

En kapacitetsflexibel monteringslinje – med minsta möjliga slöseri

Maria Lindmark

Industriell produktion
Maskinteknologi
Lunds tekniska högskola



Haldex

Förord

Denna rapport är ett examensarbete som omfattar 30 högskolepoäng. Examensarbetet är utfört på uppdrag av Haldex Traction Systems i Landskrona under hösten 2008. Arbetet är utfört på avdelningen för industriell produktion vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet är en avslutning på min civilingenjörsutbildning i maskinteknik som omfattar en fördjupning inom industriell produktion och teknisk logistik.

Ett stort tack till Martin Söderberg som har varit en uppskattad handledare på Haldex Traction Systems. Jag vill även passa på att tacka Carin Andersson och Jan-Eric Ståhl från avdelningen industriell produktion på LTH för stöd och värdefulla kommentarer under arbetets gång.

Lund, December 2008

Maria Lindmark

Abstract

Title: A capacity flexible assembly line with the least possible amount of wastes.

Author: Maria Lindmark

Instructor (Haldex Traction Systems): Martin Söderberg

Instructor (Lund Technical University): Carin Andersson

Purpose: The purpose of this master thesis is to design a capacity flexible assembly line with as few wastes as possible in the internal material supply chain. The reports secondary purpose is to show the advantages of involving logistics in the design phase of an assembly line.

Method: The study starts of with an explanative approach as assembly line six is investigated and wastes are identified. During the design phase of the study a normative approach is used since a solution is found for the identified problems and wastes. The strategy is inductive and the study is carried out qualitatively. Interviews and observations are used as primary data and student literature is used as secondary data. The report has a high validity and objectivity, the reliability is seen to be imponderable.

Theory: The theory chapter presents a theoretical frame of references. The lean production part- chapter describes two tools in the lean philosophy; seven wastes and kanban. The reader is also presented to a short introduction about how to group working moments into stations in a production line, which measures of flexibility there are, optimal automation level and how to calculate balance loss.

Empirical foundation and analysis: The empirics consists of a detailed description of the factory, assembly line six and how the internal material supply chain works at present time. The next chapter analysis the empirics which results in identified wastes, defects and question marks. Identified wastes are found in five of lean production's "seven wastes". The most important defect found is the lack of capacity flexibility.

Design of the assembly line: How the author decides to build the assembly line and why a U- layout is found most appropriate, is described in the design chapter. An effective internal material supply chain is also designed in this

chapter as well as the calculations for how the amount of material suppliers vary with the cycle time.

Result and discussion: The result of this master thesis is an assembly line that is able to assembly Haldex Traction's generation four coupling with a cycle time that varies from 50 to 155 seconds. In the interval there are six optimized cycle times that have a balance loss of 14 % or less. The internal material supply chain has a reduced amount of wastes due to elimination of e.g. unnecessary stock and working moments.

Sammanfattning

Titel: En kapacitetsflexibel monteringslinje med minsta möjliga slöserier.

Författare: Maria Lindmark

Handledare (Haldex Traction Systems): Martin Söderberg

Handledare (Lunds Tekniska Högskola): Carin Andersson

Syfte: Rapportens syfte är att designa en kapacitetsflexibel monteringslinje med minsta möjliga slöserier i materialförsörjningen. Det sekundära syftet är att visa fördelarna med att involvera logistik under designfasen av en monteringslinje.

Metod: Studien startar som en explanativ studie då monteringslinje sex undersökas och slöserier identifieras, under designfasen av studien övergår arbetet till att vara normativt då en lösning på problemen finns. Strategin är induktiv och studien utförs kvalitativt. Som primärdata används intervjuer och observationer och som sekundärdata studentlitteratur och företagsinternt material. Rapporten anses ha hög validitet och objektivitet medan realibiliteten anses svårbedömd.

Teori: Teorikapitlet bildar en teoretisk referensram. I kapitlet beskrivs två verktyg inom lean production; seven wastes och kanban-kort. Läsaren får även kort beskrivning av metoder kring uppbyggnad av förädlingsstationer, vilka flexibilitetsbegrepp som finns, optimal automationsnivå och hur balanseringsförlust beräknas.

Nulägesbeskrivning och analys: I nulägesbeskrivningen finner läsaren en detaljerad förklaring till hur fabrikslayouten ser ut, hur linje sex är uppbyggd och hur materialförsörjning fungerar i dagläget. I nulägesanalysen analyseras nulägesbeskrivning vilket resulterar i identifierade slöserier, brister och frågetecken. Slöserier identifieras i fem av lean productions "seven wastes" och den viktigaste funna bristen är den låga kapacitetsflexibiliteten.

Design av monteringslinjen: I designfasen av arbetet redogörs det för hur författaren kommer fram till stationsuppbyggnaden och den U-formade layouten. En effektiv materialförsörjning konstrueras och beräkning görs för hur antalet materialförsörjare varierar med cykeltiden.

Resultat och diskussion: Resultatet av examensarbetet är en kapacitetsflexibel monteringslinje som klarar av att montera Haldex generation-fyra koppling på en cykeltid som varierar mellan 50 och 155 sekunder. I intervallet finns sex

optimerade cykeltider som ger en balanseringsförlust på 14 % eller mindre. Materialförsörjningen till linjen har minsta möjliga slöserier då bland annat onödiga mellanlager och arbetsmoment har eliminerats.

Innehållsförteckning

| | |
|--|------------|
| <i>Förord</i> | <i>I</i> |
| <i>Abstract</i> | <i>III</i> |
| <i>Sammanfattning</i> | <i>V</i> |
| <i>Innehållsförteckning</i> | <i>VII</i> |
| 1 Inledning | 1 |
| 1.2 Bakgrund | 1 |
| 1.3 Problemformulering | 1 |
| 1.4 Syfte | 2 |
| 1.5 Avgränsningar | 2 |
| 1.6 Målgrupp | 2 |
| 1.7 Disposition | 2 |
| 2 Metod | 5 |
| 2.1 Explorativa, deskriptiva, explanativa och normativa studier..... | 5 |
| 2.2 Induktion & deduktion | 5 |
| 2.3 Kvalitativa och kvantitativa studier..... | 6 |
| 2.4 Primär och sekundärdata | 6 |
| 2.5 Trovärdighet | 7 |
| 3 Teori | 9 |
| 3.1 Lean Production | 9 |
| 3.2 Uppbyggnad av förädlingsstationer..... | 11 |
| 3.3 Balanseringsförlust..... | 12 |
| 3.4 Flexibilitet | 12 |
| 3.5 Automationsnivå | 13 |
| 4 Företagsbeskrivning | 15 |
| 4.1 Haldex koncernen..... | 15 |
| 4.2 Haldex Traction Systems..... | 15 |
| 4.3 Haldex Way..... | 15 |
| 5 Nulägesbeskrivning | 17 |
| 5.2 Fabrikslayout..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3 Produktbeskrivning generation 4..... | 18 |
| 5.4 Beskrivning av monteringslinje sex | 19 |
| 5.5 Materialförsörjning till linje sex | 21 |
| 6 Analys av nuläge | 25 |
| 6.1 Fabrikslayout..... | 25 |
| 6.2 Analys av monteringslinje sex..... | 25 |
| 6.3 Analys materialförsörjning till monteringslinje sex | 28 |
| 6.4 Identifierade brister, slöserier och frågetecken..... | 29 |
| 7 Design av monteringslinjen | 33 |
| 7.1 Framtidsscenario | 33 |
| 7.2 Teoribegränsningar och användning | 33 |
| 7.3 Motivering till bibehållen maskinpark | 34 |
| 7.4 Den flexibla monteringslinjen | 34 |
| 7.5 Materialförsörjning..... | 40 |
| 8 Resultat | 49 |
| 8.1 Kapacitetsflexibilitet | 49 |
| 8.2 Slöserier..... | 49 |
| 8.3 Syftets återkoppling till resultatet..... | 49 |
| 9 Diskussion | 51 |
| 9.2 Synpunkter kring den kapacitetsflexibla monteringslinjen | 51 |
| 9.3 Vidare studier | 52 |
| 10 Referenslista | 55 |
| Bilaga A | 57 |
| Bilaga B | 58 |
| Bilaga C | 59 |
| Bilaga D..... | 62 |

1 Inledning

Kapitlet inleds med en bakgrundsbeskrivning, följt av en problemformulering och syftet med examensarbetet. Sist i inledningen klargörs det till vilken målgrupp som denna rapport är riktad till vilka avgränsningar som författaren gjort samt hur examensarbetet är disponerat.

1.2 Bakgrund

Bilförsäljning är starkt knuten till konjunktur och andra omvärldsfaktorer som inte är påverkbara för enskilda företag. I skrivande stund skakas världen av en finansoro vilket bland annat har medfört enorma varsel för Volvo PV på grund av en vikande orderingång. Så sent som i somras var oljepriset uppe på rekordnivå vilket gör att bilköpare blir allt mer medvetna om att undvika bensinslukande bilar. Dessa faktorer påverkar naturligtvis inte bara bilproducenterna utan även deras leverantörer och underleverantörer.

Bilindustrin präglas av en stark konkurrens vilket medför hårt pressade leverantörer. Pressen innebär låga marginaler vilket gör att kostnader ständigt måste kapas för att behålla marknadsandelar och konkurrenskraft. Toyota Production System, som är grunden till lean production, är ett verktyg som många företag i bilindustrin använder för att identifiera och minska icke värdeskapande aktiviteter, som i detta examensarbete benämns som slöserier.

Flexibilitet är det andra nyckelordet som leverantörer måste sträva efter. Biltillverkare har kort framförhållning och krav på "just in time" leverans. För att klara av att leverera en fluktuerande produktmängd måste produktionssystem vara flexibla utan att ha stora förluster.

Haldex Traction System har nyligen börjat producera företagets fjärde generation av fyrhjulsdraft koppling. Försäljning ökar och nu förbereder sig Haldex för 2010 års produktion. Prognoserna antyder att en tredje monteringslinje kommer att behövas, dock finns det stora osäkerheter i vilken kapacitet linjen behöver besitta. Leveranstiden för en ny linje är cirka ett år varför linjen måste beställas innan verkliga orders börjar rulla in.

1.3 Problemformulering

Haldex har identifierat bristfälligt resursutnyttjande (som hädanefter benämns som slöserier) i materialhanteringen på dagens linje sex, företaget antar även att det finns många oidentifierade slöserier som de önskar kartlägga. I den nya linjen vill företaget givetvis reducera dessa slöserier.

Samtliga existerande linor som finns i Haldex fabrikslokal i Landskrona har optimerats för att klara en på förhand bestämt cykeltid. Detta har gjort att företaget har behövt tillsätta både natt- och helgskift då monteringslinjerna inte har kunnat taktas upp. Dessa skift är dyra varför de bör undvikas. Än så länge har företaget inte behövt ha möjligheten att takta ner monteringslinjerna, men på grund av en oviss framtid skulle denna egenskap vara önskvärd och då givetvis utan stora förluster.

1.4 Syfte

Syftet med examensarbetet är att designa en monteringslinje till Haldex generation-fyra koppling som har minsta möjliga slöserier i den interna materialförsörjningen. Linjen ska vara kapacitetsflexibel i den mån att cykeltiden ska kunna varieras utan stora förluster. Det sekundära syftet är att klargöra fördelarna med att involvera internlogistik redan under designfasen av en monteringslinje.

1.5 Avgränsningar

De slöserier som identifierats är begränsade till linje sex. Automationsnivån och den maskinella utrustningen avgränsas till att förbli densamma som monteringslinje sex. Författaren väljer att endast skilja på VW och Volvo och inte skillnader inom varianterna då detta inte anses ha en avgörande roll för resultatet av examensarbetet.

1.6 Målgrupp

Examensarbetets målgrupp är främst Haldex personal som är eller bör vara involverade vid inköp/konstruktion av en ny monteringslinje. Den sekundära målgruppen är studenter och anställda vid tekniska högskolor i Sverige. Kunskap inom området underlättar förståelse för examensarbetet varför målgrupperna antas besitta detta.

1.7 Disposition

Kapitel 1 Inledning

Kapitlet inleds med en bakgrundsbeskrivning, följt av en problemformulering och syftet med examensarbetet. Sist i inledningen klargörs det till vilken målgrupp som denna rapport är riktad till, vilka avgränsningar som författaren gjort och hur examensarbetet är disponerat.

Kapitel 2 Metod

I detta kapitel inleds det första delkapitlet med en kort introduktion till vilka undersökningsmetoder som finns, det andra delkapitel med vilka strategier som

kan användas, det tredje delkapitlet med skillnaden mellan kvalitativa och kvantitativa studier och det fjärde delkapitlet med vilka former av datainsamling som kan göras. Det sista delkapitel inleds med hur trovärdigheten i en rapport värderas. I slutet av varje delkapitel finns en beskrivning av vilka metoder som används i detta examensarbete.

Kapitel 3 Teori

I detta kapitel presenteras de teorier som författaren använt under arbetets gång. Kapitlet bildar tillsammans med nulägesbeskrivningen basen till nulägesanalysen och designen av den nya linjen.

Kapitel 4 Företagsbeskrivning

I detta kapitel beskrivs Haldex koncernen kortfattat. Traction Systems divisionen beskrivs mer ingående då läsaren får en inblick i vem som är Haldex Traction Systems kunder, var produktionen finns och hur företaget står sig bland konkurrenter. Kapitlet avslutas med en introduktion av Haldex Way.

Kapitel 5 Nulägesbeskrivning

I nulägesbeskrivningen beskrivs först hur Haldex Traction's fabrik i Landskrona ser ut, sedan följer en beskrivning av hur linje sex är uppbyggd och hur monteringsmomenten ser ut. Den nuvarande flexibiliteten, automationsnivå, förmonteringen och materialförsörjningen till linje sex skildras sist i kapitlet. Efter läsaren studerat detta kapitel ska det klart framgå hur monteringslinje sex är uppbyggd och hur aktiviteterna kring linjen ser ut.

Kapitel 6 Analys av nuläget

I detta kapitel analyseras nuläget som är beskrivet i föregående kapitel. Analysen utmynnar i identifierade slöserier, brister och frågetecken som alla ligger till grund för designen av den nya linjen. Slöserierna placeras i sju kategorierna som är beskrivna i teorikapitlet "Seven Wastes".

Kapitel 7 Design av monteringslinjen

I detta kapitel beskrivs först vilka framtidsscenario som är möjliga, sedan diskuteras hur väl teorin kan användas och vilka begränsningar den har. Läsaren får en inblick i hur författaren har gått tillväga för att designa en kapacitetsflexibel linje där materialförsörjning har konstrueras för att minska antalet slöserier jämfört med linje sex.

Kapitel 8 Resultat

Här presenteras resultatet av den nya linjen. Sist i kapitlet knyts examensarbetets syfte ihop med det erhållna resultatet.

Kapitel 9 Diskussion

Diskussionskapitlet inleds med att kritisera den kapacitetsflexibla linjen. Kritiken rör punkter som författaren inte tagit hänsyn till eller valt att försumma. Efter kritiken följer stycket, "vidare studier" vars syfte är att informera Haldex om vad författaren anser att vidare undersökningar bör göras.

2 Metod

I detta kapitel inleds det första avsnittet med en kort introduktion till vilka undersökningsmetoder som finns, det andra avsnittet med vilka strategier som kan användas, det tredje avsnittet med skillnaden mellan kvalitativa och kvantitativa studie och det fjärde med vilka former av datainsamling som kan göras. Det sista avsnittet inleds med hur trovärdigheten i en rapport mäts. I slutet av varje avsnitt finns en beskrivning av vilka metoder som används i detta examensarbete.

2.1 Explorativa, deskriptiva, explanativa och normativa studier

Beroende på hur mycket kunskap som finns inom det område som ska undersökas görs ett val av vilken typ av studie som ska genomföras. Undersökande, eller explorativa studier görs om liten kunskap finns inom det studerade området, forskaren försöker då finna grundläggande förståelse inom området. Deskriptiva, eller beskrivande studier används när det finns grundläggande kännedom inom området och målet är att beskriva men inte att ange orsaken till relationer. Förklarande studier som kallas för explanativa studier innebär att forskaren letar efter en djupare kunskap som är både beskrivande och förklarande. När det redan finns förståelse för forskningsområdet och forskaren vill ge vägledning och föreslå åtgärder kallas studierna för normativa.¹

I detta examensarbete börjar författaren med en explanativ metod då den första delen av studien handlar om att kartlägga och förstå hur dagens monteringslinje fungerar och identifiera vilka slöserier och brister som finns. Under konstruktionsfasen av den nya linjen används en normativ metod då författaren föreslår hur den nya linjen ska konstrueras för eliminera identifierade slöserier och öka flexibilitet, det vill säga författaren löser de problem som är identifierade.

2.2 Induktion & deduktion

Det brukar talas om två olika strategier att ta sig an ett vetenskapligt arbete, deduktiv respektive induktiv ansats.² Vid deduktion används existerande teoretiska modeller och data som startpunkt för att sedan försöka förklara och beskriva verkligheten. Då startpunkten är empiri och insamling av data för att

¹ Björklund & Paulsson, sida 58

² Holme & Solvang, sida 50

därefter formulera begrepp i form av hypoteser eller teorier använder man sig av induktion.³

I detta examensarbete använder sig författaren av en induktive strategi. Startpunkten är att kartlägga och finna slöserier i den existerande linjen för att sedan med teorins hjälp reducera dessa slöserier och skapa flexibilitet då den nya linjen konstrueras.

2.3 Kvalitativa och kvantitativa studier

Vid kvantitativa studier omfattar studien information som kan mätas eller värderas numeriskt.⁴ Enkäter och användning av matematiska modeller lämpar sig oftast bra vid kvantitativa studier. Syftet med en kvantitative studie är att mäta en stor mängd data för att sedan kunna förklara en eller flera hypoteser. Metoden är lämplig att använda om studiens syfte är att få en bred bild av det studerade området.⁵

Kvalitativa studier syftar i motsatt till kvantitativa studier till att studera på djupet i stället för bredden. Därmed blir möjligheterna till generalisering mindre. Observationer och intervjuer är oftast mest lämpliga vid kvalitativa studier.⁶

Detta examensarbete har varit en kvalitativ studie. Observationer och intervjuer har används för att få en djup bild av en monteringslinje i Haldexs fabrikslokal samt vilka krav företaget har på nästa monteringslinje. Det specifika resultatet är svårt att generalisera, däremot skulle delar av metodiken vid konstruktionen av linjen kunna användas vid andra studier och problemlösningar.

2.4 Primär och sekundärdata

Det finns två former av datainsamling. Primärdata är den information som är direkt relevant till studiens syfte. Metoder för att samla in primärdata är till exempel intervjuer, enkäter och observationer. Sekundärdata är information som är insamlad till tidigare undersökningar och som därmed inte direkt berör det studerade området. Exempel på sekundärdata är litteratur och företagsmaterial.⁷

³ Backman, sida 48

⁴ Björklund & Paulsson, sida 63

⁵ Holme & Solvang, sida 76-78

⁶ Björklund & Paulsson, sida 63

⁷ Björklund & Paulsson sida 70

Intervjuer och observationer runt monteringslinjen har varit källan till primärdata för detta examensarbete. Observationerna har bestått av både iakttagelse och guidade turer av både arbetare och tjänstemän. Intervjuerna har varit både semistrukturerade och ostrukturerade, intervjuerna gjordes främst under första delen av arbetets gång.

Litteraturstudier av både studentlitteratur, vetenskapliga artiklar och internt företagsmaterial har använts som sekundärdata för detta examensarbete.

2.5 Trovärdighet

En rapport's trovärdighet mäts oftast i tre olika mått, validitet, reliabilitet och objektivitet. Validitet mäter om författaren verkligen mäter det som avses att mäta. Genom att använda flera olika perspektiv vid studien ökas validiteten. Reliabilitet talar om i vilken utsträckning samma resultat eller värde hade uppnåtts om någon annan hade genomfört studien. Reliabilitet kan ökas genom att till exempel ställa kontrollfrågor i intervjuer och enkäter. Objektivitet mäter huruvida värdering och tidigare studier påverkar resultatet av studien. Genom att motivera valen gjorda under studiens gång ges läsaren möjlighet att själv bedöma studiens resultat och därmed ökas objektiviteten.⁸

Författaren har använt flera perspektiv för att identifiera slöserier i linje sex. Författaren har intervjuat personal från både logistik och produktionsteknik samt genomfört en egen granskning av linje sex. Detta gör att validiteten i examensarbetet anses vara hög. Författaren är inte övertygad om att samma resultat hade uppnåtts om någon annan genomfört studien, slöserier hade med största sannolik blivit desamma men designen av monteringslinjen hade kunnat skilja sig. Detta gör att reliabiliteten i rapporten anses svårbedömd. Då författaren inte tidigare varit i kontakt med företaget och studerat främst oberoende studentlitteratur anses objektiviteten på examensarbetet vara mycket hög.

⁸ Björklund & Paulsson, sida 59-60

3 Teori

I detta kapitel presenteras de teorier som författaren använt under arbetets gång. Teorierna bygger upp en referensram vars syfte är att ge läsaren förståelse för var tankar och idéer härstammar ifrån och en fördjupad kunskap för examensarbetets område. Detta kapitel bildar tillsammans med nulägesbeskrivningen basen till nulägesanalysen och designen av den nya linjen.

3.1 Lean Production

Lean Production brukar översättas till "resurssnål produktion". Begreppet skapades av Womack et al då en stor undersökning av bilindustrin gjordes.⁹ Womack et al delade in resurssnål produktion i fyra huvudområden nämligen; *Lean Product Development*, *Lean Manufacturing*, *Lean Suppliers* och *Lean Customer Relation*.¹⁰ För detta examensarbete är Lean Manufacturing det mest centrala varför endast detta kommer att beskrivas.

Centralt inom lean manufacturing är begreppet "Just in time" (JIT) som syftar till att alla produkter ska finnas på rätt plats vid rätt tillfälle. Lean manufacturing har blivit associerat med ständiga neddragningar vilket inte är sant då lean manufacturing handlar om att aktiviteter ska genomföras på optimalt sätt och inte "snålt". Lean manufacturing sätter alltid kunden i största fokus.¹¹

Inom Lean Manufacturing finns det många olika teorier och filosofier, två av de viktigaste är reducering av slöserierna, *Seven Wastes* och *Kanban-kort*. Dessa begrepp beskrivs nedan.

3.1.1 Seven Wastes

Inom Lean Manufacturing finns det sju typer av slöserier (*Seven Wastes*).¹² Dessa beskrivs nedan.

Överproduktion

Överproduktion anses vara den värsta typen av slöseri. Överproduktion hindrar ett jämnt flöde av gods och minskar sannolikt kvalitet och produktivitet. Överproduktion tenderar även att öka led- och lagertider. En följd av detta kan bli att fel upptäcks för sent, produkter försvinner och ett artificiellt arbetstryck

⁹ Womack

¹⁰ Ståhl, sida 214

¹¹ http://sv.wikipedia.org/wiki/Lean_production, 2008-12-13

¹² Hines et al, sida 47

byggs upp. Överproduktion leder även till ett ökat PIA (produkter i arbete) vilket kan bli kostsamt för företaget. För att hindra att överproduktion sker har kanban- och pull-system införts. Detta innebär att produkter "dras" igenom produktionen istället för att de "knuffas".¹³ Lean Manufacturing förespråkar alltså att ordern är lagd innan produktionen startar.

Väntan

Väntan kan vara svår att finna om överproduktion sker. Därför bör först överproduktion elimineras. I fabriksmiljö uppstår väntan så fort en person eller produkt inte är i rörelse eller arbetas med. Väntan är ett slöseri som påverkar både människor och gods. Idealt skulle det inte finnas någon väntetid och alla produkter skulle flöda jämnt. Väntetid för arbetare kan dock användas till utbildning, underhåll eller Kaizen (ständiga förbättringar) aktiviteter.¹⁴

Onödiga transporter

Det tredje slöseriet är transport. Skulle detta slöseri dras till sin spets skulle all form av transport ses som ett slöserier. Därför är transport oftast något som företag försöker minimera istället för att helt reducera. Långa transporter och dubbla hanteringar orsakar dessutom en större risk för produkter att skadas och förloras.¹⁵

Olämplig bearbetning

Olämplig bearbetning sker i situationer då en allt för komplex lösning är funnen till en enkel procedur. Exempel på detta är när en stor oflexibel maskin används istället för flera små flexibla maskiner.¹⁶

Onödiga lager

Onödiga lager tenderar att öka leddiden vilket hindrar en snabb problemidentifiering. Onödiga lager döljer därmed problem och för att hitta problemen måste de onödiga lagrena elimineras. Onödiga lager skapar också onödiga lagerhållningskostnader och minskar därför ett företags konkurrenskraft.¹⁷

Onödiga Rörelser

Onödiga rörelser är de extra arbetsmoment som en operatör måste göra men som hade kunnats undvikas. Exempel på detta är en böjning för att plocka upp

¹³ Hines et al, sida 48

¹⁴ ibid

¹⁵ ibid

¹⁶ ibid

¹⁷ ibid

en komponent eller en sträckning för att nå en annan komponent. Onödiga arbetsmoment tröttar ut personalen och tenderar att leda till kvalitetsproblem.¹⁸

Kvalitetsbrister

Kvalitetsbrister är en direkt kostnad. Toyota production filosofin menar att kvalitetsbrister är ett slöseri som ska användas som ett tillfälle att förbättra produktion istället för att skylla på en dålig ledning. Då en kvalitetsbrist uppkommer ska den omedelbart efterföljas av en Kaizen aktivitet. På detta vis sker ständiga förbättringar och kvalitetsbrister minskar.¹⁹

3.1.2 Kanban

Kanban är en japansk uppfinning, ordet kanban betyder kort. Ett kanban-kort placeras på ett utstuderat ställe i lastbäraren. Operatörer plockar successivt komponenter från lastbäraren tills det att kanban-kortet dyker upp, då skickas kanban-kortet tillbaka till lagret som en förfrågan om mer material. Operatören arbetar på som vanligt och inväntar nytt material. Kanban-kortet innehåller information om vilken kvantitet som efterfrågas, vilken artikel och vart komponenter ska leveras.²⁰ Kanban-system har fått stor uppmärksamhet på senare tid, systemet är lätt och tilltalande att använda i praktiken.²¹

3.2 Uppbyggnad av förädlingsstationer

Förädlingsstationer byggs upp av de enstaka isolerbara minsta arbetsmoment som krävs för att förädla en produkt. Vid uppbyggnad av förädlingsstationer är det därför nödvändigt att samtliga moment är identifierade och tidsbestämda.²²

De är även tvunget att samtliga precedensvillkor är konstaterade. Ett precedensvillkor är en restriktion för ett moment, till exempel måste ett hål borraras innan det kan gängas, borrarningen är då ett precedensvillkor för gängningen.²³

När precedensvillkoren är bestämda kan ett precedensdiagram byggas upp, precedensdiagrammet ger en visuell bild av i vilken ordning arbetsmomenten kan ske.²⁴

¹⁸ Hines et al, sida 48

¹⁹ ibid

²⁰ Oskarsson et al, sida 95

²¹ Axsäter, sida 115

²² Ståhl, sida 95-98

²³ Ståhl, sida 98

²⁴ ibid

När minsta arbetsmoment, tidåtgång och precedensvillkor är bestämda, samt ett precedensdiagram är konstruerat kan stationerna konfigureras. Det finns tre kända metoder för att göra detta, metoderna beskrivs nedan. Metoderna kan ge olika resultat beroende på förutsättningar. Önskas en mer detaljerad beskrivning av metoderna hänvisas det till Jan-Eric Ståhls bok "Industriella Tillverkningsystem", där även författaren hämtat informationen från.

1. *Largest Candidate Rule (LCR)*, Gruppera de tillåtna arbetsmoment som är mest tidskrävande så tidigt som möjligt i förädlingskedjan.
2. *Killbridge/Westers*, Gruppera de arbetsmoment som tillhör samma precedensnivå.
3. *Helgeson/Birnies*, En viktning av ovanstående metoder, där arbetsmomentens tid och ackumulerad precedenstid till färdig-förädlad produkt beaktas.

Den station som tar längst tid blir styrande och bestämmer därmed produktionstakten.

3.3 Balanseringsförlust

En del stationer kommer att ta kortare tid än andra, detta på grund av att arbetsmomenten tar olika lång tid. För att bedöma hur väl en linje är balanserad brukar därför linjeeffektiviteten och balanseringsförlusten räknas ut. Den totala verkliga förädlingstiden i förhållande till linjens tillgängliga teoretiska produktionstid beskriver linjeeffektiviteten, E . Se ekvation 3.1. t_i är de enskilda arbetsmomentens tider, n är antalet stationer och t_0 är cykeltiden.

$$E = \frac{\sum_{i=0}^n t_i}{n \times t_0} \quad \text{Ekvation 3.1}$$

Balanseringsförlust D , definieras enligt ekvation 3.2

$$D = 1 - E \quad \text{Ekvation 3.2}$$

Målet är att linjeeffektiviteten ska vara så hög som möjligt och balanseringsförlusten så låg som möjligt.²⁵

3.4 Flexibilitet

Begreppet flexibilitet är ett brett begrepp som kan ha ett flertal innebörder. Oftast definieras flexibilitet som förmågan att snabbt reagera på föränderliga

²⁵ Stålh, sida 97

situationer. Begreppet har blivit viktigare i takt med en ökad strävan efter kundorderstyrd produktion.²⁶ Flexibilitet kostar pengar, men är även en källa till ökade intäkter och en ökad konkurrensförmåga då flexibla företag lättare kan anpassa sig till vad kunden efterfrågar. Några mått för hur flexibilitet mäts finns inte. Nedan beskrivs fyra olika typer av flexibilitet som tillhör de vanligaste.²⁷

Produktflexibilitet är ett företags förmåga att utveckla, köpa och producera nya produkter. Produktflexibilitet innebär även företagets förmåga att snabbt ändra produkten och tillverkningen för normal produktionstakt.

Produktionsflexibilitet är ett företags kapacitet att tillverka ett stort antal olika produkter. Ett företag med produktionsflexibilitet ska även kunna hantera förändringar i produktionsplaneringen.

Kapacitetsflexibilitet innebär att ett företag har förmågan att variera produktionsvolymen. Produktionsvolymen ska kunna varieras med bibehållen effektivitet och rörliga kostnader som är bundna till produktionstakten.

Utrustningsflexibilitet handlar om hur lätt detaljer och moduler kan läggas till det existerande sortimentet. Utrustningens möjlighet att anpassa till nya krav utan stora investeringar kännetecknar också en hög utrustningsflexibilitet.

3.5 Automationsnivå

Beroende på bransch och företag är behovet av automation olika. Företag utnyttjar oftast automation för att förbli konkurrenskraftiga men för att lyckas med detta krävs det att man anpassar sin automation till sin typ av produktion. Automatisering indelas vanligtvis med avseende på flexibilitet och nivå av automatisering.

Automatisering delas in i tre kategorier; stel automation som lämpar sig för långa serier och stora volymer, programmerbar automation som är mest lämpad för batchproduktion och flexibel automation som möjliggör en varierad produktdesign. Med hänsyn till förädlingens utgångspunkter finns det en optimal automationsnivå med avseende på tillverkningskostnaden. En för låg automationsnivå ställer till med komplikationer inom produktionstakt och en för hög automationsnivå leder till störningar i form av höga maskinkostnader.²⁸

²⁶ Mattson & Jonsson, sida 85

²⁷ Ståhl, sida 35-36

²⁸ Ståhl, sida 187



4 Företagsbeskrivning

I detta kapitel beskrivs Haldex koncernen kortfattat. Traction Systems divisionen beskrivs mer ingående då läsaren får en inblick i vem som är Haldex Traction Systems kunder, var produktionen finns och hur företaget står sig bland konkurrenter. Kapitlet avslutas med en introduktion av Haldex Way.

4.1 Haldex koncernen

Haldex koncernen bildades 1985 genom en sammanslagning av tre svenska företag som alla var underleverantörer till fordonsindustrin. Haldex huvudkontor ligger i Stockholm och företaget är noterat på Stockholmbörsen. Haldex har cirka 6000 medarbetare och omsätter nästan 9 miljarder kronor. Företaget är delat i fyra divisioner, Commercial Vehicle Systems, Hydraulic Systems, Garphytten wire och Traction Systems.²⁹ Detta examensarbete är utfört på Traction Systems varför denna division beskrivs närmare i nästa stycke.

4.2 Haldex Traction Systems

Haldex Traction Systems myntades genom ett förvärv av ett patent 1992. Patentet gällde en hydraulisk koppling som drevs av en skillnadsvarvtalsdriven pump. Utvecklingen var till en början ett samarbete med Volkswagen. 1996 var kopplingen så väl utvecklad att en serietillverkning startades till Golfplattformen. Kopplingen blev oerhört populär vilket gav nya kunder såsom Volvo, Ford, Bugatti, Land Rover, Audi, Skoda och SAAB. Generationerna av Haldex 4-hjulsdriftkoppling har avlöst varandra, i dagläget serietillverkas generation 4 och generation 5 är under utveckling. Sedan 1998 är Haldex Traction Systems en egen division på Haldex.

Tillverkning sker i Landskrona, Sverige och från och med årsskiftet även i Mexiko. Reserv och lågvolymtillverkning sker i Ungern. Haldex Traction Systems är marknadsledande inom reglerbara 4-hjuldriftsystem och hade 2007 30 % av Europamarknaden.³⁰

4.3 Haldex Way

Haldex Way är en ledningsfilosofi som fokuserar på att göra företaget till det självklara valet för deras kunder och uppnå produktion i världsklass. Haldex Way baseras på konceptet Lean Production som grundades i den japanska

²⁹ <http://www.haldex.com/sv/GLOBAL/Om-Haldex/Facts-about-Haldex/> 2008-10-29

³⁰ <http://www.haldex.com/sv/GLOBAL/Om-Haldex/The-Haldex-business/Traction-Systems/> 2008-10-29

bilindustrin. Haldex Way bygger på tre grundläggande värderingar som ska följas av alla medarbetare;

- Kunden först
- Respekt för individen
- Eliminering av slöserier

Sambandet mellan dessa är nyckelvärden är logiskt, kunden är grunden till att det ska vara någon idé att börja producera, engagerade medarbetare är en förutsättning för att tillverka kvalitativa produkter och konkurrenskraft stärks genom att eliminera slöserier.

Inom Haldex Way finns många metoder som används för att uppnå produktion i världsklass. En av dessa är eliminering av slöserier genom att identifiera de sju slöserierna *överproduktion, onödiga arbetsmoment, onödiga rörelser och förflyttningar, onödiga transporter, onödiga lager, omarbetningar och kassationer* och *väntetid*. För att identifiera slöserierna och optimera flöden ska två kartor skapas. Den första är en ögonblicks bild och den andra är en karta över hur det framtida flödet är planerat.³¹

Haldex Way implementeras i fem olika steg från koppar till platina. För varje steg krävs olika prestationer som mäts med nyckeltal.

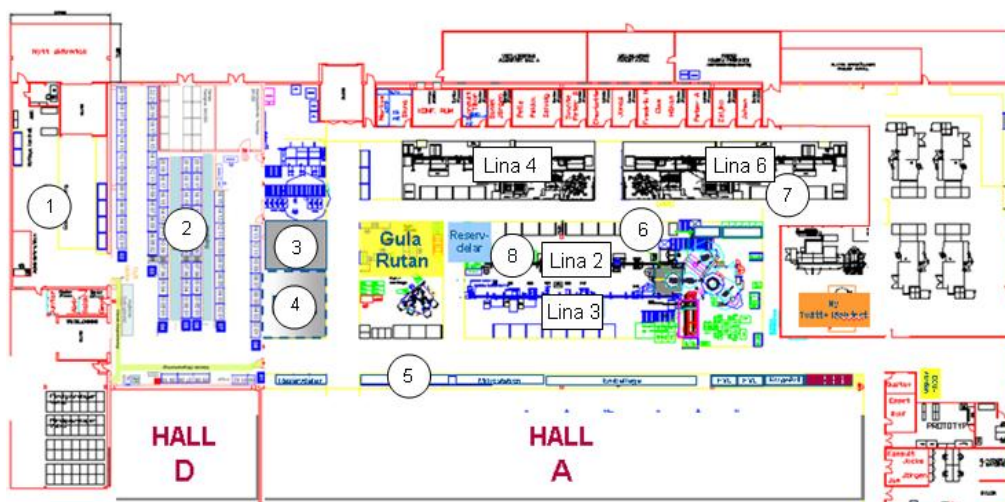
³¹ Dantoft

5 Nulägesbeskrivning

I detta kapitel beskrivs först hur Haldex Tractions fabrik i Landskrona ser ut, sedan följer en beskrivning av hur linje sex är uppbyggd och hur monteringsmomenten ser ut. Den nuvarande flexibiliteten, automationsnivå, förmontering och materialförsörjningen till linje sex skildras sist i kapitlet. Efter läsaren studerat detta kapitel ska det klart framgå hur linje sex är uppbyggd och hur aktiviteterna kring linjen ser ut. I nästa kapitel följer en analys av nuläget.

5.2 Fabrikslayout

Figur 1 visar fabrikslayouten på Haldex Tractions fabrik i Landskrona. I fabrikslokalen finns för närvarande fyra monteringslinjer. På linje tre monteras kopplingen till Haldexs koppling generation två och tre. Linje två används i dagsläget inte. På linje fyra och sex monteras generation fyra kopplingen. För detta examensarbete är ett antal funktioner i fabriken viktiga. Dessa beskrivs nedan och är markerade i fabriksritningen, se Figur 1.



Figur 1 Ritning av Haldex Tractions fabrik i Landskrona.

1. Godsmottagning

I denna hall kommer samtliga komponenter in. Leveranser sker med lastbil. Godset kontrolleras och förs in i datasystemet innan det färdas vidare.

2. Lagerhall D

Efter godsmottagningen når de flesta artiklar lagerhall D. Lagret består utav två smalgångar och två truckgångar. Artiklarna har fasta lagerplatser som är

försedda med Kanban-kort. I lagerhall D finns även ett kemikalieförråd och en förmonteringsstation som består av en press.

3. Tvätten

Ett fåtal artiklar behöver tvättas, detta görs i tvätten. I tvätten finns även en enkel förmonteringsstation som inte kräver någon maskinell utrustning.

4. FVL-färdigvarulager

När kopplingarna är monterade når de färdigvarulagret, kopplingarna lagras en kortare tid innan de skeppas till kund.

5. Lagerplats A

Lagerplats A är ett flytande lager, som även innehåller en del stationära platser. Lagret består utav ett högt pallställ.

6. Pallställ

I pallstället finns artiklar som främst försörjer den sista delen av linje sex och fyra. Artiklarna kommer från lagerhall D och lagerplats A. Pallstället är utrustat med Kanban-kort.

7. Kanbanstället

Kanbanstället är beläget vid linje sexs främre del. Stället består av tre-fyra lager höga rullband med backar och enstaka pallar.

8. Förmontering ackumulatorlock

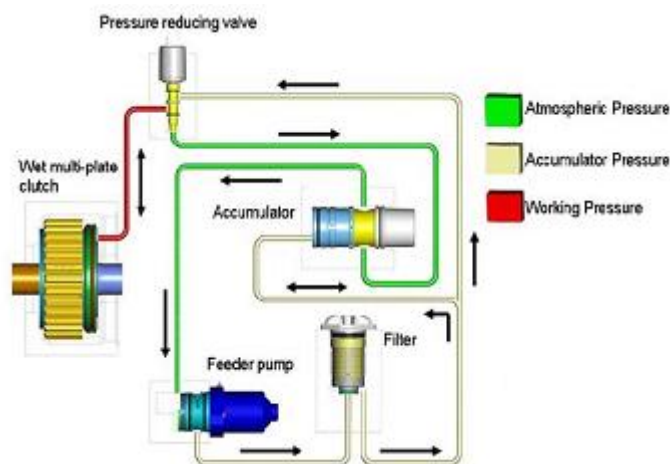
Enkel förmonteringsstation bestående utav ett bord, utan maskinell utrustning.

5.2.1 Framtida förändringar i fabrikslayout

Volymerna på generation två och tre sjunker till förmån för ny generation och kommer snart att endast tillverkas i lågvolymer. I samband med detta kommer tillverkningen av dessa generationer att flyttas till annan ort. Detta innebär att ytan där generation två och tre tillverkas idag kommer att frigöras

5.3 Produktbeskrivning generation fyra

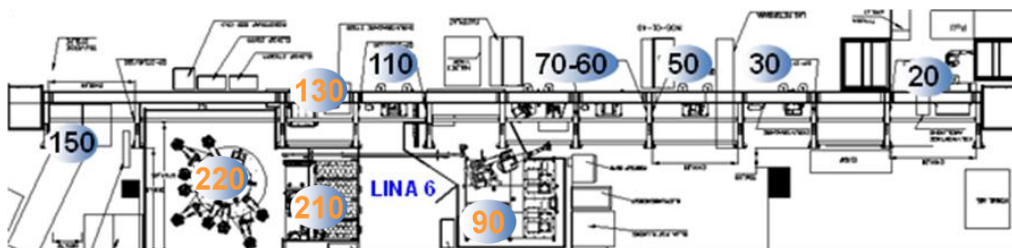
Haldex generation fyra koppling började produceras i mitten av 2007 och monteras i dagsläget på lina fyra och sex. Kopplingen väger färdigmonterad knappt tio kilo och består då av cirka 50 komponenter. Det finns i dagsläget två huvudproduktgrupper med totalt sju olika varianter. Skillnaden mellan varianterna är mjukvaran och utformningen av kopplingshuset som är "stommen" i den färdiga kopplingen. Figur 2 visar en skiss på kopplingens funktion och dess ingående komponenter.



Figur 2 Skiss på Haldex generation fyra koppling.

5.4 Beskrivning av monteringslinje sex

Monteringslinjen har de fysiska måtten 27*7*3 (L*B*H) m. Linjen består av en palettbanda med 33 paletter. En buffert på 3-4 kopplingar finns mellan stationerna. Returbanan går ovanför monteringsbanan. Takten på linje sex är 50 kopplingar/timme, vilket ger en cykeltid på 65 sekunder. Linjen har sex stationer som kräver en montör på varje station samt tre helautomatiska stationer. En och en halv person arbetar med att förse linjen med material. Linjen klarar att montera två varianter av kopplingar, en variant till VW och en variant till Volvo. Inom varianter förekommer det små förändringar beroende på bilmodell, författare väljer dock inte att ta hänsyn till detta. Nedan visas en bild av linje sex, kopplingen monteras från höger till vänster i linjen på bilden.



Figur 3 Ritning av monteringslinje sex.

5.4.1 Monteringsföljd

Nedan följer en kort beskrivning av vilka arbetsmoment som sker på stationerna och hur monteringsföljden ser ut. Stationerna med svarta siffror sköts en operatör medan stationerna med orange siffror är helautomatiska.

Station 20

Station 20 består av två förmonteringsbord samt en press. På det ena förmonteringsbordet sätts en kolv ihop och på det andra skjuts kopplingshuset med kulor. Pressen sammanfogar kolv och kopplingshuset. Montören placerar även en produktionsetikett på kopplingshuset innan huset sätts på linjen.

Station 30

Innan palletten med kopplingshuset når station 30, anoljas hålen där pumpen och filtret ska sitta automatiskt. Pumpen och filtret med lock pressas på huset och skruvas sedan fast med fyra skruvar. Skruvdragaren kontrollerar även momentet på skruvarna.

Station 40

På station 40 förmonteras en ackumulatorkolv, ackumulatorkolven läck-testas innan den går vidare till station 50. Montören som arbetar på station 40 jobbar även på station 50.

Station 50

När montören är färdig på station 40 flyttar personen till station 50 där akumulatorm, fjäderkitet och distanshylsan pressas på kopplingen med två presstag.

Station 60

Innan kopplingen når station 60 anoljas hålet där komponenter ska sitta. Stationen består utav en press. Här pressas ett spårkullager och en radialtätning fast. Montören som arbetar vid station 60 jobbar även vid station 70

Station 70

Denna station består både utav en förmonteringsstation där en ECU-enhet förmonteras samt en monteringsstation där ECU skruvas fast på kopplingshuset. Som nämnt ovan arbetar montören på både station 60 och 70.

Station 90

Station 90 är en helautomatiserad station där en robot plockar upp kopplingen från linjen och flyttar den till oljefyllningsstationen där den oljefylls. Roboten ställer tillbaks kopplingen på linjen när den är fylld.

Station 210 & 220

Denna station är helautomatiserad. Station 210 består utav en robotcell med ett lager av lamelltrummor och navaxlar, en robotarm plockar över lamelltrumman till station 220 där den fylls med lameller. När lamelltrumman är komplett lyfter robotarmen tillbaka lamelltrumman till linjen där kopplingen kommer direkt från station 90 och placeras på trumman. Plattan med kopplingen på rör sig sedan vidare till station 110.

Station 110

På denna station trycks lamelltrumman på plats och medbringaren monteras med en mutter.

Station 130

Denna station är helautomatiserad. Kopplingen läck-testas, blir den godkänd skickas den vidare till station 150 om inte går den ut i rejekten (bana för ej godkända kopplingar) och sedan vidare till ”gula rutan” som kontrollerar den.

Station 150

Station 150 är den sista stationen på linjen. En O-ring träs på, kundetikett klistras på och flaggor till pluggar trycks i, den färdiga kopplingen packas ner i emballage.

5.4.2 Kapacitetsflexibilitet

Linje sexs takt är 50 kopplingar per timme, det finns en möjlighet att skruva ner och skruva upp takten lite grann, dock till stora förluster. Givetvis kan antalet producerade kopplingar per år justeras med antal timmar i drift per år .

5.4.3 Automationsnivå

Automationsnivån varierar mellan de olika stationerna på linje sex. Fem av stationerna kräver ständig passning och aktivitet medan de andra endast kräver materialpåfyllning. Läck-testet kräver varken passning eller materialpåfyllning.

5.4.4 Förmontering

Förmontering är i dagsläget beläget både i linjen och utanför. I linjen är förmonteringsborden placerade i direkt anslutning till monteringsstationerna. Utanför linjen har förmonteringsstationerna blivit placerade där det funnits utrymme.

5.4.5 Balanseringsförlust

Balanseringsförlusten på linje sex är 20 %. Tidsuppgifterna är hämtade från en SAM-analys som är genomförd av Haldex Traction Systems, balanseringsförlusten är beräknad enligt ekvation 3.2 som är beskrivet i teorikapitlet.

5.5 Materialförsörjning till linje sex

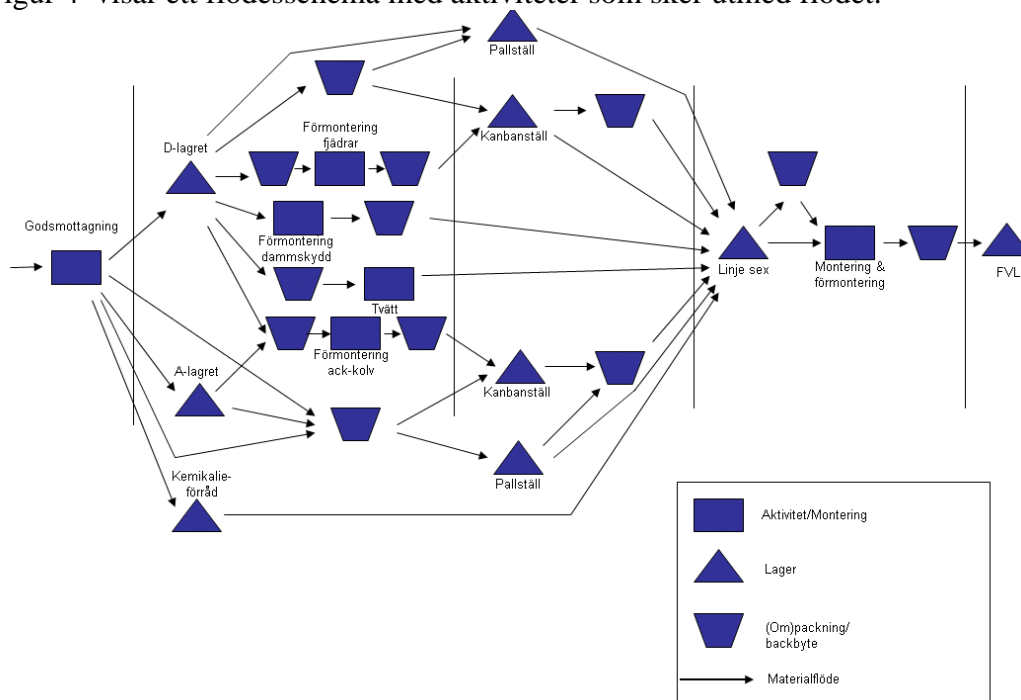
5.5.1 Lager

Materialet som köps till Haldex Tractions fabrik är helt och hållet baserat på hur många kopplingar som ska tillverkas, alltså tas inget hem för att hålla en viss lagernivå. Företaget eftersträvar en JIT ankomst av materialet men har ett par dagars säkerhet/leveranstid. Lagernivåer är på grund av detta låga och lagerytan är liten.

Kanbanstället, pallstället och lagret vid linorna skiljer sig dock från det stora lagret då de blir påfyllda för att klara en viss tids produktion. För små artiklar är tiden åtta timmar och för stora två timmar.

5.5.2 Materialflöden

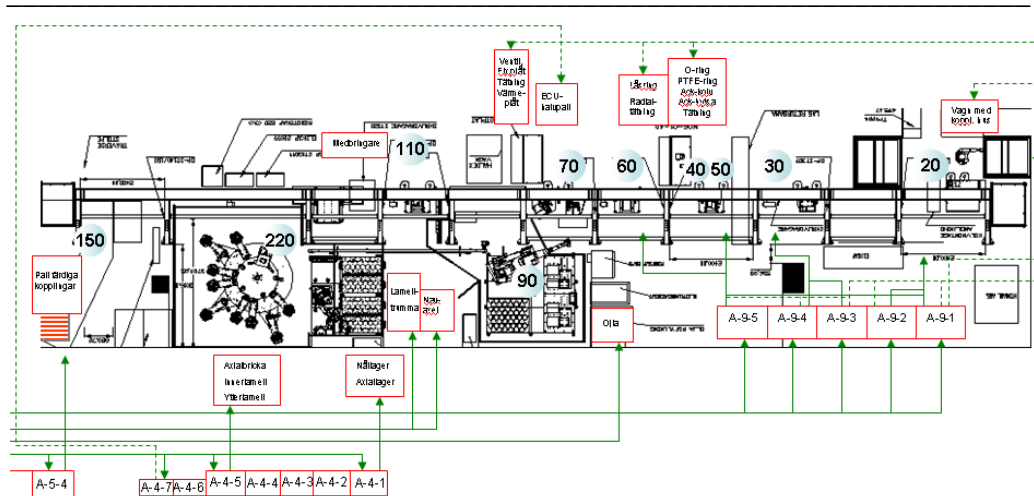
Figur 4 visar ett flödesschema med aktiviteter som sker utmed flödet.



Figur 4 Flödesschema från GM till linje sex.

Flödet initieras av att allt material kommer till godsmottagningen. Samtliga artiklar som ska tvättas eller förmonteras på annat ställe än i direkt anslutning till linjen hamnar i D-lagret med undantag från en artikel. De komponenter som förmonterats skickas antingen direkt till linje sex eller till Kanban-stället. Övriga artiklar från lagren skickas även de till pallstället eller Kanban-stället. Oljan går direkt från lagret till linje sex.

Kanban-stället, pallstället och det material som kommit direkt från tvätt, förmontering och GM försörjer sedan linjens lager med material. Från linjens lager plockas material som monteras på kopplingshuset. När kopplingen är färdig packas den och skickas till FVL. Figur 5 visar materialförsörjningen vid linjen. Då den gröna linjen är streckad betyder det att komponenterna transporteras runt linjen.



Figur 5 Materialflöden kring linje sex.

Gemensamt för samtliga materialflöden är att de startar i GM (godsmottagningen) och efter lagring når de linje sex och slutligen FVL (färdigvarulagret). Vägen mellan GM och linje sex skiljer sig mellan komponenterna. Nedan redovisas de tio funna materialflödena som försörjer linje sex.

- Flöde 1, GM - D lagret - Kanbanstället - linje 6 – FVL
- Flöde 2, GM - D lagret - pallstället - linje 6 – FVL
- Flöde 3, GM – D lagret - förmontering – Kanbanstället – linje 6 – FVL
- Flöde 4, GM – D lagret - förmontering – linje 6 – FVL
- Flöde 5, GM – D lagret – tvätten – linje 6
- Flöde 6, GM – A lagret – Kanbanstället – linje 6 – FVL
- Flöde 7, GM – A lagret – pallstället – linje 6 – FVL
- Flöde 8, GM – kemikalieförrådet – linje 6 – FVL
- Flöde 9, GM – Kanbanstället – linje 6 – FVL
- Flöde 10, GM – pallstället – linje 6 - FVL

5.5.4 Kanban

Haldex Traction använder kanban-kort för att få ett ”sug” efter komponenter till samtliga linor. På varje kanban-kort finns information om vilken artikel som ska ligga i backen, vilken lagerplats den har, från vilken lagerplats den ska fyllas på, kvantitet som ska fyllas på samt hur många kanban-backar av samma slag som finns i rörelse. Suget startar vid samtliga monteringsstationer på linjen där en tom back med ett kanban-kort skickas tillbaka till kanban-stället för påfyllning. När kanban-ställets back är tom sätts backen på uppmärkt ställe som signalerar till materialpåfyllaren att linjen är i behov av mer material. Backen

med kanban-kortet hämtas och fylls på från A eller D lagret. Här upphör det interna material suget. För de artiklar som kommer från tvätten skapas suget från linjen direkt till tvätten.

5.5.5 Ompackningar

Komponenternas väg från godmottagningen till linje sex kantas av många ompackningar. Majoriteten av ompackningarna beror på att komponenterna ska läggas i mindre lådor eller backar. I Figur 4 är samtliga ompackningar i materialflödet visualiserade.

5.5.6 Materialpåfyllare

Förutom de sex montörer som monterar vid linjen är en person sysselsatt med att fylla på lameller i roboten och med att fylla på material från kanban-stället till materialbanorna, de både arbetsmomenten tar ungefär lika lång tid var. En halv tjänst går åt för att fylla på kanban-ställ och pallställ då en materialpåfyllare fyller på två linor. Totalt arbetar alltså en och en halv person med materialpåfyllning.

6 Analys av nuläge

I detta kapitel analyseras nuläget som är beskrivet i föregående kapitel. Analysen utmynnar i identifierade slöserier, brister och frågetecken som alla ligger till grund för konstruktionen av den nya linjen. Slöserierna placeras i sju kategorierna som är beskrivna i teorikapitlet "Seven Wastes".

6.1 Fabrikslayout

Fabrikslayouten är som den ser ut idag inte optimal. Anledningen till detta är att monteringslinjerna är köpta i olika omgångar och att de har byts ut med jämna mellanrum. Detta har gjort att problemen har blivit lösta så gott det går efter de möjligheter och begränsningar som funnits när förändringar skett. Nedan beskrivs de problem som rör linje sex och fabrikslayouten.

Det är trångt runt linjen, detta förorsakar att truckar inte kan köra på båda sidor av linjen. Utrymmesbristen gör att det även blir trångt där helpallar måste placeras i direkt anslutning till linjen.

På grund av platsbrist och positionering av verktyg och maskiner är inte all förmontering placerad i direkt anslutning till linjen, till exempel sker förmonteringen av medbringare och dammskydd på lagret.

Hur lager, kemikalieförråd och FVL med mera ska ligga är en intressant fråga att analysera, det anses dock att detta ligger utanför detta examensarbets begränsningar och kommer därför inte att analyseras vidare. Givetvis rekommenderas en vidare studie av detta område.

De framtida förändringar i fabrikslayouten kommer att innebära att en yta blir ledig. Denna yta kommer att användas för den nya linjen.

6.2 Analys av monteringslinje sex

6.2.1 Monteringslinjens uppbyggnad

En första reflektion över linjens uppbyggnad var att många stationer var utrustade med liknande maskiner. Exempelvis förekommer en elektropress på flertal stationer och de två anoljningsstationerna ser i stort sett identiska ut. En intressant frågeställning är om möjligheten finns att sammanfoga stationer så att färre maskiner behövs. Detta hade i bästa fall hade kunnat leda till ett lägre pris vid inköp av en ny linje och därmed en lägre tillverkningskostnad för varje koppling. En lägre tillverkningskostnad hade ökat Haldex Tractions konkurrensförmåga ytterligare. Risken med att minska maskinparken är att

möjlighet till kapacitetsflexibilitet minskar då det blir svårare att möjliggöra flera cykeltider.

6.2.2 Monteringsföljd

En undersökning gjordes bland produktionstekniker för att utröna varför monteringen sker i nuvarande ordning. Det som upptäcktes var att det inte fanns någon dokumentation på varför det ser ut som det gör. Monteringsföljden är till största del baserat på föregående linor och erfarenhet från dem. Givetvis finns det begränsningar i form av precedenskrav. Möjlighet att ändra monteringsföljden skulle vara positivt då detta antagligen skulle underlätta möjligheterna att göra linjen flexibel och minska slöserier. För att få klarhet i frågan kommer ett precedensdiagram att konstrueras i designfasen.

6.2.3 Kapacitetsflexibilitet

I dagsläget har samtliga linor på Haldex Traction en takt på 50 kopplingar per timme. Att minska eller öka takten är svårt, dels på grund utav att linjen är konstruerad för denna takt, men också för att montörerna inte kan röra sig mellan stationerna på grund av hinder i form av förmonteringsbord. Vid beställningspunkten för den nya linjen kommer det inte gå att fastställa efterfrågan av generation fyra kopplingar. Variationen av efterfrågan varierar och är beroende av många externa faktorer som Haldex Traction inte kan styra över, exempelvis världens och Sveriges konjunktur och bränslepriser. För att förbli konkurrenskraftiga på marknaden anses det nödvändigt att kunna variera takten utan stora slöserier. Detta kommer vara en av de viktigaste byggstenarna att ha i åtanke under konstruktionsfasen av den nya linjen. Flexibiliteten som kommer att eftersträvas är kapacitetsflexibilitet, de andra varianter skulle författaren gärna analysera vidare, dock anses dessa ligga utanför detta examensarbetets begränsningar varför de inte kommer att behandlas ytterligare.

6.2.4 Automationsnivå

Linje sexs automationsnivå är kraftigt ifrågasatt av flera anledningar. Ifrågasättningar handlar främst om lamellroboten och om det var optimalt moment att automatisera. Först och främst var lamellroboten dyr att köpa in, priset var cirka en fjärdedel av linje sexs kostnad. Vid uppstartandet av linje sex fungerade roboten dåligt och krävde ständigt passning och reparationer. I dagsläget fungerar den dock bra. Roboten är visserligen helautomatisk men kräver en halv montörs tjänst för att materialförsörjas. Detta var en kostnad som det inte togs hänsyn till då linje sex beställdes.

Vilken automationsnivå som är mest optimal för Haldexs fabrik i Landskrona är en svår och bred fråga. Författaren förutsätter att olika svar på vad som är mest optimalt, kommer att ges beroende på om till exempel produktionsteknik,

logistik, montörer eller ledningen tillfrågas. Det finns avancerade teorier om hur automationsnivå skall räknas ut, optimal automationsnivå med avseende på detaljkostnad finns beskrivet matematiskt, dock ligger det utanför detta examensarbete att räkna ut detaljkostnad varför formeln inte kommer att användas. Den optimala automationsnivån betraktas som ett intressant område, tyvärr hade studien blivit allt för tidskrävande för detta examensarbete varför författaren uppmuntrar till ett separat examensarbete som enbart behandlar detta ämne.

6.2.5 Förmontering

Förmontagestationer finns utspridda över hela fabrikslokalen. De förmontagebord som är placerade i linjen är till för att balansera stationerna, vilket kan tyckas vara en smart lösning, nackdelen är att förmontagestationer hindrar montörerna från att kunna röra sig mellan stationerna. Många av de förmontage som i dagsläget ligger utanför linjen har tidigare gjorts av leverantörer eller inte varit nödvändiga. Det finns en strävan från företagets sida att flytta tillbaka delar av förmontaget till leverantörerna. Detta betyder att förmonteringsstationerna ständigt ändras.

6.2.6 Balanseringsförlust

Balanseringsförlusten på linje sex uppgår till 20 %. Beräkningarna är gjorda av tidsuppgifter från SAM-analysen som är utförd av Haldex anställda. Anmärkningsvärt är att de två sista stationerna som drar upp balanseringsförlusten från några procent till 20 %. Denna situation antas ha uppkommit på grund av att montörerna inte kan röra sig fritt mellan stationerna, vilket begränsar stationsuppbyggnaden. Vid design av den nya linjen kommer det anses som extra viktigt att montörerna kan röra sig fritt mellan stationerna då en låg balanseringsförlust i kombination med varierande cykeltider ska åstadkommas. En 20 % balanseringsförlust anses vara högt och det kommer därför strävas efter att pressa ner den till en lägre nivå.

Författaren vill upplysa läsaren om att SAM-analysen inte är helt tillförlitlig. I beräkningarna har inte tiden det tar för montören att packa ner kopplingen i transportförpackningen räknats med. Detta moment är tidskrävande och görs av montören som arbetar på den sista stationen. På grund av detta antas den verkliga balanseringsförlusten vara något lägre än 20 %. Författaren väljer dock att enbart basera sina beräkningar på SAM-analysen för att vara konsekvent genom hela studien.

6.3 Analys materialförsörjning till monteringslinje sex

6.3.1 Lager

Haldex Traction är hårt pressade att hålla nere lagernivåer givetvis utan att råka ut för materialbrist. Det faller sig därför naturligt att allt material som beställs ska levereras ”just in time” och är bestämt till en specifik slutprodukt. Lagerhall A och D är därför nödvändiga för att ta emot ankommande komponenter och lagra dem en kortare tid.

Kanbanstället och pallstället är däremot styrt efter lagernivå och kan i viss mån ses som en materialfasad för linje sex. Det antas att dessa lager är till för att snabbt kunna förse linjen med material och se till att det finns material för att producera i minst åtta timmar framöver. Materiallagren i banorna vid linorna förser linorna direkt med material och är därför direkt nödvändiga.

Analysen av de tre lagren är att kanbanstället och pallställ inte fyller någon riktig funktion och därför anses som ett slöseri. Det ses som fullt genomförbart att slopa dessa lager och därmed förse materiallagren på banorna med material direkt från lagerhall A och D. Kanban-korten från materialbanorna skulle i sådana fall användas för att skapa ett sug av komponenter till linjen från lagerhall A och D. Detta kommer att analyseras vidare i designfasen.

6.3.2 Materialflöde

Materialflödena som förser linje 6 med material är många och bildar ett komplext flödesschema. Anledningar till att flödet ser ut som det gör beror både på fabrikslayouten och på lagersystemet. Utrymmesbrist på ena sidan av linjen gör att materialet måste transporteras runt hela linjen, vilket gör att för cirka hälften av komponenterna är den totala transportlängden, från det att materialet når linjen, två gånger linjens längd. Den totala transportlängden blir onödigt lång och kommer därför att anses som ett slöseri. Komponenternas väg varierar kraftigt, anledningen till detta är att det finns flera olika lager och mellanlager, detta leder till att olika vägar tvingas tas som skapar en komplexitet i transportvägar. Antalet ”stop” anses vara onödigt många och skulle kunna reduceras med reducerat antal lager. Slutsatsen av analysen är att om materialflödet blir enklare skulle materialförsörjarna få ett enklare jobb som skulle kunna skötas betydligt effektivare.

6.3.3 Kanban

Kanban-korten fungerar idag väl då behovet av material blir lättöverskådligt för materialpåfyllaren. Kanban-korten skapar ett jämnt sug och ser till att

komponenterna når linjen så nära ”just in time” som anses möjligt. Korten kommer därför att behållas i den nya designen.

6.3.4 Ompackningar

Ompackningar som inte sker för att ge extra skydd eller andra värdeadderande egenskaper ses som ett direkt slöseri. Många av ompackningarna som sker idag är som nämnt ovan, på grund utav att backarna blir mindre desto närmare linjen materialet kommer. Alltså är de allra flesta ompackningar ett slöseri som bör beaktas i designfasen av den nya linjen. Som mest packas samma komponent om fem gånger innan kopplingen når FVL, komponenten i fråga är en kolv och O-ring som förmonteras innan den når kanbanstället. Det finns dock andra flöden som inkluderar förmontering som endast packas om två gånger (medbringare och dammskydd). Att det sker onödigt många ompackningar är man väl medveten om på företaget, dock har det inte funnits något bra alternativ till att reducera antalet. Genom att minska antalet mellanlager och ha materialförsörjning i baktanke redan under designfasen av linjen, kommer med största sannolikhet antalet ompackningar sjunka avsevärt.

6.3.5 Materialpåfyllning

I dagsläget arbetar en och en halv person med direkt materialpåfyllning av linje sex. Då en Haldex koppling innehåller cirka 50 komponenter är det inte speciellt anmärkningsvärt att materialpåfyllningen är tidskrävande. Författaren anser dock att en effektivare materialförsörjning i form av minskade ompackningar och mindre komplext flödesschema hade kunnat minska antalet operatörer som arbetar med påfyllningen. Denna aspekt kommer att undersökas vid designen av den nya materialförsörjningen.

En tidskrävande aktivitet som uppmärksammats under studierna av materialförsörjningen, var att det tog uppseväckande lång tid att finna rätt plats för backarna i kanban-stället. Tiden som används för att leta anses som ett direkt slöseri och hade kunnat åtgärdas relativt enkelt genom ett strukturerat kanban-ställ där komponenterna till exempel är sorterade efter artikelnummer. Denna förlust kommer att tas i beaktande om liknande situationer uppstår i den nya materialförsörjningen.

6.4 Identifierade brister, slöserier och frågetecken

Analysen av nuläget summeras i detta stycke som identifierade slöserier, brister och i form av frågetecken. Haldex Traction arbetar aktivt med Haldex Way och de sju slöserierna varför det ses som intressant att kartlägga under vilken slöseri-kategori de identifierade slöserierna hamnar. Identifieringar kommer ha en avgörande betydelse under designfasen av den nya linjen.

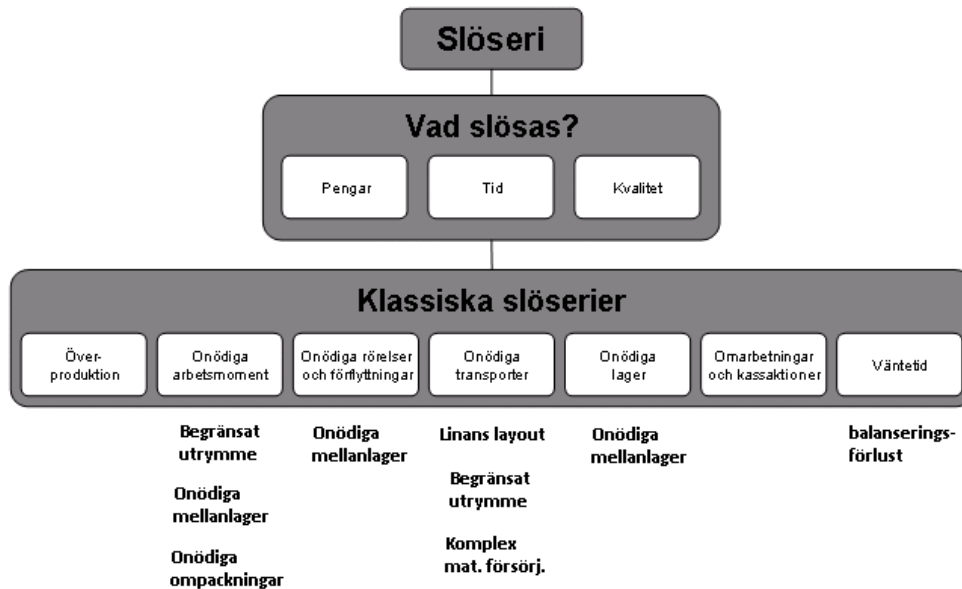
6.4.1 Identifierade slöserier

Med utgångspunkt från analysen av nuläget kunde följande slöserier identifieras;

- Utrymmet runt linjen är begränsat vilket medför att truckar inte kan köra fritt och extra arbete i form av ompackningar måste göras. Detta slöseri klassas som onödiga arbetsmoment och onödiga transporter
- Kanban-stället och pallstället är identifierade som slöserier då de inte anses vara nödvändiga, de gör materialförsörjningen mer komplex och tillför extra arbetsuppgifter i form av ompackningar. Detta slöseri klassas som onödiga arbetsmoment, onödiga rörelser och förflyttningar och onödiga lager.
- Materialförsörjningen är komplex, vilket medför onödiga transporter, alltså är slöseriet onödiga transporter.
- Transportsträckorna är långa på grund av linjens layout även detta är en onödig transport.
- Balanseringsförlusten är 20 %, detta medför ett slöseri i form av väntetid för montörerna.
- Många "onödiga" ompackningar görs. Detta slöseri är ett onödigt arbetsmoment.

6.4.2 Sju Slöserier identifiering på monteringslinje sex

Figur 6 visar en bild på var de identifierade slöserierna hamnar i "Seven Wastes" kartan. Anmärkningsvärt är att fem av de sju klassiska slöserierna finns identifierade i linje sex. Att överproduktion inte finns med beror på att Haldex endast producerar mot kundorder. Omarbetning och kassationer ligger utanför detta examensarbets begränsningar varför detta slöseri inte analyseras. De slöserier som är mest frekventa är onödiga arbetsmoment och onödiga transporter. De flesta slöserier beror naturligtvis på materialhanteringen, väntetiden är en följd av en obalanserad linje. Slutsatsen är att en väl balanserad linje med en effektiv materialhantering hade minskad de identifierade slöserierna.



Figur 6 Identifierade slöserier i "Seven Wastes" kartan.

6.4.3 Brister

En brist som linje sex har är det faktum att kapacitetsflexibiliteten är låg. I dagsläget löser Haldex denna brist genom att tillsätta extra kvälls- och helgskift. Dessa skift är dyra och därför vill företaget undersöka möjligheten att investera i en linje som har en hög kapacitetsflexibilitet. Anledningen till att linje sexs takt inte kan skruvas upp eller skruvas ner beror dels på att förmonteringsbord är i vägen, vilket gör att montörer inte kan röra sig fritt mellan stationer och att linjen inte är konstruerad för att medge en varierande takt.

6.4.4 Frågetecken

Under analysen av nuläget framkom ett antal frågetecken. Författaren tror att svar på dessa frågetecken hade ökat möjligheten att införa kapacitetsflexibilitet samt eventuellt minska kostnaden för den nya linjen. Det viktigaste frågetecknet handlar om vilka möjligheter det finns att ändra monteringsföljden. En minskad maskinpark hade kunnat reducera kostnaden för linjen dock finns det en oro över att även möjligheten till kapacitetsflexibilitet hade minskat. Vilken automationsnivå som är mest optimal är ett frågetecken som ständigt återkommer men som ligger utanför examensarbets avgränsningar.

Slöserier, brister och frågetecken rörande dagens layout på linje sex kommer att ligga till grund för designen av den nya linjen. Linjen kommer att designas så att slöserierna minskas och så att den klarar de brister som finns i dagens monteringslinje sex.

7 Design av monteringslinjen

I detta kapitel beskrivs först vilka framtidsscenario som är möjliga, sedan diskuteras hur väl teorin kan användas och vilka begränsningar den har. Läsaren får en inblick i hur författaren har gått tillväga för att konstruera en kapacitetsflexibel linje där materialförsörjning har designats för att minska antalet slöserier jämfört med linje sex.

7.1 Framtidsscenario

Som tidigare nämnts är det i dagsläget oklart hur orderingången kommer att se ut för generation fyra kopplingen de närmaste åren. I dagsläget spår Haldex två framtida scenarion, det första scenariot innebär att orderingången fortsätter att öka konstant, vilket innebär att Haldex inte kommer att kunna producera den mängd kopplingar som kunderna efterfrågar trots att båda dagens linor monterar på fullvarv dygnet runt. Det andra scenariot är att kunderna stundvis efterfrågar en högre kvantitet än Haldex kan producera. Detta scenario innebär att Haldex behöver ytterliga en linje för att klara ”ordertopparna”.

Då scenarion ser väldigt olika ut krävs det egentligen två olika typer av monteringslinjer. Den första linjen ska göras mycket flexibel så att den kan klara av att producera kopplingar i en varierad mängd. Huvudfokus kommer alltså att vara att minska den totala balanseringsförlusten vid varierande cykeltider. Priset på linjen är inte av högsta prioritering, bortsett från att den inte ska bli dyrare än dagens linje sex. Denna linje benämns härnäst för den ”flexibla linjen”.

Scenario tvås huvudfokus skulle, till skillnad från den flexibla linjen, vara inköpspriset. Då monteringslinjen endast kommer att vara i drift under ”ordertopparna” anses maskintimkostnaden vara den tyngsta kostnadsposten varför den bör minimeras. Flexibiliteten antas kunna justeras med att linjen är i drift så många timmar som det behövs. På grund av studiens tidsbegränsning kommer konstruktionen av denna linje att överlämnas till Haldex Traction Systems själva. De senaste prognoserna indikerar att scenario ett är mest troligt att inträffa.

7.2 Teoribegränsningar och användning

Precedensdiagrammet används för att få en uppfattning om i vilken ordning kopplingen kan monteras och därmed även vilka begränsningar i monteringsföljden som finns. Teori bakom hur stationsuppbyggnad kan göras

går inte att använda, då denna är anpassad för en i förhand bestämd cykeltid. Författaren har inte lyckats finna någon annan teori varför stationsuppbyggnaden kommer att ske "för hand". Beskrivning av detta följer i stycket 7.4.1, Arbetsgång. Balanseringsförlusten kommer att vara det matematiska måttet på hur väl författaren lyckats designa den flexibla linjen.

De tidigare identifierade slöserierna som har sitt ursprung i "Lean Production" kommer att ligga till grund för förändringarna i materialförsörjningen.

7.3 Motivering till bibehållen maskinpark

Sekundärsyftet med detta examensarbete är att visa hur viktigt det är att involvera logistik i designfasen av en monteringslinje. Av denna anledning finner författaren det viktigt att visa att den flexibla linjen kan bli verklighet med samma resurser som linje sex hade. För att produktionstekniker ska övertygas om att den flexibla linjen är genomförbar, väljer författaren att konstruera linjen med samma maskinpark som tidigare. Detta val begränsar kapacitetsflexibilitetens något men underlättar samtidigt stationsuppbyggnaden.

7.4 Den flexibla monteringslinjen

7.4.1 Arbetsgång

För att få förståelse för i vilken ordning kopplingen kan monteras görs ett precedensdiagram. Med hjälp precedensvillkor och monteringtider från SAM-analysen blir nästa steg att sätta ihop stationer och avgöra hur bra stationerna klarar av varierande cykeltider. Linjens resultat kommer att visas i en genomsnittlig balanseringsprocent för samtliga cykeltider.

När monteringsföljden och stationsgrupperingen är bestämd kommer layouten av linjen att designas. Det är i detta skede som flerparten av de identifierade slöserierna kommer att hanteras.

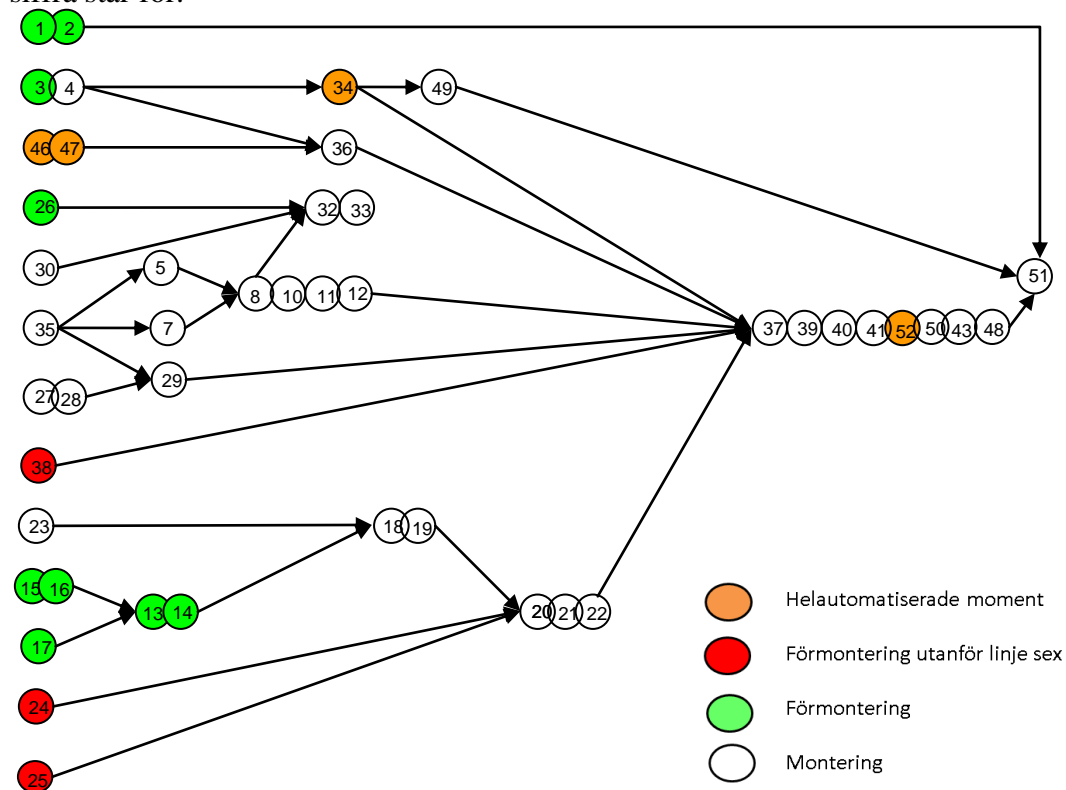
7.4.2 Cykeltid

För att balansera linjen enligt de beskrivna teorier krävs att cykeltiden är bestämd. I detta examensarbete är målet att designa en kapacitetsflexibel monteringslinje, det vill säga att linjen ska kunna köras på olika cykeltider. Tanken bakom detta är att Haldex ska klara en varierande efterfrågan utan alltför stora förluster. I beställningspunkten av linjen kommer det fortfarande att vara oklart hur stor orderingången kommer att bli. Detta ger författaren frihet i att spekulera vilka cykeltider som är rimliga. Löneposten inom svensk industri anses vara en av de tyngre varför beslut tas att cykeltider kommer att optimeras mot antalet montörer. Linjens kapacitetsflexibilitet kommer att variera mellan 2

till 8 operatörer, vad cykeltiderna för de olika bemanningarna blir framgår senare i rapporten.

7.4.3 Precedensdiagram

Figur 7 visar kopplingens precedensdiagram. Diagrammet visar tydligt att innan moment 37 är monteringsföljden relativt flexibel. De grönmarkerade momenten är förmonteringsmoment som i dagsläget utförs i samband eller i linjen. De rödmarkerade momenten utförs på andra ställen i fabriken och de orangefärgade momenten är helautomatiska stationer. I bilaga A återfinns vilket moment varje siffra står för.

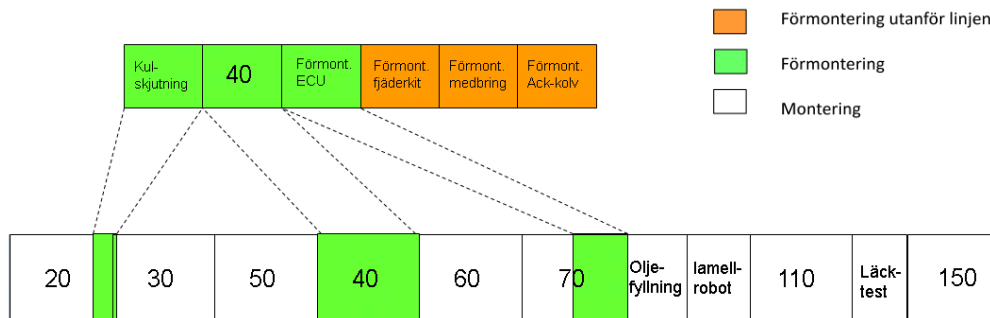


Figur 7 Precedensdiagram för Haldex generation fyra koppling.

Det antas att de helautomatiserade stationernas cykeltider kommer att kunna variera mellan de utvalda cykeltiderna. På grund av detta kommer dessa stationer att förbli helautomatiserade. Förslag till en högre automationsnivå på övriga stationer kommer inte att beaktas då det anses bli allt för omfattande för denna studie.

7.4.4 Uppbyggnad av stationer

Dagens monteringsföljd utnyttjas till en början genom att separera förmontering från montage på dagens fysiska stationer. Se Figur 8.



Figur 8 Separation av förmontering och montering

Det är nu tydligt vilka de ”minsta” stationer är, det vill säga vilka byggstenar som stationerna på linjen kan bestå av. I bilaga B finns en förteckning över vilka moment som ingår i uppdelningen och även tiderna som momenten kräver. De ”minsta” stationerna skulle givetvis kunna delas upp ytterligare då de flesta består av ett flertal monteringsmoment. De anses dock att det finns en risk att linjen inte skulle bli accepterad på grund av en alltför stor förändring i maskinparken, varför det har valts att inte dela upp stationerna ytterligare. Vidare diskussion följer i diskussionsavsnittet.

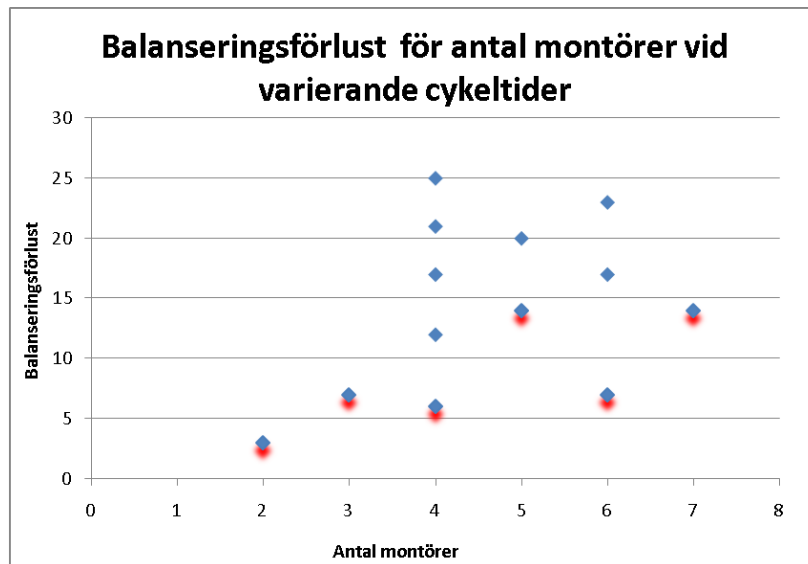
När cykeltiderna beräknas utesluts maskintid (MT) från monteringstiden om det finns ett annat moment som kan göras samtidigt som maskinen arbetar. Om detta inte är fallet, räknas maskintiden in i cykeltiden och de (kortare) efterföljande momenttiderna utesluts.

Cirka hälften av förmonteringen (orangemarkerade i Figur 8) är i dagsläget placerade utanför linjen. Då den nya linjen kommer att montera samma produkter som dagens linor är det oklart om dessa förmonteringar ska ligga utanför eller integrerat i linjen. Ett av målen med denna studie är att visa att linje sex hade kunnats göras flexibel med samma utrustning som används idag genom att involvera logistik under designfasen. På grund av detta tas beslutet att montera exakt samma förmonteringar som i dagens linje sex. Ytterligare en bidragande faktor är att förmonteringarna utanför linjen kommer bli tvingade att montera i vilket fall då de övriga linorna kräver detta.

För att kunna starta stationsuppbyggnaden placeras byggstenarna till stationerna ut så som författaren anser vara mest rimligt. Förmonteringarna läggs i närheten

av de moment som har dem som precedenskrav och flyttas utanför, dock i anslutning till linjen för att kunna skapa kapacitetsflexibilitet. Stationer som kräver korsade gångvägar kommer att undvikas då detta inte anses vara en acceptabel lösning på grund av kollision mellan montörer. Förmonteringsborden placeras så att de inte hindrar montörernas gångväg, detta möjliggörs genom att borden ligger bredvid montagestationerna och inte ”sticker ut” från linjen. Författaren föreslår att en U-formad linje kommer att vara mest aktuell varför detta finns i baktanke när byggstenarna placeras ut. Precedenskraven tas givetvis i beaktelse vid stationsuppbyggnaden.

Den längsta momenttiden visar sig vara 50 sekunder, varför detta blir den lägsta cykeltiden. Förslag till stationsuppbyggnad görs för cykeltider mellan 50 och 155 sekunder med fem sekunders mellanrum. När detta var gjort undersöktes vilka cykeltider som hade lägst balanseringsförlust för två till åtta operatörer, se Figur 9 och Tabell 1. Cykeltiden justerades om den längsta cykeltiden är under den angivna cykeltiden. De valda cykeltider redovisas i Tabell 2. En skiss på stationsuppbyggnad för 80 sekunders cykeltid finns i Figur 10 10, samtliga alternativ finns i bilaga C.



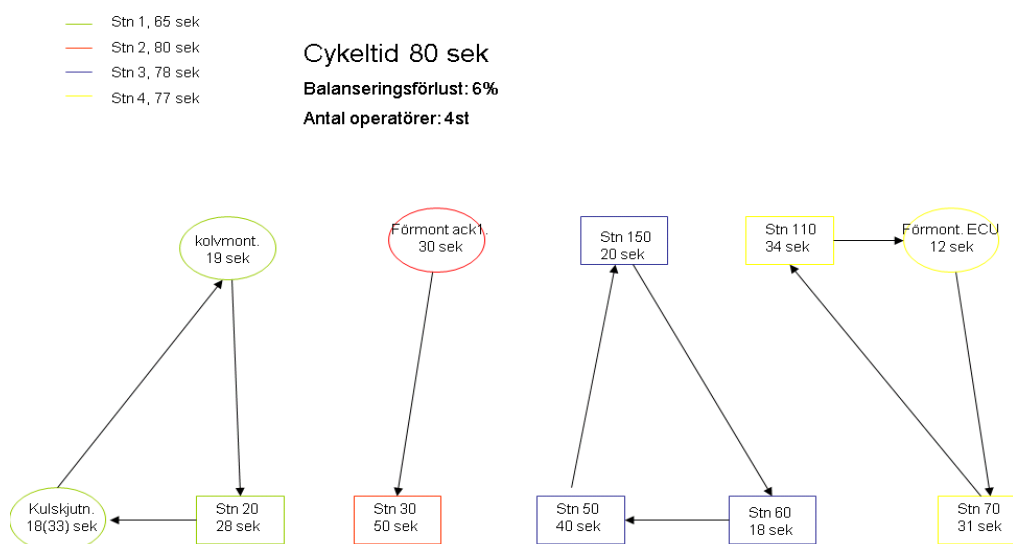
Figur 9 De rödmarkerade punkterna indikerar den lägsta möjliga balanseringsförlust för givet antal montörer.

Tabell 1 Tabellen visar hur många montörer som krävs och balanseringsförlust för given cykeltid.

| cykeltid (sek) | antal ope. (st) | bal. Förlust (%) |
|----------------|-----------------|------------------|
| 50 | 7 | 14 |
| 54 | 6 | 7 |
| 60 | 6 | 17 |
| 65 | 6 | 23 |
| 70 | 5 | 14 |
| 75 | 5 | 20 |
| 80 | 4 | 6 |
| 85 | 4 | 12 |
| 90 | 4 | 17 |
| 95 | 4 | 21 |
| 100 | 4 | 25 |
| 108 | 3 | 7 |
| 155 | 2 | 3 |

Tabell 2 Tabellen redovisar de valda cykeltiderna som är identifierade av de röda punkterna i figur 8

| cykeltid (sek) | antal ope. (st) | bal. Förlust (%) |
|----------------|-----------------|------------------|
| 50 | 7 | 14 |
| 54 | 6 | 7 |
| 70 | 5 | 14 |
| 80 | 4 | 6 |
| 108 | 3 | 7 |
| 155 | 2 | 3 |



Figur 10 Skiss på stationsupbyggnad för en cykeltid på 80 sekunder

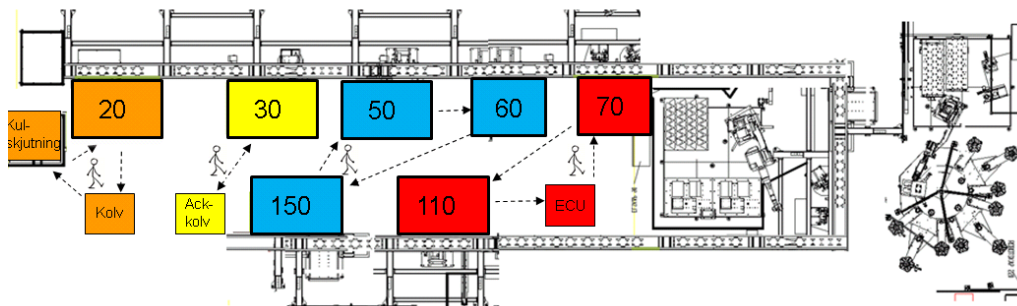
7.4.5 Balanseringsförlust

Balanseringsförlusten för linjen blir 8,5 %. Detta är ett genomsnitt för de sex valda cykeltider. Balanseringsförlusten för samtliga cykeltider ligger mellan 3 och 14 %.

7.4.6 Layout

För att minska transportsträckor och möjliga rörelse mellan stationer tas beslut om att göra linjen till en U-form. Då avståndet mellan de två långsidorna inte får bli för långt placeras lamellroboten på utsidan av U:ets botten och oljefyllningsstationen på insidan. Linjen vid station 110 och förmontering ECU förlängs något för att möjliggöra att en helpall med komponenter kan skjutas under linjen. Figur 11 visar linjens layout och gångbanorna för montörerna då cykeltiden är 80 sekunder. I bilaga D visas samtliga cykeltider med gångbana för montörerna. Färgläggningen anger vilka stationer som sköts av samma montör.

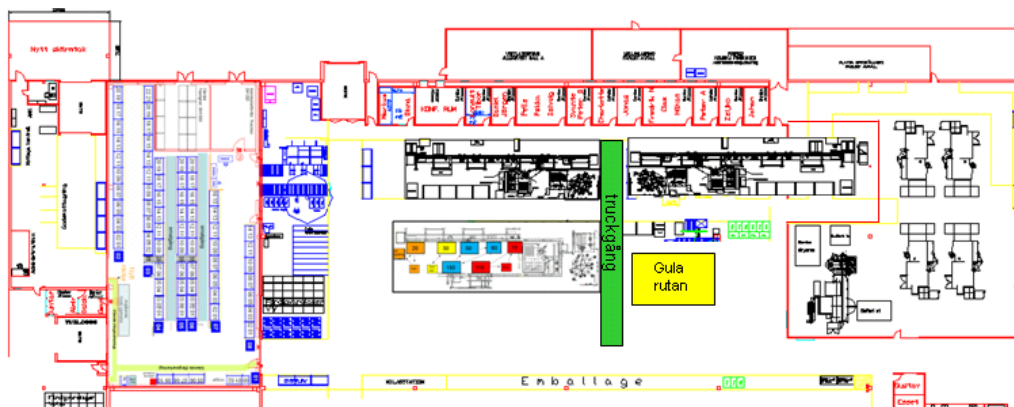
Cykeltid 80 sek
Balanseringsförlust: 6%
Antal operatörer: 4st



Figur 11 Den flexibla linjens layout med montörens gångbana då cykeltiden är 80 sekunder.

7.4.7 Fabrikslayout

Som tidigare nämnts är fabriksytan som monteringslinjen ska placeras på begränsad. Nedan visas fabrikslayouten med den nya linjen. En truckgång är insprängd mellan linorna för att förenkla möjligheterna att transportera material till de existerande linorna. Anmärkningsvärt är att den flexibla linjen endast blir lite bredare än linje sex och fyra trots den nya layouten. Författaren är öppen till nya förslag om var linjen ska vara placerad, syfte med Figur 12 är att visa att den flexibla linjen får plats.



Figur 12 Fabriksritning med den flexibla linjen.

7.5 Materialförsörjning

I detta stycke designas materialförsörjningen till linjen. Lean produktion och dagens slöserier ligger till grund för den nya materialförsörjningen. Detta

innebär att icke värde-adderande aktiviteter plockas bort och materialförsörjningen förenklas till största mån. Till en början beskrivs utseendet av lager, materialbanor, backar, Ergobjörnen och hyllvagnen. Sedan beskrivs den nya materialförsörjningen. Sist i delkapitlet summeras åtgärderna som bidrar till minskningar av slöserier och vilken del av de ”sju slöserierna” som åtgärdas.

7.5.1 Lager

I nulägesanalysen konstaterades det att Haldex har mellanlager som inte är nödvändiga. Beslut tas därför att ta bort både kanban- och pallstället. Komponenterna kommer därmed till en början att lagras i D- och A lagret, därefter kommer de att transporteras direkt till rullbanden vid linjen. De komponenter som förmonteras utanför linjen kommer transporteras direkt från förmonteringsstationerna till materialbanorna.

7.5.2 Materialbanor och backar

Samtliga materialbanor och backar kommer att ha samma bredd. Backarna som föreslås som lämpliga att använda kommer från Arca Schoeller Systems och heter modulbackar, då dessa är stapelbara och har en hög vridstyvhet. Figur 13 visar backarna och deras mått.

Modulbackar

| | | LÄNGD (MM) | BREDD (MM) | HÖJD (MM) |
|---|----------|------------|------------|-----------|
|  | 9067.000 | 300 | 230 | 150 |
|  | 9068.000 | 400 | 230 | 150 |
|  | 9069.005 | 500 | 230 | 150 |
|  | 9070.000 | 600 | 230 | 150 |

Figur 13 Förslag på backar som kan användas.

Backarna har samma höjd och bredd, längden varierar från 300 mm till 600 mm. Författaren föreslår att varje back bör innehålla motsvarande en timmes komponenter då cykeltiden är 50 sekunder och att det finns två backar till varje komponent. Beroende på komponentens storlek väljs backlängd. På varje back finns, precis som idag, ett kanban-kort som talar om vilken komponent som ligger i backen, hur många och vilken lagerplats komponenter har på lagret.

För att snabba på variantbyten av material placeras alla komponenter som är gemensamma för Volvo och VW att ligga i en blå back, VWs unika komponenter ligger i röda backar och Volvos unika komponenter i gula backar. Vidare information om varför backarna kommer ha olika färg klargörs då Ergobjörnen och vagnsystemet beskrivs.

Varje komponent i en variant som tillförs linjen via Ergobjörnen ska ha en egen materialbana, det vill säga att det aldrig kommer att finnas mer än en typ av komponent på en materialbana samtidigt. Vid variantbyte kommer dock materialbanan för de variant- unika komponenterna att byta komponent. För att underlätta för materialförsörjaren föreslås det att materialbanan tydligt är markerad med komponentnummer för hemmahörande komponent.

Materialbanorna till linjen skall vara designade på så sätt att det är ergonomiskt för materialpåfyllaren att sätta dit och hämta backarna samt för montören att plocka komponenterna. Vidare studie av detta område rekommenderas att en person kunnig inom ergonomi studerar. Förslagsvis bör det allokeras lite mer plats för materialbanorna jämfört med dagens linje 6. Förslag på hur materialbanorna kan se ut visas i Figur 14.



Figur 14 Förslag på hur materialbanorna kan se ut.

7.5.3 Ergobjörn och hyllvagnar

Det nya materialpåfyllningssystemet kommer att kräva en Ergobjörn och två hyllvagnar. Hyllvagnarna är identiska och har ett utseende enligt Figur 15. Ergobjörnen är densamma som används idag och visas också i Figur 15.



Figur 15 Ergobjörnen och hyllvagns-systemet.

Hyllvagnen har fyra våningar och varje våning rymmer med marginal fyra backar. Varje ”plats” rymmer två backar på höjden och är markerad med en skylt med tre artikelnummer. På varje plats kommer det att ligga antingen en röd, gul eller blå back. Figur 16 visar en bild på hur hyllkanten på vagnen kommer att se ut. Platserna för komponenterna ska vara sorterade efter linjen så att montören inte behöver leta efter vilken back en station ska förses med.

| | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 109906/lagerplats | 109971/lagerplats | 104803/lagerplats | 110264/lagerplats |
| 107994/lagerplats | 108488/lagerplats | 109835/lagerplats | 109836/lagerplats |
| 107014/lagerplats | 108885/lagerplats | 84647/lagerplats | 108288/lagerplats |

Figur 16 Etikett som ska sitta på hyllvagnen.

Ergobjörnen ska kunna skifta hyllvagn, förklaring till detta kommer när materialpåfyllningen beskrivs.

7.5.4 Beskrivning av materialpåfyllningen

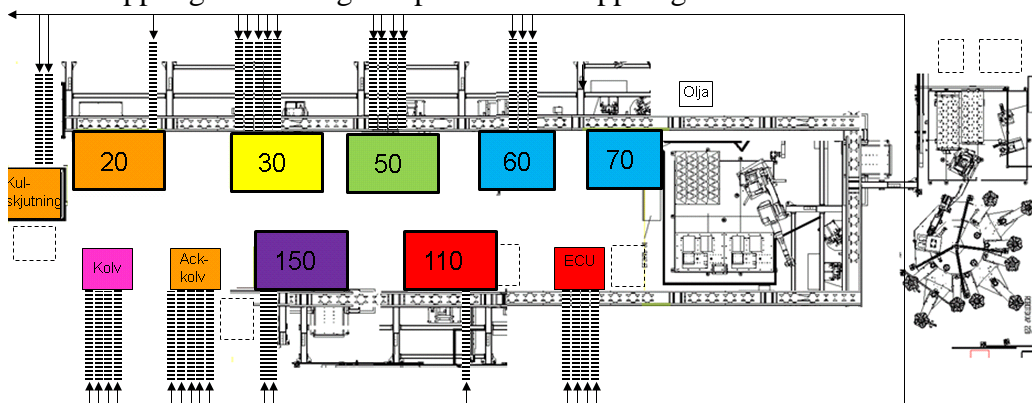
Stora komponenter kommer precis som idag att transporteras på pall till linjen. Vid station 110 och ECU förmontaget kommer det att finnas tillräckligt med plats för pallarna att skjutas under linjen. För att pallarna ska komma i rätt läge finns ett hissbord under pallarna som montören själv kan hissa upp till rätt läge.

Resterande pall-komponenter ställs bredvid stationen där de är mest lättillgängliga.

Mindre komponenter kommer att transporteras till linjen med hjälp av Ergobjörnen. Då variantbyte sker kommer en av hyllvagnarna redan att vara påfyllda med de komponenter som inte är gemensamma. Ergobjörnen byter hyllvagn till den påfyllda och börjar materialpåfyllningen enligt rundan som visas i Figur 17. De nya backarna tillförs på materialbanan medan de gamla placeras på hyllvagnen. Bytet antas gå snabbt och smidigt. När alla komponenter är utbytta har hyllvagnen automatiskt också bytt variant och består av tomma eller halvtomma backar med den varianten som inte körs. Vagnen fylls på och ställs undan i väntan på nästa variantbyte. När ordern körs igång fylls materialbanorna på enligt samma kanban system som idag bortsett från att de tomma backarna hämtas i retrurrännan i stället för i kanbanstället. Då varje backfärg innehåller samma "tidsmängd" komponenter optimeras körningar för Ergobjörnen, de blåa gemensamma backarna hamnar i retrurrännan ungefär samtidigt och likaså de unika komponenterna.

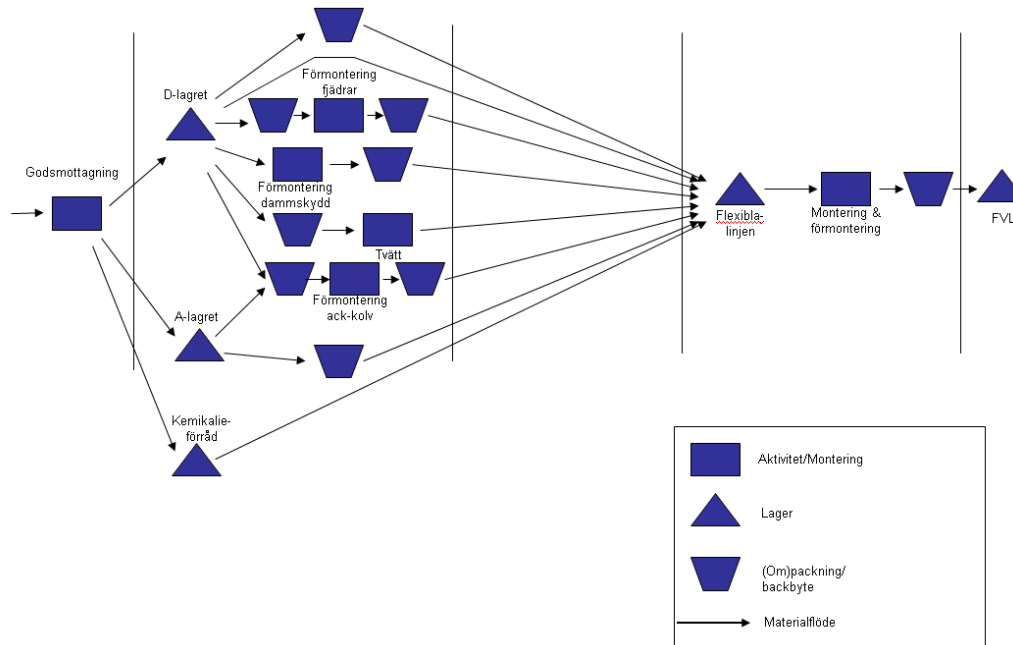
För att Ergobjörnen och truckar ska slippa att köra runt lamellroboten görs en bana mellan linjen och roboten. Lamellpaketen transporteras till banan så högt upp att Ergobjörnen och truckar fritt kan köra under. Denna lösning kortar ner transportlängden och undviker onödiga kollisioner med aktiviteter kring roboten.

Ergobjörnens nya runda gör att samtliga komponenters transportsträcka kommer att bli exakt en linlängd. På grund av den U-formade layouten kommer Ergobjörnen i stort sett att vara tillbaka vid ursprungsläget då materialet är påfyllt. Returkörningen för Ergobjörnen är därmed eliminerad. Då "linjens" backar används vid första ompackningen blir detta den enda ompackningen tills det att kopplingen är färdig och packas för skeppning.



Figur 17 Ergobjörnens körrunda för påfyllning av materialbanorna.

Det nya materialflödet blir betydligt mindre komplext. I Figur 18 visas en materialflödeskarta över hur materialflödet kommer att se ut.



Figur 18 Den flexibla monteringslinjens flödesschema.

7.5.5 Materialförsörjare

För att beräkna hur många materialförsörjare som krävs har uppskattningar gjorts på hur lång tid aktiviteterna tar. Uppskattningarna antas vara rimliga men skulle kunna kompletteras med mer detaljerade tidsstudier för ett ännu trovärdigare resultat. Detta görs inte på grund av examensarbets tidsbegränsning.

Då linjen körs på snabbaste cykeltid, det vill säga 50 sekunder räknas en halv tjänst gå åt för att fylla lamellroboten och en halv tjänst för att hantera Ergobjörnen. Ergobjörnen måste köra rundan två gånger per timme, en gång med gemensamma komponenter och en gång med de unika komponenterna. Förslagsvis görs båda dessa aktiviteter av samma person. Tiden för dessa aktiviteter antas minska omvänt proportionellt mot cykeltiden, detta betyder till exempel att om cykeltiden dubblas till 100 sekunder behövs det endast en halv person för de ovannämnda aktiviteterna.

De komponenter som inte transporteras med Ergobjörnen körs ut med truck eller vagn. Nedan visas en tabell med uppskattade tiderna för de aktiviteter som är involverade i materialförsörjningen med truck eller vagn.

Tabell 3 Aktiviteter som involverar materialförsörjning med truck eller vagn & den tidsåtgång aktiviteterna antas ta.

| Aktivitet | Tidsåtgång (sekunder) |
|--|-----------------------|
| Transport från lagret/tvätten av helpall/vagn till linjen inklusive returkörning tillbaks till lagret. | 180 |
| Transport av navaxel från tvätten till linjen inklusive returkörning | 120 |
| Transport av tom vagn från lamellroboten till lagret, påfyllning av 5 st komponenter samt returkörning till lamellroboten. | 480 |

Varje komponent är packad i en sekundär förpackning alternativt i en helpall. Det är i denna enhet som komponenterna transporteras till linjen. Frekvensen på körningarna till linjen är helt beroende av hur många enheter som ligger i denna förpackning och hur många komponenter som behövs till varje koppling. I Tabell 4 redovisas dessa siffror samt hur tidskrävande varje komponent är. Körningar per timme och tidsåtgång per timme är beräknad då cykeltiden är satt till 50 sekunder. Även här antas tidsåtgången vara omvänt proportionell mot cykeltiden.

Tabell 4 I tabellen visas den totala tidsåtgången per timme i minuter.

| artikel | antal i låda | antal/ koppling | körningar/ h (st) | Tidsåtgång/h (min) |
|---------------|--------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Kopplingshus | 140 | 1 | 0,51 | 1,53 |
| ECU | 38 | 1 | 1,89 | 5,67 |
| Medbringare | 144 | 1 | 0,5 | 1,5 |
| Lamelltrumma | 325 | 1 | 0,22 | 0,66 |
| Navaxel | 63 | 1 | 1,14 | 2,28 |
| totalt | | | | 11,64 |

Antalet komponenter som ska transporteras på en vagn till lamellroboten är uträknade för att räcka till en timmes produktion så att vagnen endast behöver köras en gång i timmen. I Tabell 5 redovisas hur många av varje komponent som ligger i en låda, antal komponenter per koppling, hur många lådor som ska ställas på vagnen och antal komponenter på vagnen. Observera att radialnållager endast kommer att behövas fyllas på var tionde körning.

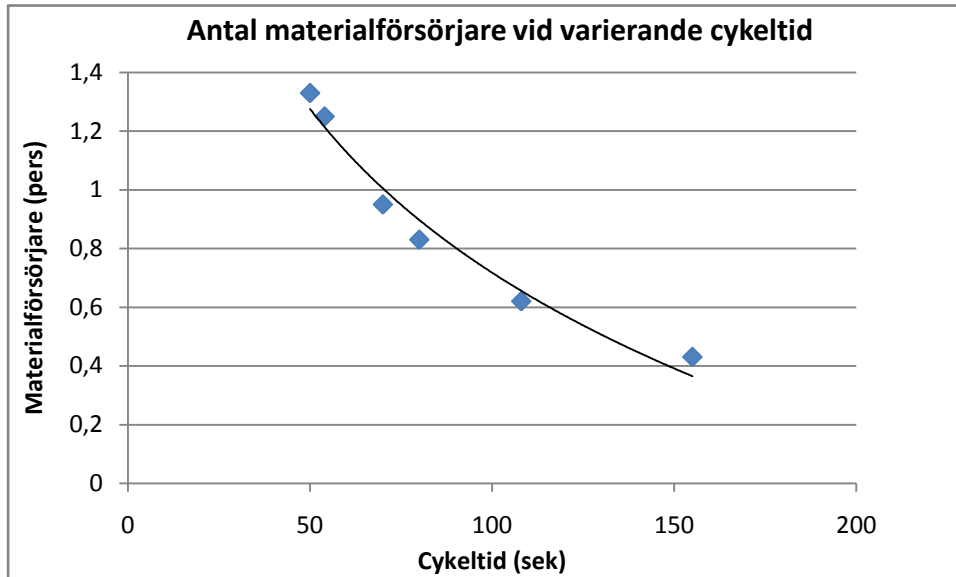
Tabell 5 Artikel information om de artiklar som transporteras på vagn till lamellroboten

| artikel | antal i låda (st) | antal/ koppling (st) | antal lådor/ vagn (st) | antal komp/vagn (st) |
|----------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Ytterlamell | 100 | 11 | 6 | 600 |
| Innerlamell | 100 | 10 | 5 | 500 |
| Axialbricka | 50 | 2 | 2 | 100 |
| Radialnållager | 500 | 1 | 1 | 500 |
| Axialnållager | 110 | 2 | 1 | 110 |

Enligt ovanstående uppskattningar skulle det ta 19,64 minuter att förse linjen med det material som inte transporteras med Ergobjörnen. Denna siffra avrundas uppåt till 20 minuter. I Tabell 6 redogörs hur antalet materialförsörjare minskar med ökad cykeltid, då det som tidigare nämnt antas att tiden minskas proportionellt omvänt mot cykeltiden. Figur 19 visar en graf på dessa beräkningar.

Tabell 6 I tabellen redovisas hur antalet materialförsörjare varierar med linjen.

| cykeltid (sek) | Ergobjörn+robot (pers) | pall+lamellvagn (pers) | materialförsj. (pers) |
|----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 50 | 1 | [1/3] | 1,33 |
| 54 | 50/54 | 25/81 | 1,25 |
| 70 | [5/7] | [5/21] | 0,95 |
| 80 | [5/8] | [5/24] | 0,83 |
| 108 | 25/54 | 25/162 | 0,62 |
| 155 | [10/31] | 10/93 | 0,43 |



Figur 19 Figuren visar en graf på hur antalet materialförsörjare minskar med en ökad cykeltid.

Antalet materialförsörjare som behövs varierar mellan 1,33 och 0,43. De ”delar” av en materialförsörjare som inte används antas kunna göra andra arbetsgifter för att bygga upp hela till en hel tjänst.

8 Resultat

I detta kapitel beskrivs resultatet av den nya linjen. Sist i kapitlet knyts examensarbetets syfte ihop med det erhållna resultatet.

8.1 Kapacitetsflexibilitet

Den flexibla linjen har en hög kapacitetsflexibilitet utan stora förluster i form av onyttjad arbetskraft. Cykeltiden kan varieras mellan 50 och 155 sekunder, vilket betyder att antal producerade kopplingar kan varieras från 72 stycken per timme till 23 stycken per timme. Balanseringsförlusten för samtliga sex cykeltider är under 14 procent vilket kan jämföras med dagens 20 procent.

8.2 Slöserier

Samtliga slöserier som identifierades under nulägesanalysen har antingen reducerats eller eliminerats tack vare den nya layouten och den ändrade materialförsörjningen. Nedan beskrivs i punktform vilka resultaten är.

- Eliminering av kanban- och pallställ har medfört minskade ompackningar och ett enklare materialflöde, vilket minskar slöserierna "onödiga arbetsmoment", "onödiga transporter" och "onödiga rörelser och förflyttningar".
- Den U-formade layouten gör att internttransportsträckan minskar från att ha varit två "linlängder" till att vara en "linlängd". Detta är en minskning av "onödiga transporter".
- Antalet ompackningar är reducerat till att maximalt ske två gånger per komponent. I dagsläget ligger denna siffra på två till fem gånger. Denna åtgärd minskar slöseriet "onödiga arbetsmoment".
- Balanseringsförlusten är reducerad till att vara mellan tre och fjorton procent från dagens 20 procent vilket ger en minskning av slöseriet "väntetid".

8.3 Syftets återkoppling till resultatet

Huvudsyftet med detta examensarbete har varit att designa en kapacitetsflexibel monteringslinje som har så få slöserier som möjligt. Författaren anser att detta syfte är uppfyllt baserat på ovannämnda resultatet. Det sekundära syftet var att klargöra fördelarna i att ta hänsyn till internlogistik under designfasen. Även detta syfte anser författaren är infriat då den "flexibla linjen" har konstruerats med samma ekonomiska förutsättningar som dagens linje sex tack vare en balans mellan logistik och teknik.

9 Diskussion

Diskussionskapitlet inleds med att ge synpunkter på den kapacitetsflexibla linjen. Diskussionerna rör punkter som författaren inte tagit hänsyn till eller valt att försumma. Författaren ger även förslag på "vidare studier" vars syfte är att informera Haldex om var författaren anser att vidare undersökningar bör göras.

9.2 Synpunkter kring den kapacitetsflexibla monteringslinjen

Trots att den flexibla linjen har många fördelar finns det givetvis även en del synpunkter rörande den nya linjen. Dessa punkter diskuteras nedan.

9.2.1 Upplärningstid

Då montörer i de flesta fall kommer att röra sig mellan stationer kommer upplärningstiden att förlängas något. Det finns även en risk att montörerna rör sig fel vilket kan innebära att de inte hinner klart på angiven tid. Författaren ser dock inte några problem med montörerna måste lära sig fler stationer då samtliga montörer i dagsläget hanterar alla stationer.

9.2.2 Materialbrist

Lagret intill linjen kommer att vara något mindre än tidigare då kanban och pallstället plockas bort. Detta innebär att risken för materialbrist kommer att bli större. Å andra sidan blir det tydligare för materialförsörjare vilka komponenter som börjar ta slut och därmed kan bristen åtgärdas snabbare. Detta resonemang handlar till stor del om lean-filosofin och den japanska sjön³² där huvudidén är att synliggöra problem. Genom just reduktion av lager intill linjen kommer materialbehovet och materialflödet till linjen bli tydligare. Risken för stillestånd på grund av materialbrist anses därför vara som störst precis i början och minska allteftersom materialpåfyllaren blir van vid den nya situationen.

9.2.3 Transporttid mellan stationer

Tiden det tar för montören att gå mellan stationerna har författaren inte tagit hänsyn till. Anledningen till varför denna tid har försummats är delvis för att den inte tagits hänsyn till i dagens SAM-analys (observera att transporttid för montörer är betydligt ovanligare i nuläget) och för att författaren inte tror att transporttiden kommer ha en inverkan på totaltiden av ett moment. Detta resonemang kan tyckas brista varför författaren föreslår att en ny SAM-analys görs när den fysiska linjen är byggd.

³² Oskarsson et al, sida 150

9.2.4 Förmontering

Var förmonteringen skall placeras är en svår fråga. Fördelarna med att beblanda förmontering i linjen är att det skapar möjligheter till kapacitetsflexibilitet då fler kombinationer av stationer kan göras. Nackdelarna är eventuella förändringar, till exempel om leverantörer tar över förmonteringen. Författaren valde att montera samma moment som monteras i dagens linje sex, detta beslut togs för att underlätta jämförelsen mellan linorna och inte för att detta var den optimala lösningen. Det kan därför finnas anledning att granska förmonterings placering ytterligare.

9.3 Vidare studier

I detta stycke diskuteras de områden som uppkommit under arbetets gång men som författaren inte har kunnat fördjupa i sig i på grund av tidsbrist.

9.3.1 Fabrikens materialförsörjning

Detta examensarbete avgränsades till att finna slöserier kring linje sex. Författaren anser att ännu fler slöserier skulle kunnats reducerats om hela fabriken materialförsörjning hade designats om. Utmaningen med att göra detta är givetvis att förhållanden ständigt ändras.

9.3.2 Flexibilitet

I denna studie har det endast tagits hänsyn till att öka kapacitetsflexibiliteten. Haldex Traction Systems kopplingar har en relativt kort livslängd varför både produktflexibilitet och utrustningsflexibilitet hade varit önskvärt. Genom att höja dessa båda flexibilitetsbegreppen anser författaren att det hade funnits en möjlighet att snabbare reagera på marknads efterfrågan och sänka investeringskostnaden för att introducera en ny produkt. Som nämnts i teorin kostar flexibilitet pengar men en noga övervägning bör göras om inte intäktssidan kan ökas ännu mer.

9.3.3 Automationsnivå

Haldex monteringslinjer har en hög automationsnivå. Automationen kostar mycket pengar i form av höga investeringskostnader. Det råder frågetecken kring om Haldex valt att automatisera rätt moment i linjen. Visserligen är momentet som lamellroboten utför tidskrävande och kräver hög precision men samtidigt blir roboten dyr och invecklad. Författaren uppmuntrar till en studie kring detta område, gärna sett med "nya" ögon då risker finns att Haldex personal inte ser möjligheterna objektivt.

9.3.4 Ifrågasätt linjeproduktion

En intressant och bred ifrågasättning är om Haldex överhuvudtaget ska ha linjeproduktion. Den maskinella utrustningen liknar varandra på många av den nuvarande monteringslinjens stationer varför möjligheterna med en funktionell verkstad hade varit intressant att undersöka. Författaren tror att det finns stora besparingar att göra på investeringskostnaden, dock kommer materialhanteringen bli avsevärt mer komplex.

9.3.5 Utnyttjande av lamellrobot

I dagsläget monterar både linje fyra och sex Haldexs generation fyra kopplingar. Både linorna har därför en lamellrobot. Kapaciteten på lamellrobotarna ligger över linornas kapacitet. För att dra ner investeringskostnaden för den kapacitetsflexibla linjen skulle det vara intressant att undersöka möjligheten att låta linje fyra och sex lamellrobotar buffra upp lamellpaket till den nya linjen. Materialhanteringen skulle bli något mer avancerad vilket skulle behöva vägas mot besparingar i investeringskostnad.

9.3.6 Maskinell utrustning

Författaren föreslår att en vidare studie bör göras av vilken maskinell utrustning som är mest optimal. Som tidigare nämnt finns det maskiner som liknar varandra på ett flertal stationer varför det kan finnas stora besparingar i att undersöka om maskinparken kan minskas ner. Denna undersökning kräver en noga övervägning kring hur en minskning i maskinparken minskar möjligheterna till kapacitetsflexibilitet.



10 Referenslista

Litteratur

Axsäter, S. (1991) *Lagerstyrning*. Lund. Studentlitteratur.

Backman, J. (1998) *Rapporter och uppsatser*. Lund. Studentlitteratur.

Björklund, M. och Paulsson, U. (2003) *Seminariehandboken -att skriva, presentera och opponera*. Lund. Studentlitteratur.

Holme, I. och Solvang, B. (1997) *Forskningsmetodik -Om kvalitativa och kvantitativa metoder*. Lund. Studentlitteratur.

Mattsson, S-A och Jonsson, P. (2003) *Produktionslogistik*. Lund. Studentlitteratur

Oskarsson, B., Aronsson, H. och Ekdahl, B. (2006) *Modern Logistik -för ökad lönsamhet*. Malmö. Liber AB

Ståhl, J-E. (2007) *Industriella Tillverkningsystem -länken mellan teknik och ekonomi*. Lund. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.

Womack, J., Jones, D. and Roos, D. (2007) *The Machine that changed the world -the story of lean production*. New York. Free press.

Artiklar

Hines, P. and Rich, N. (1997) "The seven value stream mapping tools"
International Journal of Operations & Production Management. Vol. 7. No. 1.
page 46-64

Företagsinterna källor

Dantoft, J-E. et al (2006) *The Haldex Way*. Stockholm. Alfa Print AB

Muntliga källor

Söderberg Martin. *Production Logistics Development*. Haldex Traction Systems. Landskrona. löpande intervjuer augusti - oktober 2008

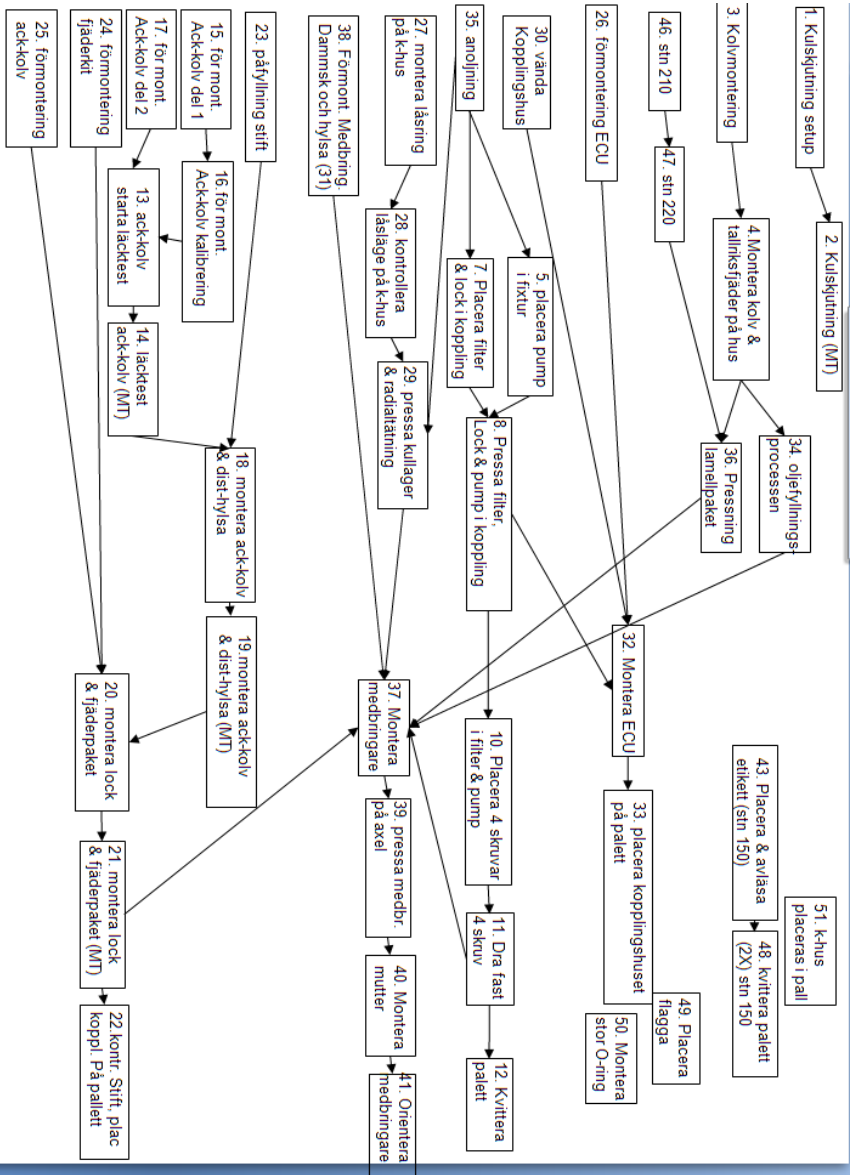
Elektroniska källor

Haldexs hemsida, *Historia Traction Systems*. Hämtad från <http://www.haldex.com/sv/GLOBAL/Om-Haldex/The-Haldex-business/Traction-Systems/>. Hämtad den 29 oktober 2008

Haldexs hemsida, *historia Haldex koncernen*. Hämtad från <http://www.haldex.com/sv/GLOBAL/Om-Haldex/Facts-about-Haldex/>. Hämtad den 29 oktober 2008

Wikipedia den fria encyklopedin, *Lean Production*, Hämtad från http://sv.wikipedia.org/wiki/Lean_production, den 13 december 2008

Bilaga A



Bilaga B

| station | moment | t | $\sum t$ | $\sum t$ utan MT |
|---------|--------|------|----------|------------------|
| 20 | 3 | 27,7 | 27,7 | |

| | | | | |
|----|----|-------|-------|--|
| 30 | 5 | 6,66 | 50,22 | |
| | 7 | 4,32 | | |
| | 8 | 11,88 | | |
| | 10 | 5,04 | | |
| | 11 | 21,24 | | |
| | 12 | 1,08 | | |

| | | | | |
|----|----|-------|-------|------|
| 50 | 18 | 8,64 | 53,28 | 39,6 |
| | 19 | 10,44 | | |
| | 20 | 5,76 | | |
| | 21 | 20,52 | | |
| | 22 | 6,12 | | |
| | 23 | 1,8 | | |

| | | | | |
|----|----|------|----|--|
| 60 | 27 | 8,1 | 18 | |
| | 28 | 5,22 | | |
| | 29 | 4,68 | | |

| | | | | |
|----|----|-------|-------|--|
| 70 | 30 | 8,82 | 30,96 | |
| | 32 | 21,06 | | |
| | 33 | 1,08 | | |

| | | | | |
|-----|----|-------|-------|--|
| 110 | 36 | 13,32 | 34,38 | |
| | 37 | 5,58 | | |
| | 39 | 9,18 | | |
| | 40 | 4,14 | | |
| | 41 | 2,16 | | |

| | | | | |
|-----|----|------|-------|--|
| 150 | 43 | 6,48 | 19,62 | |
| | 48 | 2,16 | | |
| | 49 | 2,52 | | |
| | 50 | 2,34 | | |
| | 51 | 6,12 | | |

| station | moment | t | $\sum t$ | $\sum t$ utan MT |
|--------------|--------|-------|----------|------------------|
| kulskjutning | 1 | 18 | 33,12 | 18 |
| | 2 | 15,12 | | |

| | | | | |
|----------|---|------|------|--|
| kolvmont | 3 | 18,9 | 18,9 | |
|----------|---|------|------|--|

| | | | | |
|-------------|----|-------|-------|--|
| förmont ECU | 26 | 12,24 | 12,24 | |
|-------------|----|-------|-------|--|

| | | | | |
|----------------|----|------|-------|--|
| förmont medbr. | 38 | 15 | 17,34 | |
| | 31 | 2,34 | | |

| | | | | |
|------------------|----|-------|-------|-------|
| förmont ack-kolv | 13 | 1,08 | 40,32 | 30,24 |
| | 14 | 10,08 | | |
| | 15 | 12,96 | | |
| | 16 | 3,78 | | |
| | 17 | 12,42 | | |

| | | | | |
|-----------------|----|----|----|--|
| förmont. Fjäder | 24 | 10 | 10 | |
|-----------------|----|----|----|--|

| | | | | |
|------------------|----|---|---|--|
| förmont ack-kolv | 25 | 5 | 5 | |
|------------------|----|---|---|--|

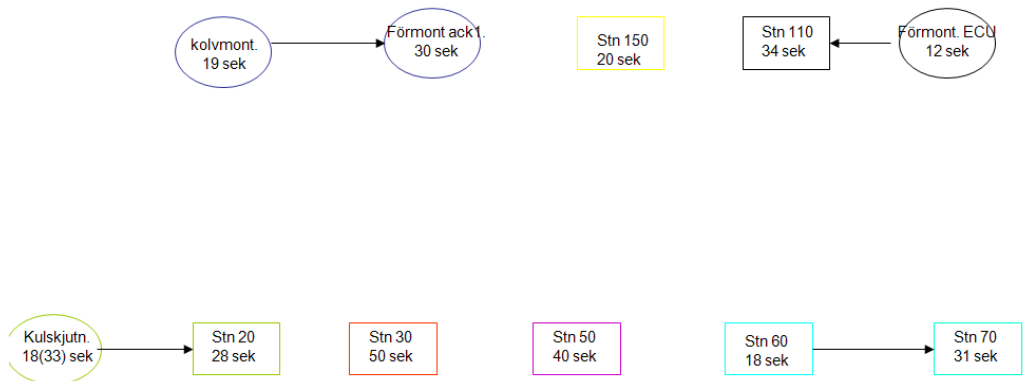
Bilaga C

- Stn 1, 46 sek
- Stn 2, 50 sek
- Stn 3, 49 sek
- Stn 4, 40 sek
- Stn 5, 20 sek
- Stn 6, 49 sek
- Stn 7, 46 sek

Cykeltid 50 sek

Balanseringsförlust: 14%

Antal operatörer: 7st

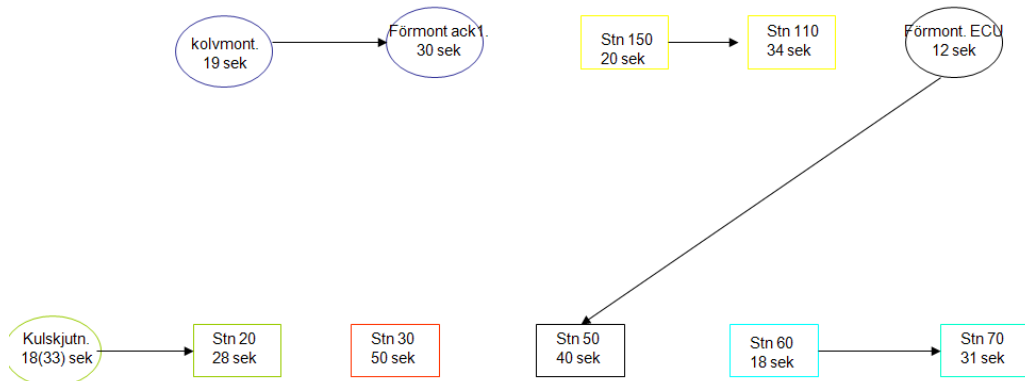


- Stn 1, 46 sek
- Stn 2, 50 sek
- Stn 3, 49 sek
- Stn 4, 54 sek
- Stn 5, 49 sek
- Stn 6, 52 sek

Cykeltid 54 sek

Balanseringsförlust: 7%

Antal operatörer: 6st

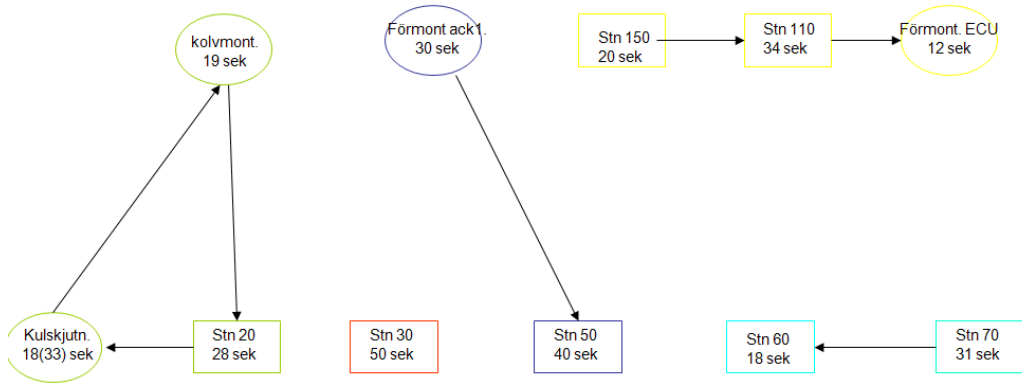


- Stn 1, 65 sek
- Stn 2, 50 sek
- Stn 3, 70 sek
- Stn 4, 66 sek
- Stn 5, 49 sek

Cykeltid 70 sek

Balanseringsförlust: 14%

Antal operatörer: 5 st

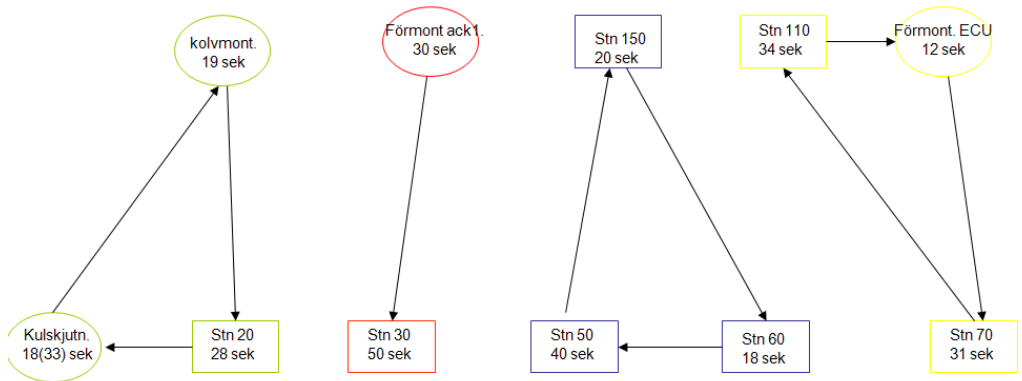


- Stn 1, 65 sek
- Stn 2, 80 sek
- Stn 3, 78 sek
- Stn 4, 77 sek

Cykeltid 80 sek

Balanseringsförlust: 6%

Antal operatörer: 4st

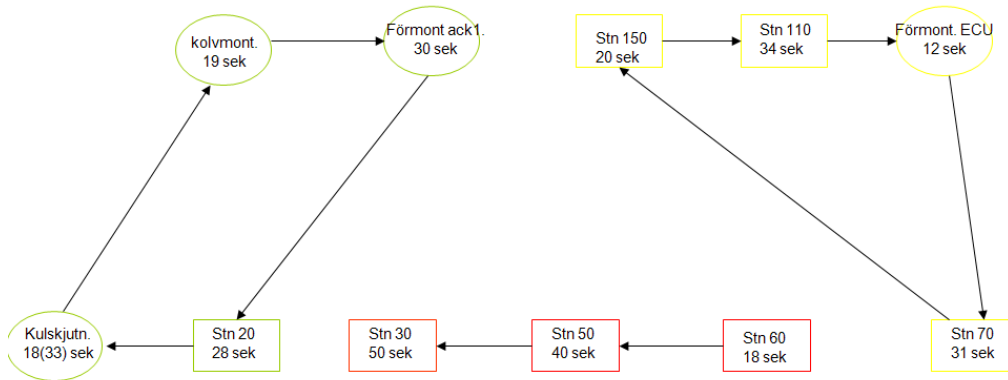


- Stn 1, 95 sek
- Stn 2, 108 sek
- Stn 3, 97 sek

Cykeltid 108 sek

Balanseringsförlust: 7%

Antal operatörer: 3 st

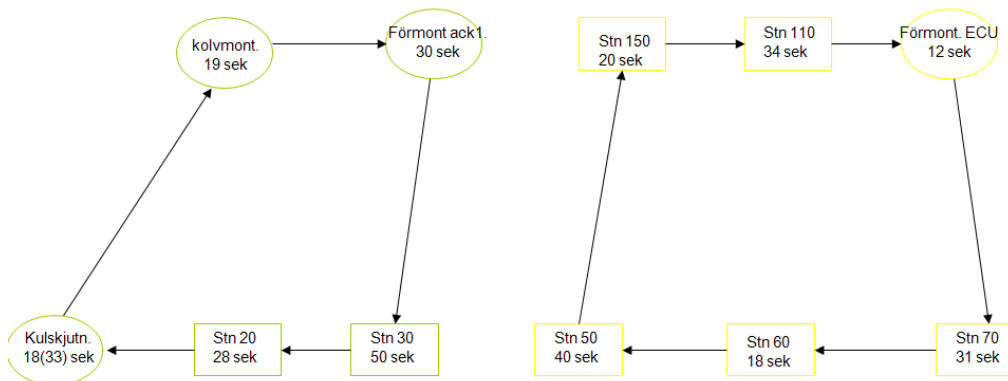


- Stn 1, 145 sek
- Stn 2, 155 sek

Cykeltid 155 sek

Balanseringsförlust: 3%

Antal operatörer: 2 st

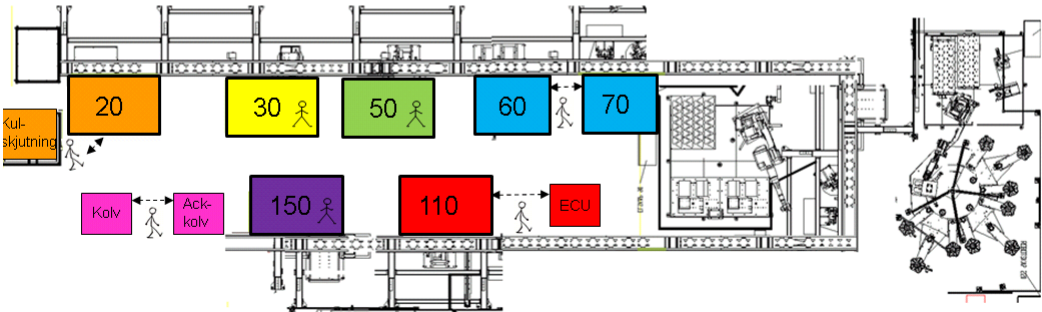


Bilaga D

Cykeltid 50 sek

Balanseringsförlust: 14%

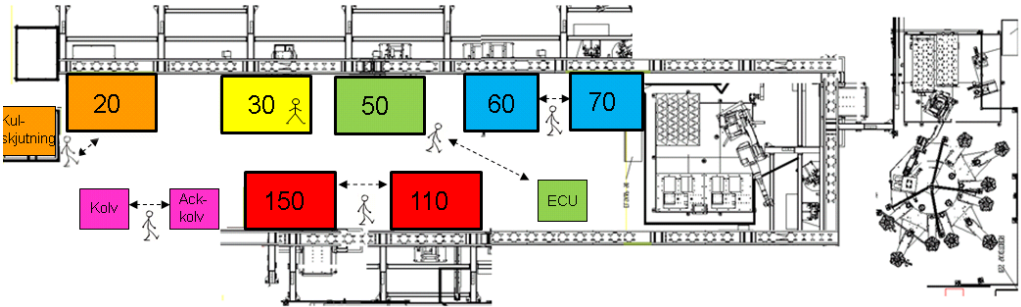
Antal operatörer: 7st



Cykeltid 54 sek

Balanseringsförlust: 7%

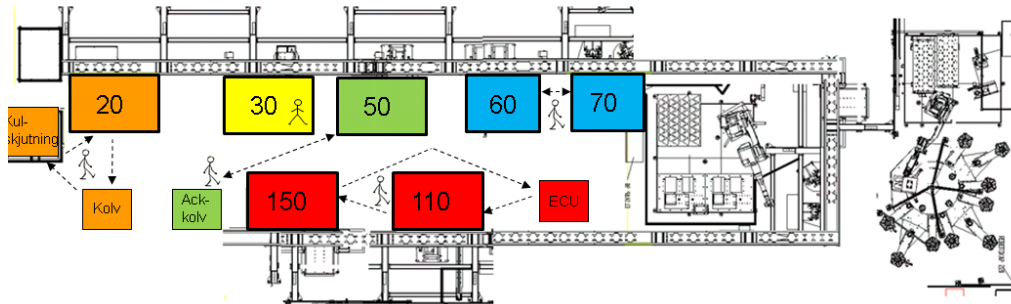
Antal operatörer: 6st



Cykeltid 70 sek

Balanseringsförlust: 14%

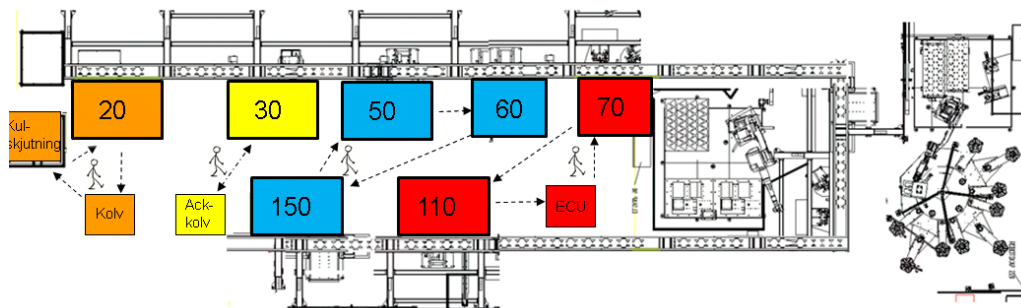
Antal operatörer: 5 st



Cykeltid 80 sek

Balanseringsförlust: 6%

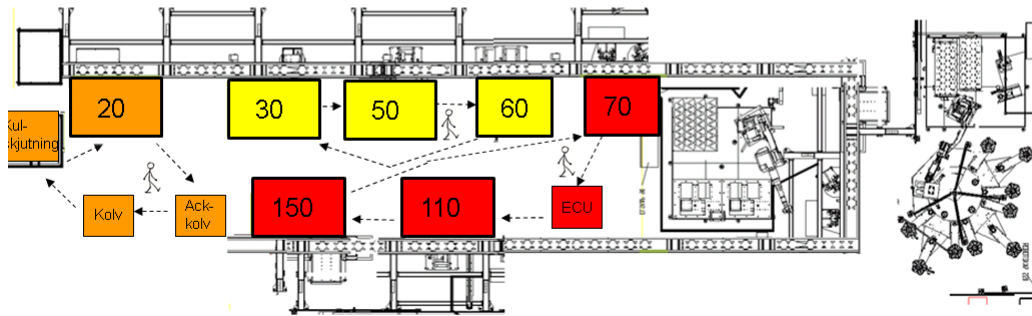
Antal operatörer: 4 st



Cykeltid 108 sek

Balanseringsförlust: 7%

Antal operatörer: 3 st



Cykeltid 155 sek

Balanseringsförlust: 3%

Antal operatörer: 2 st

