat i två delar: ett innan anodiseringsprocessen och ett efter.

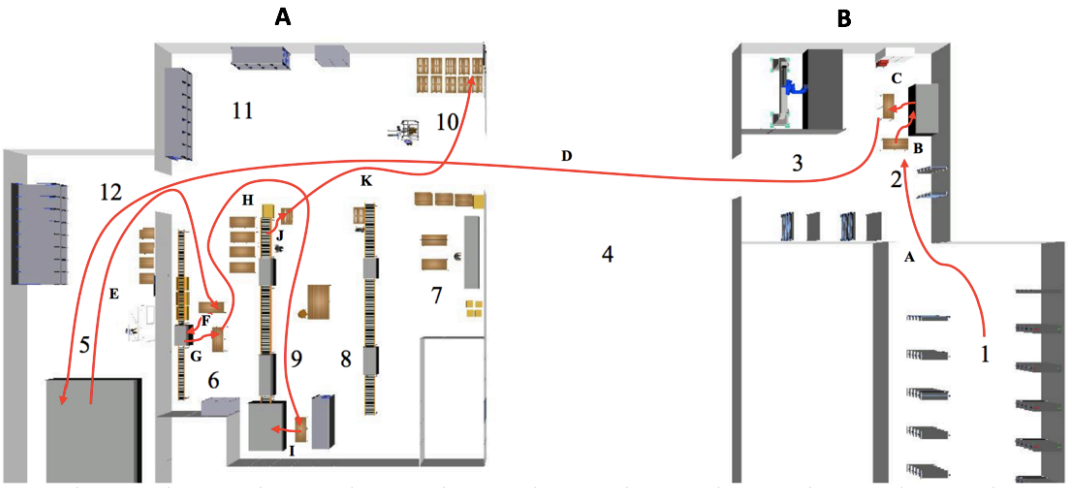
Råmaterial anländer med lastbil ungefär en gång i veckan. Materialet lastas av från lastbilen och ställs utomhus mellan A-och B-byggnaden. De körs sedan in till lagret i B-byggnaden och placeras i lagerhyllorna med hjälp av en truck.

Vid varje ny order hämtas råmaterial från lagret och transporteras med truck och pallyftare till respektive station, där det placeras på flyttbara bord. Transport av borden mellan stationerna sker med hjälp av pallyftare. Borden är tunga och instabila, vilket gör att transporterna tar lång tid.

Vid stationerna sker manuell transport av materialet från bord till respektive maskin. Efter att ha genomgått processen lastas materialet åter på ett bord, förutom vid packmaskinerna, där materialet packas i tuber. När packningen är klar transporteras tuberna till ett färdigvarulager.

4.1.4 Spagettidiagram ordertyp 2

Som Figur 4.4 visar präglas produktionen av många transporter och buffertar. Det medför att den sammanlagda transportsträckan för listerna blir väldigt lång. Spagettidiagrammet nedan illustrerar transportvägen för vardera list i ordertyp 2. Totalt transporteras listen ungefär 200 meter (figur 4.5).



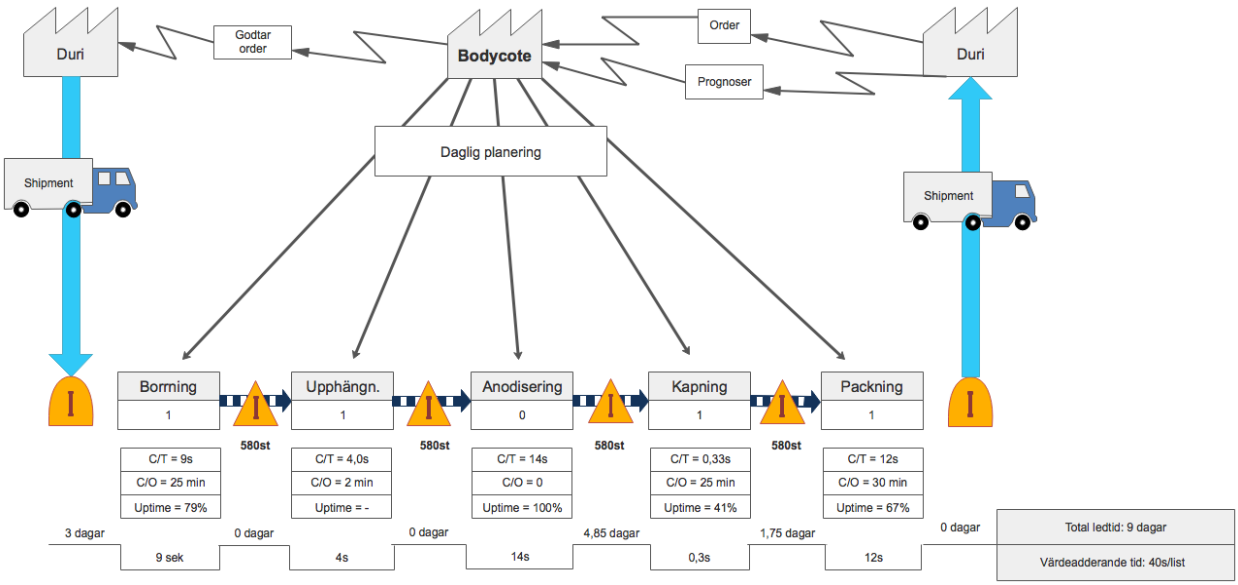
Figur 4.4: *Spagettidiagram av ordertyp 2, (figuren är skalaenlig).*

Tabell 4.1: *Transportsträcka för list.*

Moment	Antal meter
1. Lager till bord vid borrmaskin	25
2. Bord till borrmaskin	3
3. Borrmaskin till bord	2
4. Bord till anodisering	73
5. Anodisering till bord vid kapning	26
6. Bord till kapmaskin	2
7. Kapmaskin till bord	1
8. Bord till bord vid packmaskin	35
9. Bord till packmaskin	2
10. Packmaskin transport	15
11. Lister in i tuber	2
12. Tuber till lager	14
Totalt	**200**

4.1.5 Värdeflödesanalys av ordertyp 2

Eftersom de olika stationerna har olika takttid skapas det buffertar mellan vissa maskiner, exempelvis mellan kapmaskinen och packmaskinen. Buffertlager tar både plats och kräver extra transporter. Figur 4.6 visar att en normalstor order av ordertyp 2 har en ledtid på ungefär 9 dagar. Ibland ligger dock en färdig order i färdiglagret uppemot en vecka. Därför kan den totala ledtiden variera mycket. I denna analys beaktades den tid det tar för listen från det att ordern läggs till det att den är klar för leverans, därför valdes noll dagar vid färdigvarulagret.



Figur 4.5: *Värdeflödesanalys av order 2.*

4.1.6 Beskrivning av arbetsstationerna

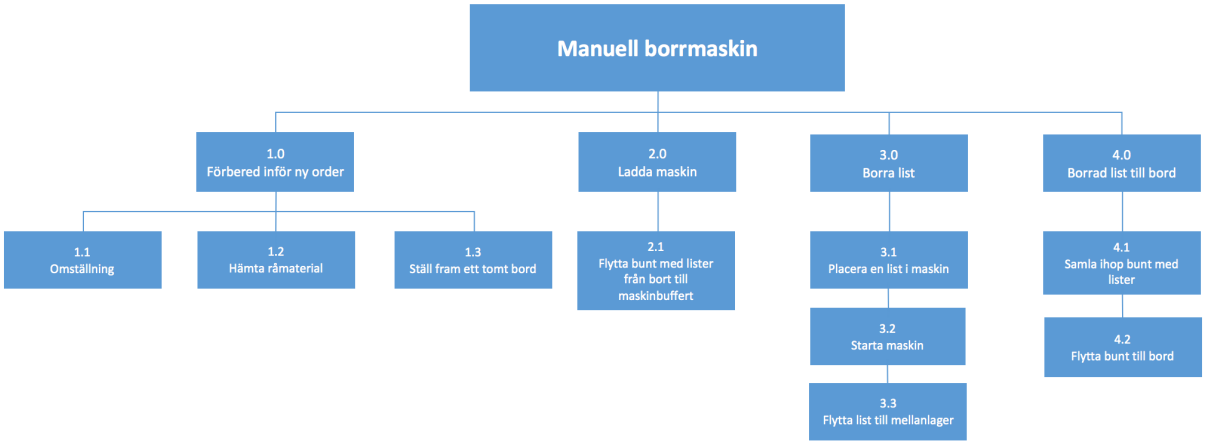
I detta avsnitt beskrivs de olika arbetsstationerna, samt hur godsmottagningen går till med hjälp av HTA-analyser. HTA-analyserna innehåller varje delmoment från orderförberedelse till genomförd order.

Manuell borrmaskin

Detta är första steget för ordertyp 1 och 2. Det som sker vid en orderstart är att operatören går till A-byggnaden och hämtar trucken. Intill borrmaskinen ska det finnas ett bord för obearbetade lister och ett annat bord för borrade lister. Råmaterial hämtas sedan från lagret och placeras på bordet för obearbetade lister intill borrmaskinen. Innan nytt material kan borras behöver oftast en maskinomställning göras.

En bunt med ungefär 17 lister plockas från bordet med obearbetade lister och läggs samlade vid borrmaskinen. Därefter tas en list och läggs upp vid borrmaskinen. Efter ett knapptryck sker en automatisk förflyttning så att listen hamnar i en position vertikalt mot borren. Listen borras både ovanifrån och underifrån. Den ena borriktningen gör en försänkning och genom den andra borriktningen borras ett genomgående hål.

När listerna är färdigborrade läggs de ihop i en bunt och placeras på det tomma bordet.
Efter att en hel order har genomgått denna process hämtas återigen trucken och listerna körs till A-byggnaden.

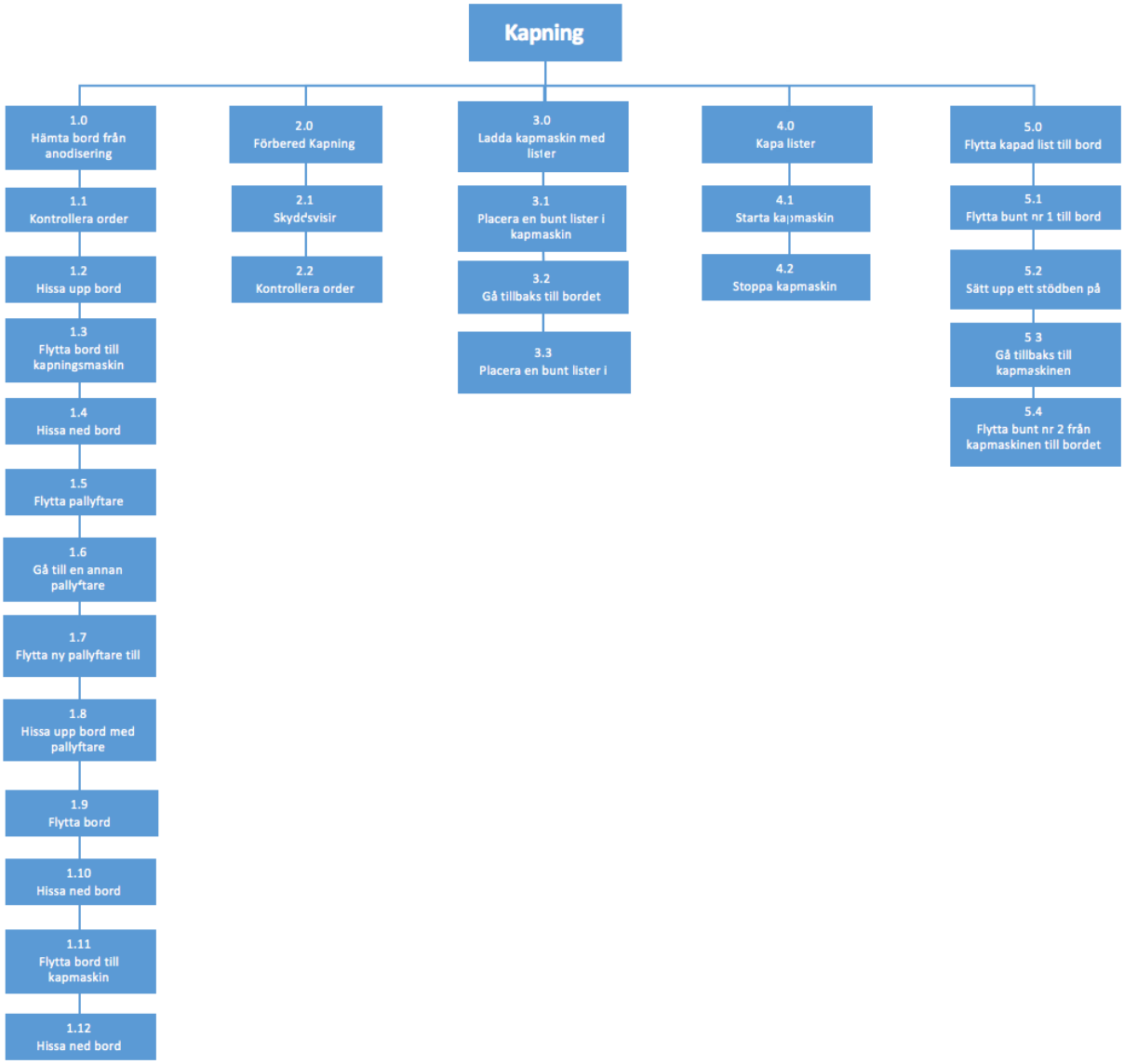


Figur 4.6: *HTA Manuell borrmaskin.*

Kapning

I de flesta ordrarna är kapning steget efter anodisering. Vid en ny order plockas anodiserade lister ner från ställning till ett tomt bord. När alla lister har tagits ner från ställningen körs bordet med hjälp av en pallyftare till kapmaskinen. Operatören hämtar sedan ett tomt bord och ställer det bredvid maskinen.

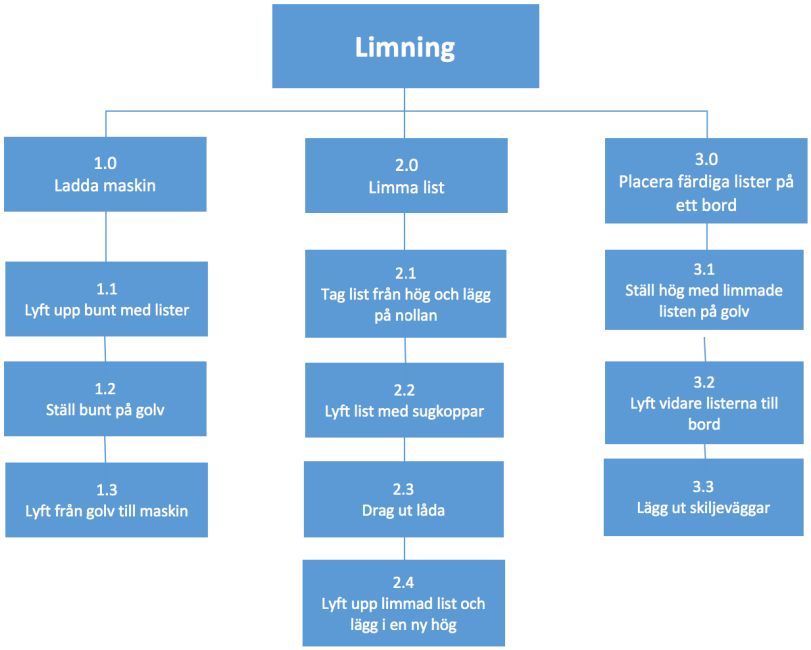
En bunt med ungefär 15 lister tas från bordet och läggs i kapmaskinen. Ännu en bunt med 15 lister tas från bordet och läggs bredvid den andra bunten. Efter ett knapptryck kapas de 30 listerna. 30 kapade lister genererar 30 stycken tvåmeterslister och 30 stycken enmeterslister. Dessa lister läggs sedan på det tomma bordet. När alla lister är kapade ställs bordet med de kapade listerna i ett mellanlager tills det är dags för antingen limning eller packning. Om nästkommande maskiner är redo för nya order körs bordet direkt dit.



Figur 4.7: *HTA Kapmaskin.*

Limning

I limmaskinen förflyttas ett bord med lister från föregående station och ställs bredvid limmaskinen. Ett tomt bord med plats för limmade lister ställs bredvid. Efter att ha bytt limrulle och genomfört annan nödvändig förberedelse inför den nya ordern är det dags att börja limma. En bunt med lister tas från bordet och placeras vid limmaskinen. En list i taget läggs sedan på en given plats i limmaskinen. Efter ett knapptryck trycks en limremsa på listen. Operatören placerar sedan den limmade listen i en ny bunt bredvid den olimmade bunten. När hela bunten är limmad förflyttas den till det nya bordet och skiljeväggar sätts ut mellan buntarna. Skiljeväggarna används som ett skydd mot att listerna skall fastna i varandra. När hela ordern är färdiglimmad körs bordet med hjälp av en pallyftare till nästa station.

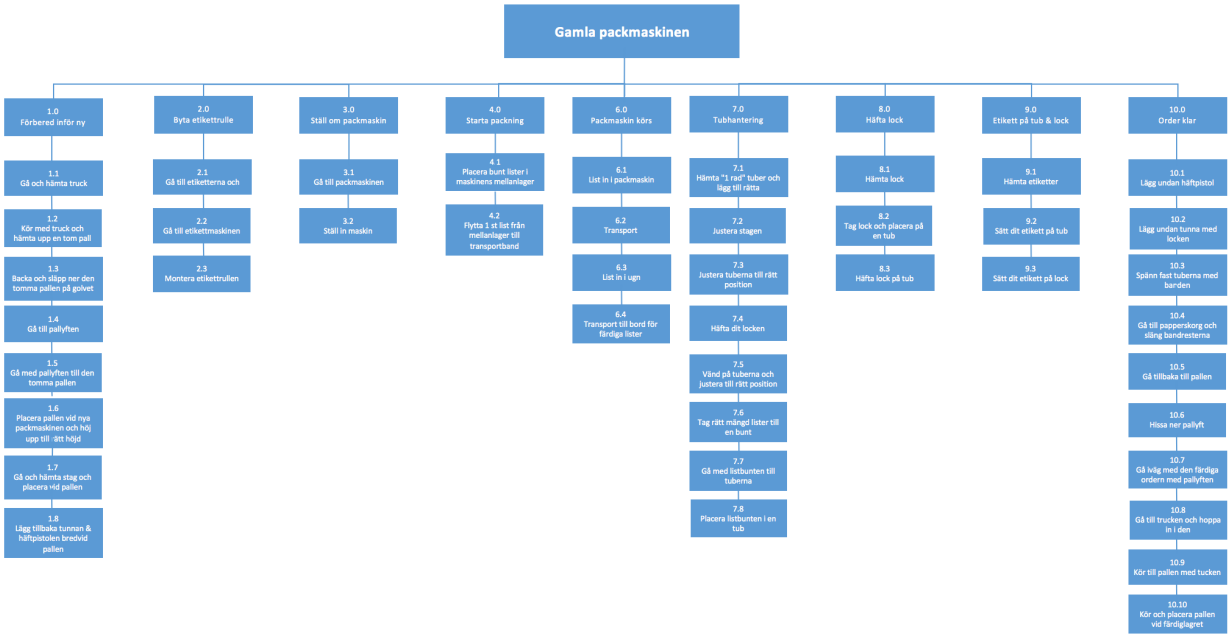


Figur 4.8: *HTA limmaskin.*

Gamla packmaskinen

I den gamla packmaskinen packas vinkellister. Bordet från föregående station placeras bredvid starten av transportbandet vid packmaskinen. En tom lastpall med plats för färdigpaketerade lister placeras vid slutet av transportbandet. Stag monteras och tuber hämtas från tublagret. När byte av etikettrulle och annan nödvändig förberedelse är klar går operatören till starten av transportbandet. En bunt med ungefär 15 lister tas från bord och placeras vid packmaskinen. Sedan plockar operatören en list och lägger ner den på transportbandet. Därefter startas transportbandet och listen åker till första steget. Vid första steget omsluts listen av plast och får en eventuell skruvpåse. Därefter åker listen vidare in i ugnen där plasten omsluts. Vid slutet av transportbandet skyfflar en cylinderarm ner listen från transportbandet. Operatören plockar sedan bestämt antal lister till en bunt och lägger i en tub. Därefter häftas lock med en häftpistol för att försluta tuberna. Den färdiga pallen körs sedan till färdiglagret med hjälp av en truck eller pallyftare, beroende på orderstorlek.

Då den gamla packmaskinen innehåller många deluppgifter och delmoment är HTA:n något svårläst. Vad som emellertid kan utläsas av figuren är att den är bred och djup. En förstorad bild finns i bilaga 1.



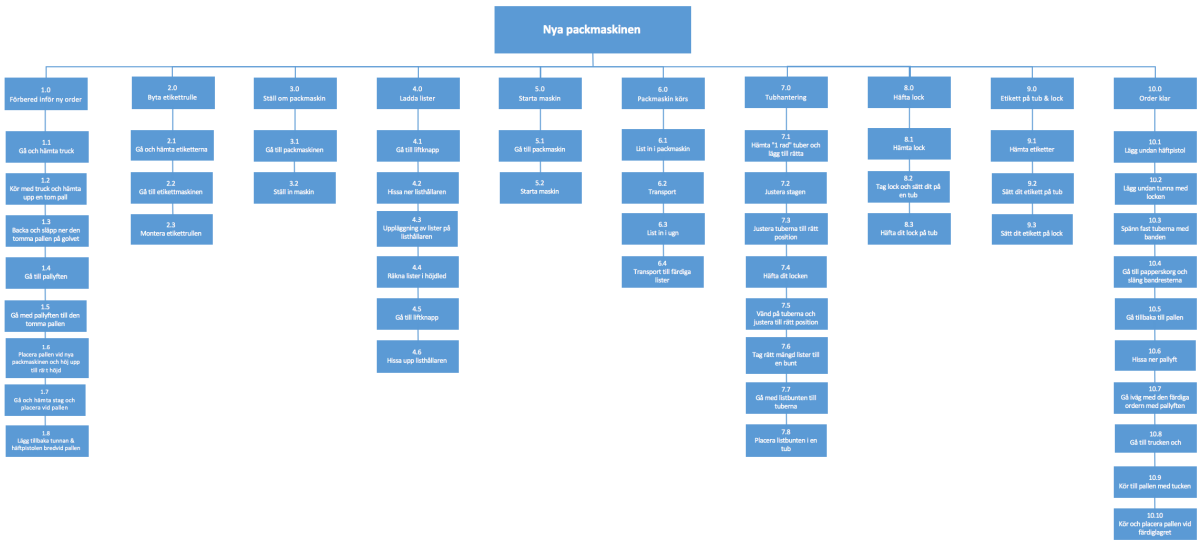
Figur 4.9: *HTA gamla packmaskinen.*

Nya packmaskinen

I den nya packmaskinen paketeras alla lister som inte är vinkellister eller från ordertyp 1. Listerna i ordertyp 1 paketeras för hand direkt efter anodiseringen och vinkellister paketeras som tidigare beskrivits i gamla packmaskinen.

En order startar med förberedelse på liknande sätt som i den gamla packmaskinen. Till skillnad från i den gamla packmaskinen laddar operatören ett magasin med hela ordern istället för att en list åt gången läggs på transportbandet manuellt. Här sköter istället en maskin påläggning av list från magasin till transportband. Resterande arbetsuppgifter liknar de i den gamla packmaskinen.

Även den nya packmaskinen består av många deluppgifter och delmoment, varför HTA:n är något svårläst. En förstorad bild finns i bilaga 2.



Figur 4.10: *HTA nya packmaskinen.*

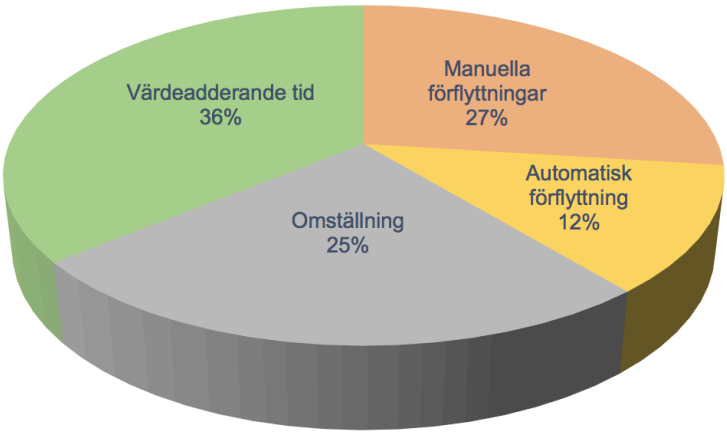
4.1.7 Tidsstudie

Då stationerna består av olika processer är den värdeadderande tiden individuell för varje arbetsstation. Så är dock inte fallet vad det gäller packmaskinerna, där är den värdeadderande tiden den samma, men totaltiden varierar. I omställningstiden ingår den tid som sker mellan ordrarna. Detta innefattar allt från att gå och hämta en truck och transportera lister från en station till en annan, till att ställa om en maskin. Orsaken till att omställningstiden i den nya packmaskinen är längre än i den gamla packmaskinen är att lister istället laddas i ett magasin, vilket gör att omställningstiden ökar.

Manuell förflyttning är de förflyttningar som sker vid stationerna, exempelvis förflyttningen av obearbetade lister från ett bord till en maskin. Automatisk förflyttning är förflyttning som sker i maskinerna, exempelvis transportbanden i packmaskinerna.

Manuell borrmaskin

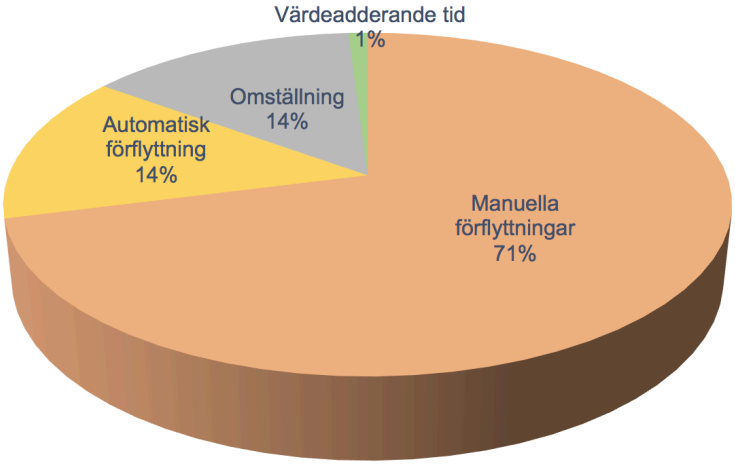
I den manuella borrmaskinen är den värdeadderande tiden den tid då borren går igenom listen. Takten i dagsläget är ungefär 974 [lister/dag].



Figur 4.11: *Tidsstudie manuell borrmaskin.*

Limmaskin

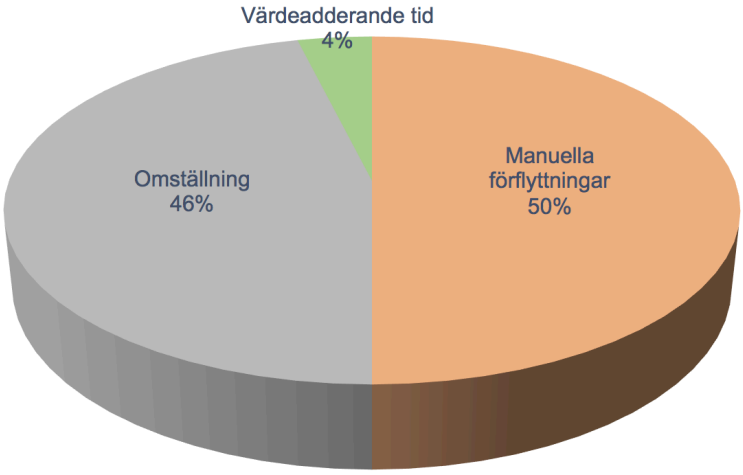
I limmaskinen är den värdeadderande tiden då limmet appliceras på listen. Limmaskinen är den maskin med minst andel värdeadderande tid. Takten i dagsläget är ungefär 995 [lister/dag].



Figur 4.12: *Tidsstudie limmaskin.*

Kapmaskin

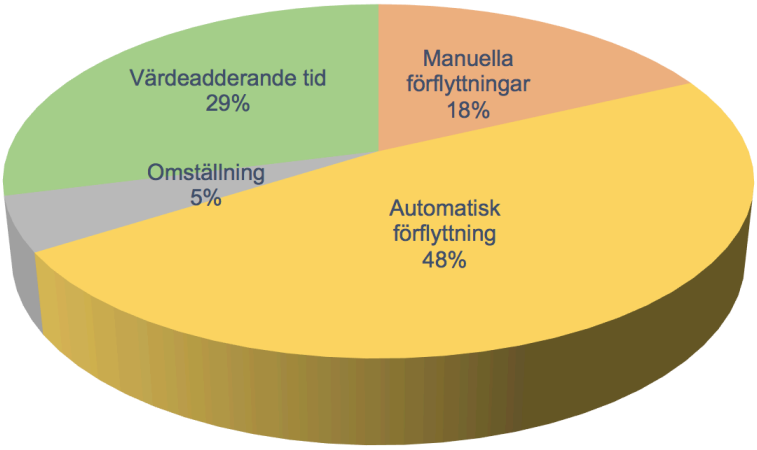
I kapmaskinen är den värdeadderande tiden den tid då sågklingan går genom listerna. Kapmaskinen är den station med näst lägst andel värdeadderande tid. Den anses dock vara effektiv då den kapar 30 lister åt gången, vilket gör att cykeltiden blir mycket låg. Takten i dagsläget är ungefär 1333 [lister/dag].



Figur 4.13: *Tidsstudie kapmaskin.*

Gamla packmaskinen

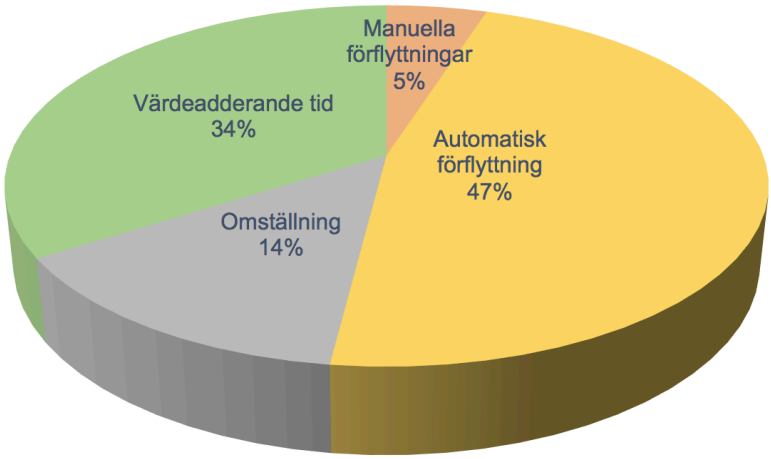
Den värdeadderande tiden (12 sekunder) är tiden då plasten sluts kring listen, samt när den åker genom ugnen. Takten i dagsläget är ungefär 973 [lister/dag].



Figur 4.14: *Tidsstudie gamla packmaskinen.*

Nya packmaskinen

Den värdeadderande tiden (12 sekunder) är tiden då plasten sluts kring listen, samt när den åker genom ugnen. Takten i dagsläget är ungefär 2097 [lister/dag].



Figur 4.15: *Tidsstudie nya packmaskinen.*

4.1.8 LoA-analys

Figur 4.17 nedan visar resultatet av den uppmätta automationsnivån för flödet, där alla stationer är inkluderade. Då de flesta uppgifter är samlade nere till vänster i matrisen innebär det att såväl fysisk som kognitiv automation är låg för hela flödet. Det betyder således att det finns stor potential till automationsförbättringar.

Fysisk								
7								
6								
5							8	
4	21							
3	16							
2	1							
1	66							
	1	2	3	4	5	6	7	Kognitiv

Totalt antal uppgifter
112

Figur 4.16: *Loa-analys.*

4.2 Framtida flöde och förbättringar

I detta kapitel beskrivs resultatet av förbättringsarbetet efter nulägesanalysen. Det bestämdes att förbättringsförslag i två nivåer skulle tas fram. Nivåerna valdes utefter önskad automationsnivå och uppskattad investeringsnivå. Som tidigare nämnts är flödet uppdelat i två delar: ett innan anodiseringen och ett efter. Den andra delen av flödet ansågs vara i störst behov av förbättring.

4.2.1 Nivå 1

Denna nivå innebär en obefintlig automatiseringsgrad, vilket medför en väldigt låg investeringskostnad. Tanken med denna nivå är att effektivisera arbetssättet vid befintliga stationer.

Tubhantering

Genom observationer framgick det att transporten av tuber från lager till packmaskiner var något ineffektiv. Många gånger hämtar operatörerna endast det antal tuber som får plats i en famn och får därför hämta tuber flera gånger under en order, beroende av hur stor orderstorleken är. Vid detta arbetssätt blir den totala sträckan för hämtning av tuber lång, vilket kan kopplas till de sju slöserierna i form av onödiga rörelser.

För att göra tubhanteringen mer effektiv föreslås att första steget vid en ny order är att packa en tom pall med rätt mängd tuber direkt från lagret. Även häftning av lock bör ske vid lagret innan transport till respektive packstation sker.

Ett annat alternativ är att ha en specifik plats för en pall med tuber vid packstationerna. När tid finns fyller operatören pallen med tuber vid tublagret så att det alltid finns tuber tillgängligt vid packstationerna.

Förflyttning av limmaskinen

I dagsläget innebär det långa avståndet mellan limmaskinen och packmaskinerna en lång transport för limmade lister. Det krävs även ett extra mellanlager innan transport till packmaskin sker.

Ett förslag är att placera limmaskinen bakom den gamla packmaskinen. Den nya placeringen skulle reducera transporten mellan maskinerna och eventuellt även minska mellanlagret. När en bunt med lister är limmade flyttar operatören listerna direkt till packmaskinen om plats finns, annars läggs den vid ett buffertlager intill. De gånger listerna tillåts att placeras direkt vid packmaskinen reduceras ett mellanlager. För att göra arbetet än mer effektivt monteras fasta mellanväggar på borden. Då utplacering av mellanväggar görs vid flytt av varje bunt skulle det resultera i en stor tidsbesparing.

Förflyttning av borrmaskinen

Borrmaskinen bör flyttas från B-byggnaden till A-byggnaden. Att ha alla processer samlade i en och samma byggnad underlättar för såväl transporter som kommunikation. Istället för truck som i dagsläget används för transport mellan borrmaskin och anodisering kan pallyftare med fördel användas.

Förflyttning av lister till kapmaskinen

Efter anodiseringen lastas ytbehandlade lister av från ställning och läggs på bord för att sedan köras till kapmaskinen.

Ett alternativ till detta är att förflytta hela ställningen till kapmaskinen och lasta av direkt från ställning till kapmaskin. Då reduceras ett mellanlager och mycket tid kan sparas.

4.2.2 Nivå 2

Denna nivå innehåller en högre automationsgrad och medför därför en större investering.
Först ges förbättringsförslag för del ett av flödet, följt av två förslag för andra delen av flödet.

Första delen av flödet

Enligt beräkningar finns kapacitet för den manuella borrmaskinen att klara av hela produktionen utan hjälp av den automatiska borrmaskinen. För att kunna borra de lister som idag borras i den automatiska borrmaskinen krävs en konfigurering av borrmaskinen.
Maskinen är byggd för att kunna mata ut lister på baksidan. Detta är något som kommer att utnyttjas i ett framtida flöde. I det nya flödet innebär steg ett att en robot placerad intill borrmaskinen plockar en list och lägger listen i borrmaskinen. Då detta sköts av en robot kan säkerhetsavståndet minskas. Detta gör att den automatiska förflyttningen av listen inte längre behövs. Detta sparar tid då denna förflyttning i dagsläget tar tre sekunder per list.

När listen har borrats skjuts den ut på andra sidan av maskinen där ytterligare en robot plockar listen och lägger i ett magasin. När magasinet är fyllt och ordern borrad transporteras magasinet vidare till anodiseringen. Där plockas listerna manuellt från magasinet och placeras på en ställning inför ytbehandlingsprocessen. När listerna är anodiserade plockas de av från ställningen och läggs i ett nytt magasin för att sedan transporteras till andra delen av flödet.

Andra delen av flödet

Nedan beskrivs två förslag, samt ett slutgiltigt koncept för den andra delen av flödet.

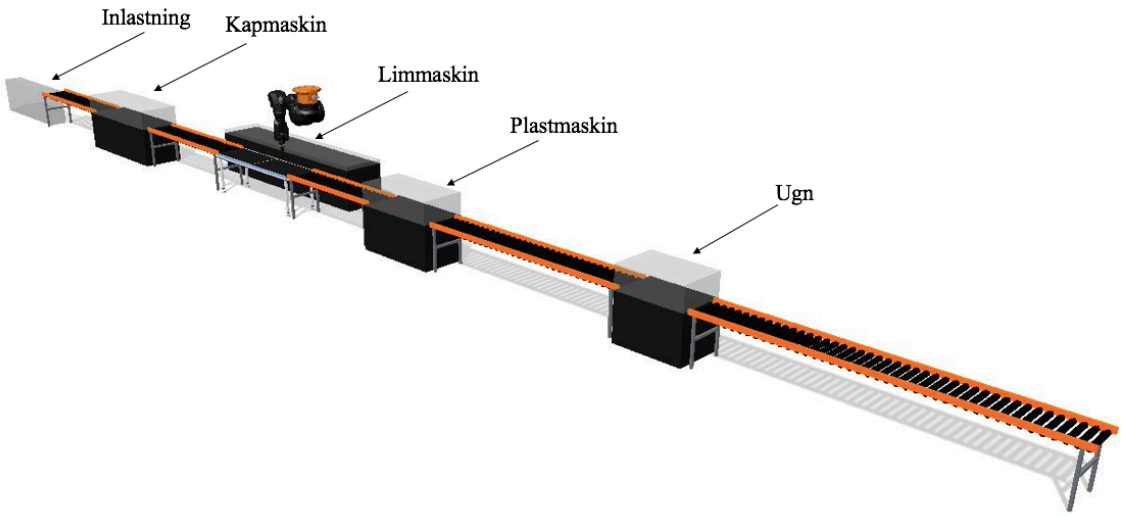
Rakt flöde

Här är alla tre stationer sammankopplade med transportband i ett rakt flöde. Då automationsgraden är hög sköts en stor del av flödet och dess processer automatiskt. Det är endast vid montage av magasin samt vid packning som en operatör behövs. Därför kan flödet bemannas med endast en operatör. Den totala längden på flödet är 35,5 meter.

I detta flöde behöver listerna aldrig byta färdriktning. En tremeterslist skjuts ut från magasin på transportbandet och åker in i kapmaskinen, som är den första stationen i flödet. Kapmaskinen kapar listen till två delar. Den ena delen blir en meter och den andra delen blir två meter. Om en order inte kräver kapning åker listen rakt igenom kapmaskinen utan att kapas.

Listen åker efter kapmaskinen vidare på ett transportband och stannar vid en sensor. Där plockar en robot listen och förflyttar den till limmaskinen. Där går roboten ner med listen och trycker listen mot en limremsa. Roboten förflyttar därefter listen tillbaka till transportbandet. För att undvika stopp i produktionen har limmaskinen två spår och två limrullar. När den ena rullen med lim tar slut byter roboten spår. Operatören kan då byta limrullen utan att produktionen påverkas. Listen transporteras vidare till plastmaskin där den blir omsluten av plast. Lister som inte är limmade förses med en skruvpåse.

Efter plastmaskinen färdas listen vidare till en ugn. I ugnen värms plasten så den sluts kring listen. Två etikettmaskiner placerade efter ugnen applicerar en etikett på listen. Vilken etikett listen får beror på dess längd. Listen har nu genomgått flödets alla processer och transporteras vidare till ett avskjut. Avskjutet sorterar listerna efter längd. Kapade lister skjuts ut på varsin sida av transportbandet och hamnar på olika packbord. Okapade lister skjuts inte ut på sidan, utan åker vidare rakt fram.



Figur 4.17: *rakt flöde.*

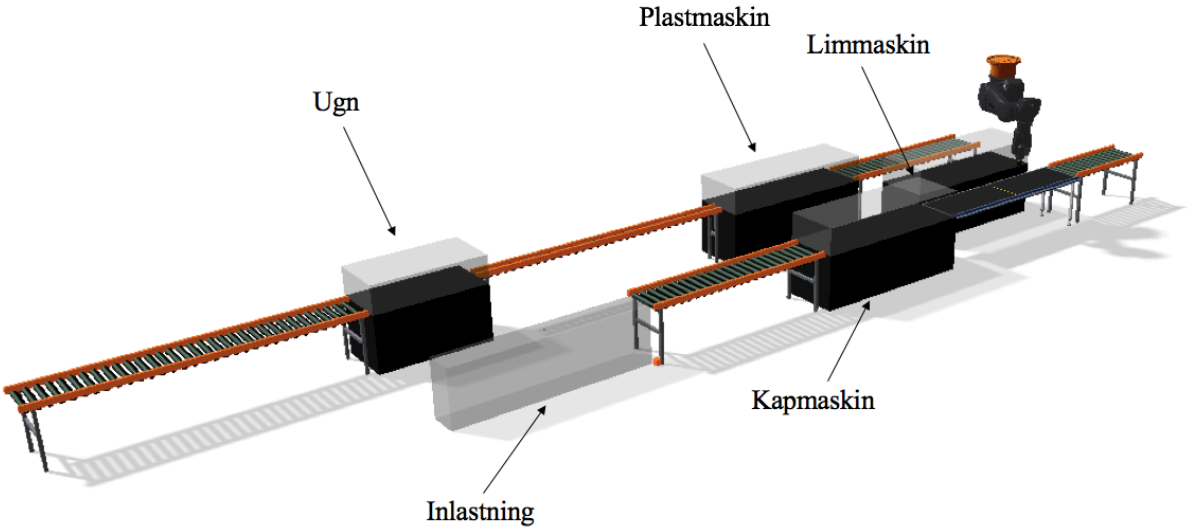
Tabell 4.2: *Maximala längden på rakt flöde.*

Process	**Antal meter**
Inlastning	3,5
Transportband 1	3,5
Kapmaskin	3
Transportband 2	3,5
Transportband med sensor	3,5
Transportband 3	3,5
Wrapping	3
Transportband 4	5
Ugn	2
Transportband 5	5
Total längd	**35,5**

U-flöde

Detta flöde är utformat som ett U. Flödet fungerar på liknande sätt som det raka flödet, med skillnaden att listen byter riktning efter limmaskinen. Efter kapmaskinen stannar listen vid en sensor och plockas där upp av en robot som förflyttar den till limmaskinen. Där går roboten ner med listen och trycker den mot en limremsa. Roboten flyttar sedan listen till ett transportband med motsatt färdriktning. Härefter fungerar resten av flödet på samma sätt som i det raka flödet.

Flödets totala längd är 19,5 meter. Detta är dock inte den sträcka som listen färdas, utan den längd i lokalen som tas i anspråk av flödet. Limmaskinen innehåller även i detta flöde två spår och två limrullar. Då processerna är helautomatiska behöver flödet endast bemannas med en operatör istället för fyra. Det är endast vid inlastning och packning som operatören behövs.



Figur 4.18: *U-flöde.*

Tabell 4.3: *Den längd i lokalen som tas i anspråk av u- flödet.*

Process	**Antal meter**
Transportband för kassation	1
Transportband 3	3,5
Wrapping	3
Transportband 4	5
Ugn	2
Transportband 5	5
Total längd	**19,5**

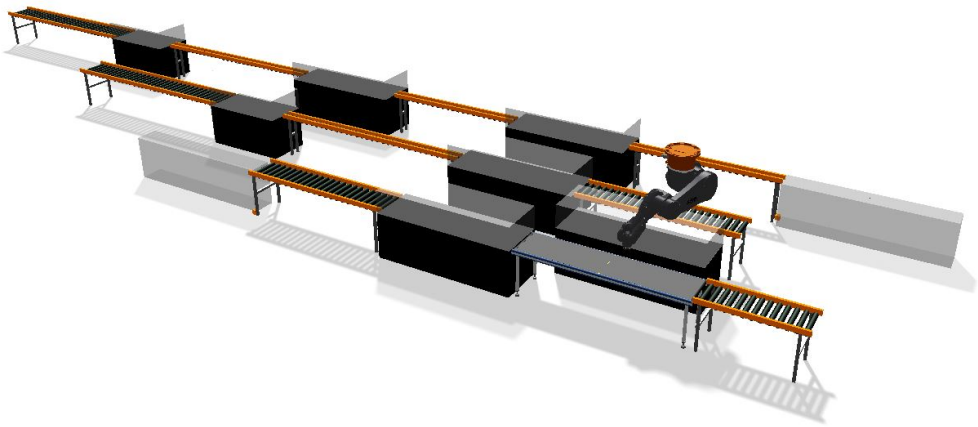
Slutgiltigt koncept för andra delen av flödet

För att klara av produktionsvolymen består det slutgiltiga flödet av en kombination utav både u-flödet och det raka flödet. Det raka flödet är modifierat och innehåller ingen limmaskin, utan här körs endast lister som tidigare har borrats. Ordrar som ska limmas går igenom u-flödet, då detta flöde innehåller en limmaskin och en robot.

I dagsläget krävs det fyra operatörer för att sköta dessa stationer, men i detta koncept behövs endast två. Operatörernas uppgift är att montera magasinen och kontrollera att allt fungerar som det ska. Deras uppgift är dessutom att utföra en sista kvalitetskontroll av listerna innan de packas i tuber.

För att underlätta arbetet bör en del utrustning och material finnas i flödets närhet. Detta presenteras i nedanstående lista:

- Vid kapmaskinen behöver sågklingor finnas nära till hands då de slits snabbt och regelbundet behöver bytas ut.
- Limmrullarna är endast 100 meter långa och behöver därmed bytas ofta. Därför behövs ett lager med dessa intill limmaskinen.
- Papperskorgar intill limmaskin och vid packning i tuber.
- Plast och skruv bör finnas i närheten av plastmaskinen.
- Etiketter nära etikettmaskinen.
- Tublagret bör finnas nära slutpacketeringen.
- Pallyftare för transport till färdigvarulagret.



Figur 4.19: *Det slutgiltiga konceptet.*

Tabell 4.4: *Maximala längden på slutgiltigt koncept.*

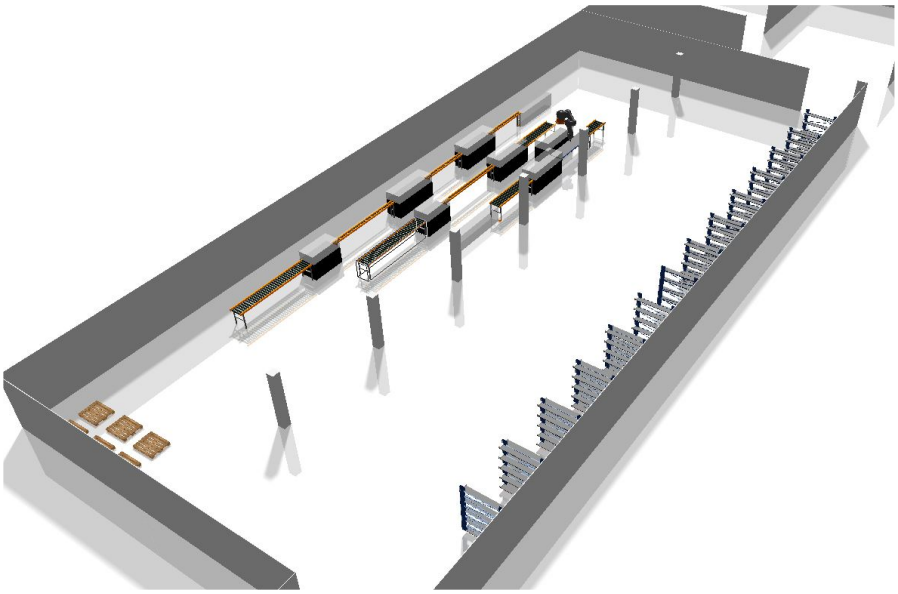
Process	**Antal meter**
Inlastning	3,5
Transportband 1	3,5
Kapning	3
Transportand 2	3,5
Wrapping	3
Transportband 3	5
Ugn	2
Transportband 4	5
Total längd	**28,5**

5 DISKUSSION

Detta kapitel inleds med en diskussion om projektets resultat, följt av en kort metodreflektion. Slutligen redogörs för vad som rekommenderas att arbeta vidare med.

5.1 Resultatreflektion

Det nya flödet av del två blir totalt 28,5 meter långt. Efter mätning av lokalerna drogs slutsatsen att placering av flödet i A-byggnaden inte kommer vara praktiskt möjligt. Flödet bör därför vara placerat i B-byggnaden. Figur 5.1 nedan visar att det finns stort utrymme för flödet och annan kringutrustning i B-byggnaden.



Figur 5.1: *Del 2 av flödet placerat i B-byggnaden.*

Då de flesta ordrarna börjar med borrning och anodisering föreslås att råvarulagret placeras i A-byggnaden. Detta för att råmaterial ska finnas tillgängligt så nära borrmaskinen och anodiseringen som möjligt. När en order är ytbehandlad transporteras ordern vidare i magasin till B-byggnaden. Att placera lagret i A-byggnaden kommer vid ordrar som inte startar med anodisering eller borrning medföra transporter av tomma magasin mellan byggnaderna. Enligt Lean bör denna typ av transport i största mån undvikas då det inte ökar kundvärdet, men det går inte i detta fall att undvika, då del två av flödet inte är placerat i samma byggnad som anodiseringen och borrningen.

Följande placeringar av arbetsstationerna föreslås:

A-byggnad:

- Råvarulager
- Borrning och Anodisering

B-byggnad:

- Kapning, limning, packning & ugn
- Färdigvarulager

5.2 Metodreflektion

Då projektet genomförts på ett litet företag har det varit möjligt att kartlägga hela produktionen och intervjua de anställda som arbetar i produktionen. Tillsammans med anställda och arbetsledning kunde flera områden som ansågs ha förbättringspotential uppmärksammas.

För att kunna genomföra värdesflödesanalysen inom den utsatta tidsramen behövde författarna ta del av en orderhistorik från en fyra år gammal studie. Detta är något som behövde beaktas vid tolkning av resultatet. Då efterfrågan och optimering av processer förändras med tiden skulle ett genomförande av studien i dagsläget troligtvis inte ge exakt samma resultat.

Den orderhistorik som användes för att undersöka de vanligast förekommande ordrarna var endast ett halvår gammalt och bedöms därför vara en bra grund för ett tillförlitligt resultat. Dock kan efterfrågan ändras i framtiden, men det ger en bra uppfattning om vilka ordertyper som är populärast.

De mätningar som utförts i samband med tidsstudien anses vara tillförlitliga. Detta eftersom de har mätts flera gånger, både med hjälp av stoppur och videoinspelningar. Videoinspelningarna har noggrant analyserats i efterhand. Tidsmätningarna har utförts på personer som håller en normal arbetstakt.

5.3 Fortsatt arbete och rekommendationer

De förändringar som föreslås i nivå två har i samråd med Bodycote granskats och bedömts som genomförbara. Nästa steg för Bodycote är att ta kontakt med en leverantör som kan erbjuda automationslösningar. Då det inte har genomförts någon investeringskalkyl för implementering av förbättringsförslagen överlämnas även detta till Bodycote.

Laserskärning

Under arbetets gång uppkom idéer och funderingar kring om det skulle vara möjligt att byta ut dagens kapmaskin mot en laserskärare. Dagens kapmaskin har en hög servicekostnad då dess sågkligor ofta behöver bytas ut. Det beslutades att en undersökning av detta skulle genomföras. Frågor som behövde besvaras var:

- Hur fungerar en laserskärare?
- Hur påverkas materialet, snittet och laminatet av värmen från laserstrålen?
- Hur stor skulle en sådan investering vara?

Författarna har kontaktat flera företag runt om Göteborg för att får svar på frågorna, men utan framgång. Undersökning om laserskärning skulle vara möjligt lämnas därför över till Bodycote för vidare utredning. Bodycote behöver därför ta kontakt med en leverantör som erbjuder test och lösningar med laserskärning.

Kommunikation
För att underlätta kommunikationen mellan Bodycote och Duri skulle ett gemensamt ordersystem vara fördelaktigt. Detta skulle öka kontrollen av vilket material som finns på lager och vad som behöver beställas för att undvika förseningar på grund av materialbrist.

Arbetssätt
För att eliminera förluster som inte har något värde för slutprodukten behöver Bodycote utveckla "Leantänket" för hela verksamheten. Bodycote arbetar redan med 5S men detta kan användas i högre grad i framtiden för att få bättre ordning och reda. I dagsläget finns outnyttjad yta som kan frigöras om lokalerna rensas från allt som inte är nödvändigt. Kontrollen av operatörernas arbetsprestationer och operationer är låg och får ta den tid det tar. Inom Lean Production är standardiserat arbetssätt grunden för ständiga förbättringar. Det är något som kan bidra till att hålla nere ledtiden.

Implementering
Implementering av de förbättringsförslag som presenterats kommer leda till stora förändringar för såväl produktion som organisation. Det krävs ett aktivt deltagande och vilja från både ledning och anställda vid genomförande av förändringen. Förbättringsförslagen anses vara genomförbara och Bodycote har stora möjligheter att effektivisera produktionen om förslagen följs. Innan implementering kan ske krävs dock mycket arbete och kommer därför inte kunna ske inom det närmsta året.

6 SLUTSATSER

Syftet med projektet var att analysera och förbättra Duri-flödet med avseende på materialflöde, flödeslayout, tidsstudie och sträckmätning. Utifrån analysen skulle förslag presenteras på effektiviseringar och automationslösningar som förbättrar Duri-flödet och kortar ner ledtiderna. Frågeställningar som behövde besvaras var:

- Vilka förflyttningar i flödet kan elimineras?
- Vilka moment kan automatiseras eller effektiviseras?
- Vilka åtgärder kan vidtas för att minska ledtiden?
- Hur kan layouten av Duri-flödet förändras?

Utifrån projektets syfte och frågeställningar har hela verksamheten kartlagts, med särskilt fokus på flödeslayout. I nulägesanalysen analyserades Duri-flödet noggrant med hjälp av ett antal verktyg och metoder.

Nulägesanalysen visade att det fanns flera moment och förflyttningar som är ineffektiva. Onödiga flyttningarna bestod av transport av list mellan stationerna, samt manuella förflyttningar av list i respektive station.

En kombination av två flödesförslag ledde till ett slutgiltigt koncept bestående av ett u-flöde och ett rakt flöde. I det slutgiltiga konceptet togs flera av de manuella moment och förflyttningar bort och bör därmed korta ner ledtiden. Då det var svårt att uppskatta hur lång tid de nya processerna kommer ta har den nya ledtiden inte beräknats. Eftersom del två består av en lina som tar bort manuella transporter kan slutsatsen göras att ledtiden kommer minska.

I del ett av flödet kunde borrmaskinen automatiseras med hjälp av två robotar. I del två sammankopplades stationerna med hjälp av transportband. Dessutom placerades en robot vid limmaskinen för att eliminera den manuella hanteringen, samtidigt som kapmaskinen var helautomatisk. Med hjälp av dessa förbättringar har automationsnivån höjts avsevärt. Produktionen har därmed utvecklats från att vara en funktionell verkstad till en kombination av flödesorienterad, del 1 och linjeorienterad verkstad, del 2.

REFERENSER

Litteratur

Bohgard, M. (2009). *Arbete och teknik på människans villkor.* Stockholm: Prevent

Keller, K. (2011). *Six Sigma Demystifies, second edition.* New York: McGraw-Hill

King, P. L. King, J. S. (2015). *Value Stream Mapping for the Process Industries: Creating a Roadmap for Lean Transformation.* Florida: CRC Press

Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles.* New York: McGraw-Hill

Mattson, S. (2001). *SIS Handbok 12, Aluminium, utgåva 3.* Stockholm: SIS förlag AB

Patel, R. Davidsson, B. (2003). *Forkningsmetodikens grunder.* Lund: Studentlitteratur

Scott, J. (2016). *A dictionary of sociology.* Oxford: Oxford University Press

Wilson, C. (2013). *Brainstorming and Beyond.* San Francisco: Morgan Kaufmann

Artiklar

Frohm, J. Lindström, V. Winroth, M. & Stahre, J. (2008). Levels of automation in manufacturing. Ergonomia. *International Journal of Ergonomics and Human Factors 30(1)*

Hayes, R. H. Wheelwright, S. C. (1979). Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review*, 57(1), 133-140

Johansson, P. Olhager, J. (2006). Linkin product-process matrices for manufacturing and industrial operations. *International Journals of Production Economics. 104(2),* 615-624

Neville A, Stanton. (2006). Applied Ergonomics. *Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions 37(1),* 55-79

Webbsidor

AviX. (2016). *AviX Method.* Hämtad 2016-09-18, från http://www.avix.eu/produkter/avix-method/

Bodycote. (2016). *Om oss.* Hämtad 2011-10-27, från http://www.bodycote.com/sv-SE/about-us/our-company.aspx

Leduc. (2017). *Induktion, deduktion och abduktion*. Hämtad 2016-12-15, från http://www.leduc.se/metod/Induktion,deduktionochabduktion.html

Nationalencyklopedin. (2016). *Automatisering.* Hämtad 2016-12-14, från http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/automatisering

Tutor2u. (2015). *Production: Flow Production Method*. Hämtad 2017-12-17, från http://www.tutor2u.net/business/reference/production-flow-production-method

Visual Components. (2016). *Om oss.* Hämtad 2016-11-23, från http://www.visualcomponents.com/essentials/

Föreläsningar

Fasth– Berglund, Å. (2015). *Dynamo ++* (Powerpoint). Göteborg

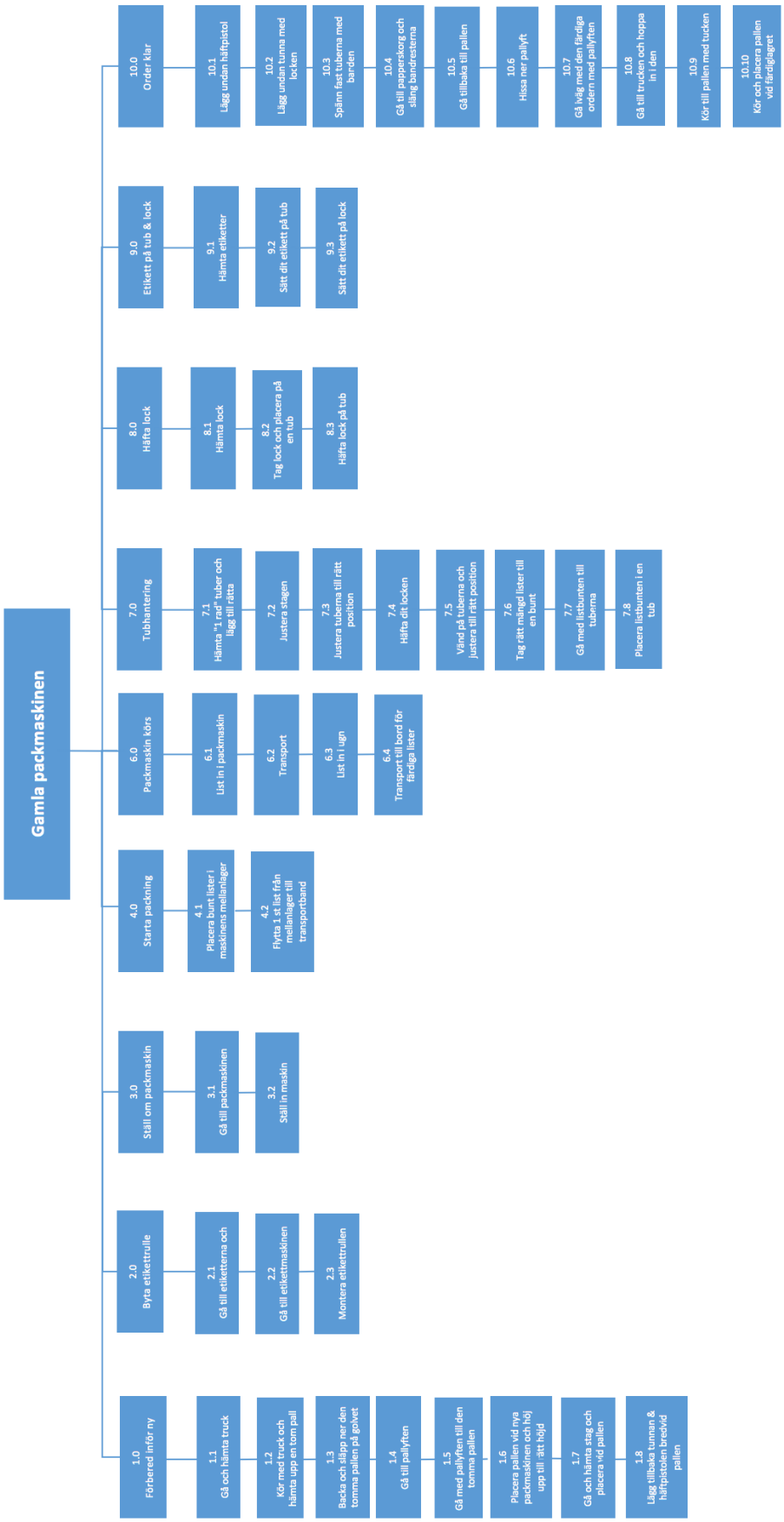
Olsson, P. (2015). *Dragande produktionssystem och flödestillverkning* (Powerpoint). Göteborg

Olsson, P. (2015). *Lean produktion – 5S, Visuell styrning, standardiserat arbetssätt* (Powerpoint). Göteborg

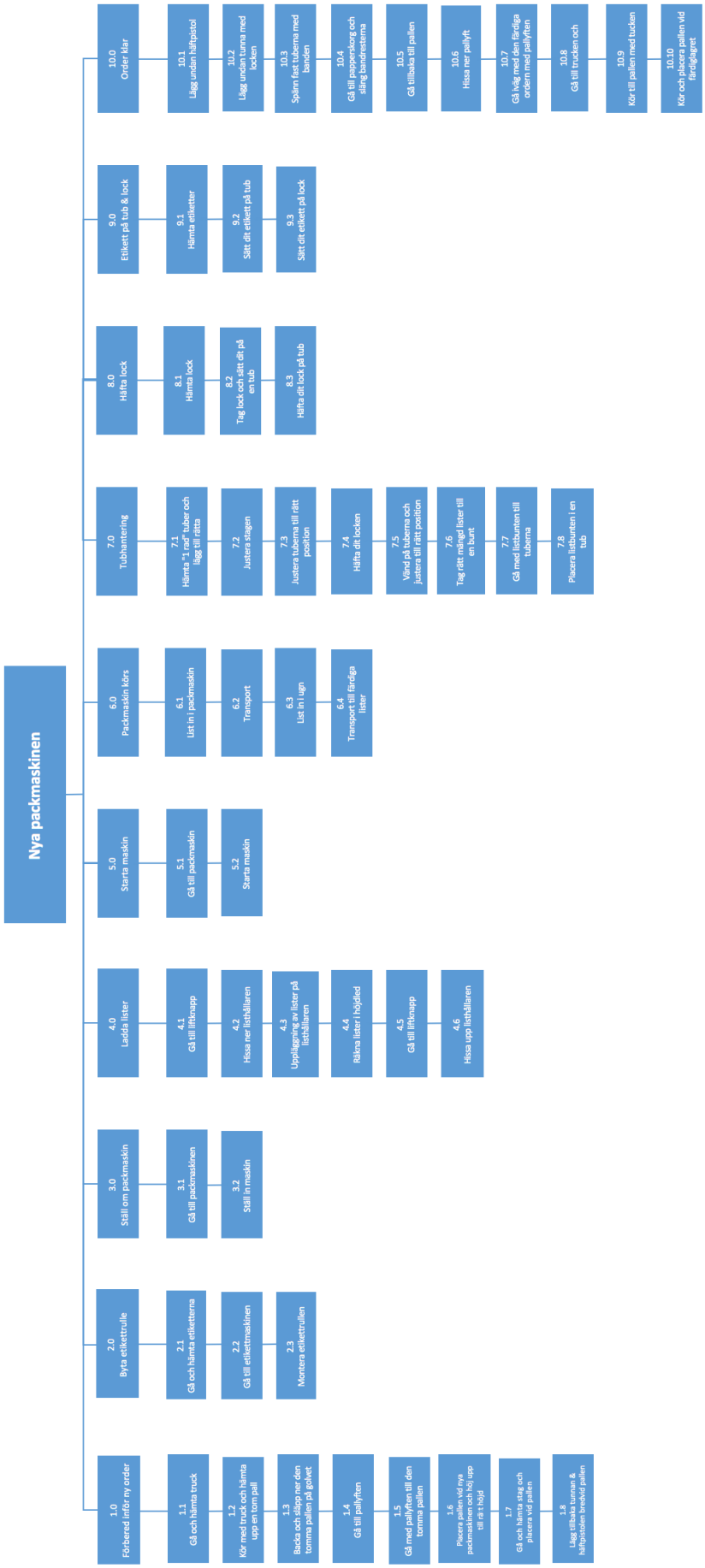
Svensson, P. (2015). *Kvalitativ och kvantitativ undersökningsmetodik* (Powerpoint). Göteborg

Sallnäs, E. *Beteendevetenskaplig metod, vetenskapliga grundbegrepp.* (Powerpoint). Stockholm

BILAGA 1 HTA gamla packmaskinen



BILAGA 2 HTA nya packmaskinen



BILAGA 3 Tidsberäkningar limmaskinen

Innehåller beräkningar för:

- Arbetstid per dag
- Orderhistorik
- Omställningar
- Värdeadderande tid

Arbetstid per dag exkl. raster
Måndag -torsdag: 480 minuter
Fredagar: 270 minuter

Genomsnittlig arbetstid per dag:
(1920 min + 270 min)/5 = 2190/5=**438 [min/per dag]**

Orderhistorik 2016-01-01 till 2016-07-31:
Totalt antal ordrar: 389 [st], varav:
Maskin 336 [st]: 2,3 [order/dag]
Hand 50 [st]:0,34 [order/dag]

Totalt antal meter limmad list: 215218 [m], varav:
Maskin: 198463 [m] => 1369 [m/dag]
Hand: 16755 [m] => 116 [m/dag]

Maskin:

1-meterslister
198463*0,477=94667 [m] = 94667 [st]
Antal buntar/dag=43,5 [bunt/dag]

2-meterslister
198463*0,428=84942 [m] = 42471 [st]
Antal buntar/dag=19,5 [bunt/dag]

2,7-meterslister
198463*0,095=18854 [m] = 6983 [st]
Antal buntar/dag=3,2 [bunt/dag]

Omställning:

Byte av lim efter varje 100 meter. 1369 [m/dag] ger [13 byten/dag]
13*110s.=1430 [s/dag]=24 [min/dag]
Vända fixtur
1 gång per vecka á 60 min.
12 [min/dag]

Total omställningstid per dag=**72 [min]**

Ny total tillgänglig arbetstid:

438-7=**366 [min/dag]**

Värdeadderande tid:

Tidsåtgång (1bunt á 15 st):
Förflyttning av bunt från bord till maskinens buffert: 21 [s]
Buffert till nolla: 7*15=105 [s]
Maskintid (plocka list): 1*15= 15 [s]
Hantera maskin: 1*15=15 [s]
Maskintid: 2*15=30 [s]
List till buffert: 8*15=120 [s]
Vila väntan: 2*14=28 [s]
Bunt från maskinbuffert till bord: 18 [s]
Placera ut mellanväggar: 12 [s]
Gå till första bordet: 2 [s]

I limmaskinen är den värdeadderande tiden då limmet appliceras på listen: ungefär 0,5 [s]

Total tid/bunt från "bord-färdiglimmad bunt-bord"
21+105+15+15+30+120+28+18+12+2=366 s.

Snitt:
366s/15 = 24,4 [s/list]

List per dag: 653 (1m)+293 (2m)+48 (2,7m)=994 [st]

994*24,4=24253,6 [s]
24253,6s/60=404 [min]
404 [min], (stämmer inte med snittiden)

Värdeadderande tid per dag:
0,5*994 lister=497 [s]=**8,3 [min]**

Resten av tiden limmaskinen (404-8,3=395,7 [min] är manuella förflyttningar av list och omställningar.

BILAGA 4 Tidsberäkningar gamla packmaskinen

Innehåller beräkningar för:

- Arbetstid per dag
- Orderhistorik
- Omställningar
- Värdeadderande tid

Arbetstid per dag exkl. raster
Måndag-torsdag: 530 min
Fredagar: 390 min

Genomsnittlig arbetstid per dag:
(530*4 min + 390 min)/5 = 2510/5=**502 [min/per dag]**

Orderhistorik 2016-01-01 till 2016-07-31:
Totalt antal ordrar: 322 [st]
Antar buntstorlek på 15 [st]

Totalt antal meter packad list (från snitt): 209300 [m]
Maskin: (räknar med procentandel för varje längd)

1-meterslister
209300*0,404=84557 [m]=84557[st]=>583 [st/dag]
Antal buntar/dag= 38,9 [bunt/dag]

2-meterslister
209300*0,38=79534[m]= 39767 [st]=>274 [st/dag]
Antal buntar/dag=18,3 [bunt/dag]

2,7-meterslister
209300*0,216=45209 [m] =16744 [st]=>115,5 [st/dag]
Antal buntar/dag = 7,7 [bunt/dag]

Totalt antal lister/dag: 973 [st]
Totalt antal buntar/dag: 65 [st]

Värdeadderande tid:

Tidsåtgång manuella förflyttningar (1 bunt á 15 st):
Bunt med list från bord till mellanlager i maskin: ca 6 [s]
Mellanlager till transportband: 3,5s*15=52,5 [s]
Samla (rulla) ihop bunt med lister: 10 [s]
Ladda tub med bunt lister: 13 [s]
Montera lock och etiketter: 25s+6s=31 [s]

Total tid per bunt, manuella förflyttningar från "bord-packad bunt-bord"
6+52,5+10+13+31=112,5 [s]
Snitt:
112,5/15=7,5 [s/list]

List per dag: 583 (1m)+274 (2m)+116 (2,7m)=973 [m]

973*7,5=7297,5 [s]
7297,5s/60=122 [min]
122 min/60=ca 2 [h] (manuella förflyttningar)

Värdeadderande tid:
12s*973ister=11676 s=**195 [min]**

Omställning:

Byte av etikettrulle:
1 gång per dag=5 min
Ny order:
15 min*2,2=33,3 [min/dag]

Total omställningstid/dag=38 min

Ny total tillgänglig arbetstid:

502-38=**464 [min/dag]**

BILAGA 5 Tidsberäkningar nya packmaskinen

Innehåller beräkningar för:

- Arbetstid per dag
- Orderhistorik
- Omställningar
- Värdeadderande tid

Packning
Totalt 1270 ordrar, 808165 meter
NO: 322 [st] ordrar, 208505 meter
Entreprenad: 236 [st] ordrar, 153400 meter

Ordertyp 1 (Entreprenad) packas direkt i tuber efter anodisering, resten packas i någon utav packmaskinerna. Då vi inte vet exakt vilka lister som körs i gamla packmaskinen gör vi ett antagande, att endast vinkellisterna (NO) körs i den gamla packmaskinen, resten i nya packmaskinen.

Arbetstid exkl. raster:
Total arbetstid 2-skift: 15 [h/dag]=**900 [min/dag]**

Orderhistorik:

1270-322-236 = 712st ordrar
808165-208505-153400 = 446260m

712 ordrar/145 dagar = 5,9 ordrar/dag
446260/145 = 3077m/dag

Ungefärligt totalt antal lister som körs i nya packmaskinen efter att ha reducerat Entreprenad & NO: 303996st

303996/145 dagar = 2097st lister/dag

15st i varje bunt → 140 buntar/dag

Omställningar:

Det tar i snitt 30 minuter att ställa om mellan varje order. I denna tiden är skruvbyte och etiketthantering och hämta tuber medräknat.
30*5,9=3 [h/dag]

Tillgänglig produktionstid nya packmaskinen:
15h-3h=12 [h]

Värdeadderande tid:

Tid/list = 7 [s] (Maskinen spottar ut en list var 5:e sekund inkl. lägga i tuber)

2097*7 = 14679s = 244min = 4 [h]

Värdeadderande tid:
12*2097 = 25164 s = 420 min = 7 [h]

Anledningen till att den värdeaddernade tiden är högre än totala arbetstiden vid nya packmaskinen är för att packmaskinen skyfflar ut en list var femte sekund. Med andra ord är det flera lister åt gången i omlopp på transportbandet.

BILAGA 6 Tidsberäkningar borrmaskinen

Innehåller beräkningar för:

- Arbetstid per dag
- Orderhistorik
- Omställningar
- Värdeadderande tid
- Uträkning av arbetstid då alla lister körs i den manuella borrmaskinen

Arbetstid per dag exkl. raster:

Arbetsstationen är bemannad av två operatörer fördelat på två skift, men med ett visst överlapp varje dag.

Operatör 1 arbetar har två olika arbetstider beroende på vecka, här benämns veckorna; v1. och v2. Operatör 2 har samma arbetstid oavsett vecka.

Operatör 2 arbetar endast måndag-torsdag så totalt under 1 jan-31 juli (antas 29 arbetsveckor) jobbar han bara 116 dagar, till skillnad mot operatör 1 som jobbar 145 dagar under samma period.

Arbetstid per dag operatör 1 (exkl. lunch+rast):
v.1: 450 [min] (7,5h)
v.2: 540 [min] (9h)
Snitt blir 495 [min/dag]

Arbetstid per vecka operatör 1: 495min*145 arbetsdagar=71775 [min],
71775/29=2475 [min/vecka]
Arbetstid per dag operatör 2 (exkl. lunch+rast)
450 [min/dag] (7,5h)

Arbetstid per vecka operatör 2: 450min*116 arbetsdagar=52200 [min]
52200/29 arbetsveckor=1800 [min/vecka]

Total arbetstid per dag i snitt:
(2475+1800)/5=855 [min/dag]

Hur lång tid per dag i snitt är överlappet mellan operatörernas arbetstider?
V.1: 75 [min]
V.2: 120 [min]
Snitt:195/2=97,5 [min]

Total överlappningstid under perioden:
97,5min * 116dagar=11310min överlapp totalt på 116 [dagar]
11310/145 dagar = 70 [min/dag]
(för 145 dagar blir överlappet i genomsnitt 78 [min/dag]
Genomsnittlig arbetstid per dag när överlappet tas bort:
855-78=**777 [min/dag]**

Orderhistorik 2016-01-01 till 2016-07-31:
Totalt antal ordrar: 755 [st]
Totalt antal meter borrad list: 552076 [m]

Följande lister körs i den automatiska borrmaskinen:

KA1: 34 st ordrar, totalt 31297,5 [m]
KA2: 1 st ordrar, totalt 664 [m]
KA3: 3 st ordrar, totalt 1418 [m]
KA4:29 st ordrar, totalt 24734 [m]
KA9: 61 st ordrar, totalt 71300 [m]
Totalt: 128 st ordrar, 129414 [m]

Manuella borrmaskinen:
552076-129414=422662 [m]
627 [st] ordrar
422662/145dagar=2915 [m/dag] (Takttid manuell borrmaskin)
3-meterslister: 2915/3=972 [lister/dag]

Genomsnittligt antal ordrar för manuella borrmaskinen blir:

Omställning:

Mellan varje order är det 10 minuters truckkörning. Enligt produktionsledaren gör operatör 1 två omställningar av maskin per dag, och operatör 2 ungefär samma. Maskinomställning görs inte mellan varje order, men trots det antas fyra maskinomställningar per dag med tanke på.

4,3 ordrar*10 min truckkörning per orderbyte=43 [min/dag]
4 maskinomställningar per dag*15min=60 [min/dag]

Totala omställningstid per dag: 103 [min]
Ny total tillgänglig arbetstid:

Värdeadderande tid:

I manuella borrmaskinen är den värdeadderande tiden den tid då borren går igenom listen.
Manuell borrmaskin tidsåtgång (1 bunt á 17st lister):

1. Förflyttning av bunt från bord till borrmaskin: 13 [s]
2. Hantering av 1 list i borrmaskin: 5,5*17=93,5 [s]
3. Automatisk förflyttning: 3*17=51 [s]
4. Cykeltid/list: 9*17=153 [s]
5. Färdig bunt till bord: 9 [s]

Total tid per bunt från ”bord till färdigborrat bord”:
13+93,5+51+153+9=319,5 [s]

319,5s/17 lister per bunt = 18,8 [s/list]
972*18,8=18274 [s/dag]
18274/60=305 [min/dag]
305/60=5,1 [timmar/dag]

Värdeadderande tid: 9s*972 lister=8748s = 146min = **2,43 [timmar]**

Resten av tiden i manuella borrprocessen (5,1-2,43=**2,67h**) är förflyttningar av list.

Uträkning av arbetstid då alla lister körs i den manuella borrmaskinen

Orderhistorik 2016-01-01 till 2016-07-31
Antal ordrar i automatborren: 128st
Antal ordrar i manuell borr: 627st

128+627 =755st ordrar
Totalt 552076m

Ordrar per dag:
755/145 = 5,2st

Meter per dag:
552076/145 =3807 m

Lister per dag:
3807/3 =1269 st

Arbete vid borrmaskin:
18,8s * 1269 = 23857s = 398min = 6,6h

Värdeadderande tid per dag:
9s * 1269 = 11421s = 190 min = 3,17h

Omställningstid per dag:
25min*6 = 150 min = 2,5h

Arbetstid:
6,6 + 2,5 = **9,1h**

BILAGA 7 Tidsberäkningar kapmaskinen

Innehåller beräkningar för:

- Arbetstid per dag
- Orderhistorik
- Omställningar
- Värdeadderande tid

Arbetstid per dag exkl. raster:
Jonas arbetar 8,5h/dag

Orderhistorik 2016-01-01 till 2016-07-31:
Totalt antal meter list: 580 000 meter.
Antal meter list per dag: 580 000/145dagar = 4000m/dag

antal lister per dag: 4000m/3m = 1333 lister/dag

Totalt antal ordrar: 395st
Antal ordrar per dag: 395/145 dagar= **2,72 ordrar/dag**

Omställningstid:
Hantering av lister mellan alla ordrar = 85min/dag

Värdeadderande tid:
1 bunt = 15st lister, dvs 45m list/bunt

4000m/45m = 89 buntar/dag

I kapmaskinen kapas 2 buntar åt gången.

Tidsåtgång för 2 buntar: 15+3+15+15+10(c/t)+13+2+5 = 78s för 2 buntar

2 buntar = 30st lister

78/30 = 2,6s/list vid kapmaskinen

Värdeadderande tid/ list = 10s(c/t)/30st lister = 0,33s/ list

1333 lister om dagen*2,6s/list = 3466s = 58min/dag kapas lister i kapmaskinen

Total värdeadderande tid av dessa 58 min är:

89 buntar/2 buntar per kapning = 44,5

44,5*10s = 445s = **7,4min**

Total tid/dag kapning + "omställningar" mellan varje order = 85+58 = 143 min = 2,4h

Resten av arbtestiden spenderar operatören i gamla packmaskinen.

BILAGA 8 Exempel på kostnadsberäkningar

Borrmaskin

Exempel 1, manuell transport:
I snitt transporteras lister vid manuella borrmaskinen 1,85 [h/dag].
Kostnad för en dag: 1,85*255=472 [kr/dag]
Totalt kostnad för hela perioden 2016-01-01 till 2016-07-31: 472*14=68404 [kr]

Exempel 2, omställningstid:
Orderomställningstid/dag: 1,72 [h/dag]
1 dag: 1,72x255=439 [kr/dag]
Totalt kostnad för hela perioden: 2016-01-01 till 2016-07-31: 438x145=63655 [kr]

Kapning

Exempel 1, manuell transport:
I snitt transporteras lister vid kapmaskinen 0,84 [h/dag].
Kostnad för en dag: 0,84*255=215 [kr/dag]
Total kostnad för hela perioden 2016-01-01 till 2016-07-31: 215x145 dagar=31222 [kr]

Exempel 2, omställningstid:
Orderomställningstid/dag: 1,42 [h/dag]
1 dag: 1,42x255=362 [kr/dag]
Total kostnad för hela perioden 2016-01-01 till 2016-07-31: 362*145 dagar=52490 [kr]

BILAGA 9 Operatörschema