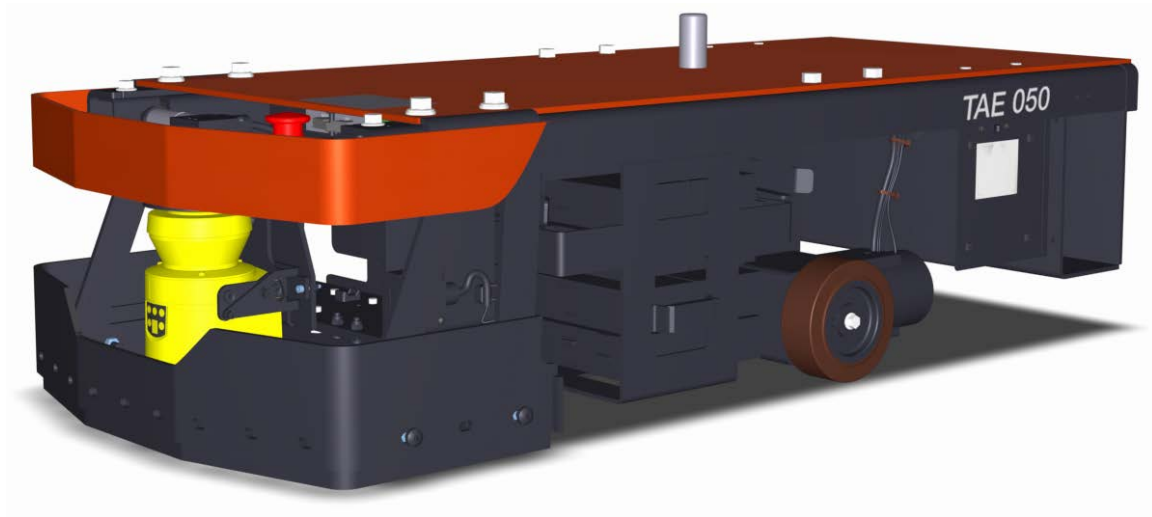




Utredning av automatiserade transporter

Modell för AGC

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet, Maskinteknik

OLGA HANSSON

Utredning av automatiserade transporter. Modell för AGC
Olga Hansson

© Olga Hansson, 2017

Technical report no xxxx:xx
Department of Product and Production Development
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg Sweden
Telephone + 46 (0)768–057092

Sammanfattning

Examensarbete har genomförts på Volvo Lastvagnar - en av världsledarna i lastbilsindustrin. Konkurrensen i den branschen är stor och det motiverar till konstant utveckling och förbättring av processer. Tuvefabriken vill höja effektiviteten och noggrannheten av transporter samt reducera ergonomiska problem och minimera säkerhetsrisker.

I Tuvefabriken finns det ett stort intresse av automation, bland annat automatiska transporter. Typer av automatiserade transporter är kända, men det är otydligt i vilka fall automationen skall tillämpas. I examensarbetet avgränsades automatiska transporter till Automated Guided Cart eller AGC. Det är en flexibel och billig lösning för lätta transporter. Företaget vill ta fram en modell som kan användas som riktlinjer vid automatisering. Den skall testas på några stationer i fabriken.

Examensarbete genomfördes i form av fallstudie med teoretiska kopplingar till Lean Production och Human Centred Automation. Triangulering eller tillämpning av olika metoder (t.ex. intervjuer och observationer, benchmarking och litteraturstudier) användes vid undersökningen för att höja validiteten av resultat.

Examensarbetet utfördes i fyra delar: utveckling av modell, val av område, förbättringar och kostnadsuppskattning. Resultat av varje del analyserades. Sex olika flöden betraktades. Bilder från varje område presenteras i bilaga. I diskussionsdelen besvaras två huvudfrågor: när automationen skall ske och om det är lönsamt för företaget att investera i automation.

Abstract

Thesis work was performed at Volvo Trucks – one of the leaders in the automotive industry. Competition level in this branch of industry is high and that is the motivation for continuous process development and improvement at the company. The company wants to check the possibilities of efficiency and accuracy improvement, as well as solving ergonomic problems and safety risks.

Automation is one of possible solutions. Management at the Tuve plant is very interested in automation, especially automated transports. Different types of these transports are known but it is still unclear when the tasks should be automated. Automated transport this thesis work is defined to is Automated Guided Cart or AGC. It is a flexible and cheap solution for light transports. The company wants a model to be developed. It is planned to use it as a guide line by the attempts of automation. The model should be tested at several stations at the plant.

The thesis work was performed in the form of case study with theoretical background within Lean Production and Human Centred Automation. Triangulation or application of different methods (for example, interviews and observations, benchmarking and literature studies) was used during the investigation to raise the level of the result validity.

The thesis work was divided in four parts: development of the model, selection of the station, improvements, and cost estimation. The results from every part were analysed. Six different flows were considered. Pictures of the stations are presented in the appendix. Two key points were discussed: when the tasks should be automated and if the automation is profitable for the company.

INNEHÅLLSFÄRTECKNING

1. Introduktion.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte och mål	8
1.3 Precisering av frågeställningen.....	8
1.4 Avgränsningar.....	9
1.5 Studieområde	9
2. Teoretiskt referensnamn.....	11
2.1 The Toyota Production System och Lean Production	11
2.1.1 Värdehöjande och icke värdehöjande aktiviteter	11
2.1.2 Tre slöserikällor: Muda / Mura / Muri	12
2.2 Automation.....	12
2.2.1. Human-Centred Automation.....	13
2.3 Automatiserade transporter	13
2.3.1 Automated Guided Transport (AGT) och Automated Guided Vehicle (AGV)	14
2.3.2 Automated Guided Cart (AGC).....	14
3. Metod	16
3.1. Delmetoder	16
3.1.1 Litteraturstudier	17
3.1.2 Observationer.....	17
3.1.3 Intervjuer	18
3.1.4. Benchmarking.....	19
3.1.5. Värdeflödesanalys (VSM)	19
3.1.6 Spagettidiagram	20
3.1.7 Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA)	20
3.2 Genomförandet.....	20
4. Resultat.....	25
4.1. Del A. Utveckling av metod	25
4.1.1. Analys av modellen.....	28
4.2. Del B. Val av ett område.....	28
4.2.1. Analys av valda stationer.....	33
4.2.2 Nuvarande tillstånd av det valda området.....	33
4.3. Del C. Förbättringar	36
4.3.1. Analys av förbättringar	38
4.4. Del D. Kostnadsuppskattning	39

5.	Diskussion.....	40
6.	Slutsats	42
7.	Källförteckning.....	43
8.	Appendix.....	45
		45

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1. Dörrfixturer och fotstegsvagnar vid förbrukningspunkt	9
Figur 2 och 3. Dörrfixturer vid segment 2	10
Figur 4 och 5. Bilder på AGC (leverantör Toyota Industries) från AGC Implementation Handbook, 2017	15
Figur 6. Delmetoder tillämpades vid olika tidsperioder	17
Figur 7. Visualisering av genomförandet av examensarbetet.....	21
Figur 8. Förtydligande av figur 1.....	22
Figur 9. Steg 1 i modellen uppskattar behov av AGC	26
Figur 10. Steg 2 i modellen är en utvärderingsmodell	27
Figur 11. Steg 3 – Results and Recommendations	27
Figur 12. Ventilförmonteringsstation har inte gått igenom steg 1 i modellen	29
Figur 13. Växellådsbalkförmonteringsstation har inte gått igenom steg 1 i modellen	29
Figur 14. Bladfjäderförmonteringsstation har fått förhinder under steg 2 i modellen	30
Figur 15. Front Shelf förmonteringsstation har visat bra resultat på steg 2.....	31
Figur 16. Resultat från steg 1 för dörrfixturförflyttning	31
Figur 17. Resultat och Rekommendationer för dörrfixturförflyttning	32
Figur 18. Resultat från steg 1 för fotstegsförflyttning.....	32
Figur 19. Resultat and Rekommendationer för fotstegsförflyttning.....	33
Figur 20. VSM för dörrfixturförflyttning	34
Figur 21. VSM för fotstegsförflyttning.....	34
Figur 22. Spagettidiagram för dörrfixturförflyttning och fotstegsförflyttning	35
Figur 23. HTA-analys för dörrfixturförflyttning	35
Figur 24. HTA-analys för fotstegsförflyttning	36
Figur 25. VSM karta över framtidsläge.....	36
Figur 26. Spagettidiagram över framtidsläge	37
Figur 27. Spagettidiagram över sekvensen av arbetsuppgifter på monteringslinan	37
Figur 28. HTA över framtidsläge.....	38

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1. Sammanfattning av resultat	28
--	----

1. Introduktion

Intresset för automatiserade transporter stiger. Ur ett forskningsperspektiv är frågan om automatiserade transporter viktig för att automation kan eliminera monotona arbetsuppgifter för operatörer, förbättra ergonomi och säkerhets, höja kvalitet och tidsnoggrannhet (Fasth Berglund, 2016). Detta kapitel kommer att beskriva bakgrunden till examensarbetet, framställa syfte och mål, precisera frågeställningen och göra avgränsningar. Studieområdet kommer att presenteras med hjälp av text och bilder.

1.1 Bakgrund

Examensarbetet genomfördes på Volvo Lastvagnars monteringsfabrik i Tuve. Konkurrensen i den branschen är stor och därför sker konstant utveckling och förbättring av processer på företaget.

Välbefinnandet hos de anställda är viktigt för företaget. Idag förflyttas tunga pallar och vagnar manuellt eller med gaffeltruckar. De hanteringarna kräver extra resurser, kan leda till ergonomiska problem och medför ofta säkerhetsrisker. Förflyttningar kan orsaka tidsvariation och förseningar. Det resulterar i väntan, tidsförluster, stress hos montörer och som resultat negativa påverkan på arbetsmiljö och kvalitet. Företaget vill höja effektiviteten och noggrannheten av leveranser samt lösa ergonomiska problem och eliminera säkerhetsrisker.

Automatisering av transporter kan eventuellt vara en lösning på problemet. Den här rapporten kommer att beskriva utveckling av modellen som innehåller riktlinjer vid införandet av Automated Guided Cart eller AGC.

Det finns några automatiseringslösningar redan i Tuve-fabriken. Automated Guided Vehicle (AGV) är ett exempel där transportören fungerar som fixtur. AGV lösningen används bland annat för chassimontering. I nuläget pågår en utredning angående införandet av Automated Guided Transport (AGT) för att förflytta hytter mellan två monteringsområden. Inom Volvokoncernen finns några exempel på tillämpningar av Automated Guided Cart (AGC) vid materialtransport från kitting område till monteringslinan samt mellan förmontering och montering. Detta är ännu inte implementerat i Tuve-fabriken.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att genomföra en utredning om behovet av automatiserade transporter mellan stationer. Fördelar med automatiserade förflyttningar skall diskuteras.

Målet är att utveckla en modell som kan användas som riktlinje vid införandet av AGC. Den kommer att testas på flera stationer på företaget och resultatet kommer att diskuteras. Ett område kommer att väljas för vidareutveckling. Ett konkret förslag på AGC implementering kommer att presenteras.

1.3 Precisering av frågeställningen

I vilka situationer är det lämpligt att automatisera förflyttning av artiklar med AGC?

Är det lönsamt för företaget att införa AGC?

1.4 Avgränsningar

Fokus ligger på implementering av AGC - Automated Guided Cart. Den typen av automatiserade transporter kommer att diskuteras utförligt i teoretiska delen. AGV och AGT lösningar kommer att nämnas kort. Processjämförelse avgränsas till intern processjämförelse inom Volvo AB. Endast preliminär kostnadsuppskattning kommer att göras. Varken ergonomi eller riskanalys genomfördes.

1.5 Studieområde

Processen som analyserades ingående var förflyttning av dörrfixturer och fotsteg på hyttmontering.



Figur 1. Dörrfixturer och fotstegsvagnar vid förbrukningspunkt

Hyttmontering är uppdelad i två segment. Dörrfixturer och fotsteg transporteras mellan dem. I början av segment 1 plockas fixturer och fotsteg från transportrack och installeras på hyttens monteringsunderrede. I slutet av segment 2 lyfts de av och placeras på respektive transportrack för retur till segment 1.



Figur 2 och 3. Dörrfixturer vid segment 2

Förflyttningen av dörrfixturer utförs av en gaffeltruck som kommer till monteringslinan, hämtar och lämnar transportracken. Vagnar med fotsteg transporteras manuellt av operatör från segment 1. Transportrack med dörrfixturer och vagnar med fotsteg står bredvid varandra vid förbruknings punkten (point of use). För en hytt krävs en dörrfixtur och två fotsteg - höger och vänster.

2. Teoretiskt referensnamn

Den teoretiska referensramen kommer att innehålla

Toyota Production System (TPS) och Lean Production, automation samt automatiska transporter (där AGC är en typ av automatisk transport). TPS kommer att nämnas på grund av många företag är villiga att applicera Lean principer i sina verksamheter. Principer och mål med Lean Production kommer att diskuteras. Begreppet värdeadderande aktiviteter och tre typer av slöserikällor kommer sedan att ges.

En av Lean huvudprinciper är respekt för människor. Ett sätt att stödja anställda på företaget är att automatisera tunga och monotona arbetsuppgifter. Definitionen av automation och Human Centred Automation kommer att ges.

AGC är en lösning på automatiska transporter. Olika typer av automatiska transporter kommer att nämnas kort och viktiga faktorer för AGC kommer att betraktas detaljerat.

2.1 The Toyota Production System och Lean Production

TPS är en filosofi eller en företagskultur hos biltillverkare Toyota (Hågeryd, 2005).

Lean Production eller resurssnål produktion är i stort sett en västerländsk benämning på Toyota Production System (ibid.). Det är ett management system som fokuserar på att uppnå flödet som levererar exakt den produkten eller tjänsten kunden vill få, i rätt mängd och vid en rätt tidpunkt (Slack, 2016). Företaget försöker uppnå hög effektivitet med så få resurser som möjligt (ibid.).

Lean Production baseras på två huvudprinciper: ständiga förbättringar och respekt för människor (Emiliani, 2004). Huvudtanken med ständiga förbättringar eller kaizen (japansk benämning) är att ingen process är tillräckligt bra och att det alltid finns utrymme för förbättringar (Hågeryd, 2005). Förmåga att vara flexibel och ständigt utvecklas är ett tydligt tecken på att företaget kan anpassa sig till växlande omständigheter på marknaden (ibid.). Respekt för människor är den andra huvudprincipen inom Lean Production. Lagarbete och ledarens engagemang står i centrum (Emiliani, 2004).

Lean Production har två huvudmål: eliminera slöseri och skapa värde för kunden (Emiliani, 2004). Dessa kommer att beskrivas vidare nedan.

2.1.1 Värdehöjande och icke värdehöjande aktiviteter

Enligt J.K. Liker består varje produktionsprocess av värdehöjande aktiviteter, icke värdehöjande men nödvändiga aktiviteter och icke värdehöjande aktiviteter som ska minskas eller elimineras. Värdehöjande aktiviteter tillför kunden värde (Liker, 2009). De utgör oftast den minsta delen av processen. Icke värdehöjande aktiviteter höjer kostnad av produktionsprocessen men inte värde för kunden. Icke värdehöjande aktiviteter utgör den största delen av hela processen. Lean production fokuserar på minskning eller eliminering av icke värdehöjande aktiviteter (ibid.).

2.1.2 Tre slöserikällor: Muda / Mura / Muri

Tre slöseri källor med japanska benämningar brukar pekats ut vid diskussion av slöserieliminering.

Första slöserikällan är mura (Liker, 2009). Det är en japansk benämning för ojämnheter eller variation. Variation orsakas av överbelastningen på människor, stora variationer i produktionsprocesser och i balansering. Det leder till exempel till stora lager och kvalitetsfel. Det försvårar en detaljerad produktionsplanering. För att jämna ut flödet och skapa ett förutsägbart system skall ett standardiserat arbetssätt införas. Det innebär att olika operatörer utför samma arbetsuppgifter på identiskt sätt. Som följd till mura uppstår muda eller slöseri (ibid.).

Till muda tillhör kostnadshöjande men icke värdeskapande aktiviteter (Emiliani, 2004). Åtta typer av slöseri utsöndras: överproduktion, väntan, onödiga transporter, överarbetning, överlager, onödiga arbetsmoment, defekter och outnyttjad kreativitet hos de anställda. Eliminering av slöseri kan uppnås med enstycksflöde som gör processerna flexibla och lättanpassade till efterfrågan (ibid.). I detta examensarbetet kommer slöseri "onödiga transporter" och delvis "lager" betraktas. Enligt N. Modig och P. Åhlström kräver transporter resurser och höjer ledtider. Transporter, bland annat mellan processerna, bör undvikas (Modig, 2012). Ett sätt att lösa det är att ändra layout på arbetsplats. Lagerhållning höjer kostnader och upptar golvyta. Det är ett sätt att dölja problem inom företaget (ibid.).

Muri är tredje källa. Den betyder överbelastning på maskiner och människor (Liker, 2009). För maskiner innebär överbelastning snabbt slitage och som resultat stillstånd och väntetider. Överbelastning på människor medför kvalitetsproblem, ergonomi- och säkerhetsrisker (ibid.).

2.2 Automation

Automation kan definieras som situation när en maskin utför de uppgifter som tidigare tillhörde operatörens uppgifter (Parasuraman, 1997). Automation av tids- och resurskrävande fysiska funktioner är vanlig (ibid.). Raja Parasuraman som i sin artikel "Humans: Still vital after all these years of automation" påstår att en stor andel av uppgifter kan automatiseras nuförtiden. Det som är otydligt och situationsberoende är när uppgifter ska automatiseras (Parasuraman, 2008). Lianne Bainbridge pratar om automationens ironier och lyfter en fråga om uppgifter som operatören har kvar i automatiserade systemet (Bainbridge, 1983). Hon nämner två typer av uppgifter:

- Att övervaka systemet om det fungerar felfritt
- Att ta över om något fel inträffar

Problemet är att även en erfaren operatör tappar skicklighet om uppgifter inte utförs manuellt under en lång tidsperiod. Frågan som ställs är om uppgifter som förväntas att tas över i kritiska situationer kan utföras av en oerfaren operatör (ibid.).

2.2.1. Human-Centred Automation

Thomas B. Sheridan pratar om Human - Centred Automation och påstår att automation finns för att stödja människans prestationsförmåga och systemförståelse. Det nämns tio faktorer som definierar Human-Centred Automation. Nedan beskrivs fyra faktorer som är relevanta till detta examensarbetet.

1. Allocating to the human tasks best suited to the human, allocating to the automation tasks best suited to it (Sheridan, 1995).

År 1951 Fitts gjort en lista som beskriver uppgifter där människa överträffar automation eller tvärtom. Generellt sett är människor mer flexibla och kreativa. De är kapabla att se helheten till skillnad från en maskin (Osvalder, 2015). Människor kan göra bedömningar utifrån ofullständig information. Automation är skicklig på monotona upprepade uppgifter. Maskiner är mer förutsägbara än människor när det gäller precision och kraft, samt snabb reaktion (ibid.).

2. Making the human operator's job easier, more enjoyable, or more satisfying through friendly automation (Sheridan, 1995).

Automation skall stödja människor i arbetet. Riskfyllda arbetsuppgifter skall automatiseras (Osvalder, 2015). Hög belastning med fysiskt tunga uppgifter kan minskas med hjälp av automatiserade tekniken. Tidskrävande uppdrag med strikta tidsramar kan orsaka stress och nervositet hos operatörer vilket i sin tur kan leda till kvalitetsbrist och olyckor. Automation kan betraktas som eventuell lösning i det fallet (ibid.).

3. Generating trust in the automation by the human operator (Sheridan, 1995).

I artikeln "Trust in Automation" nämns några faktorer som påverkar operatörens förtroende i automation. Det är bland annat förståelse av hur automation fungerar och anledning till automatisering av vissa uppgifter (Hoffman, 2013). Vänlighet och öppenhet för nya teknologier är viktiga, samt nivån på hur snabbt operatören kan återta kontroll över situationen om något går fel. Förtroende i automation kan försvinna fort under tidspress eller vid närvaro av uppenbara fel (ibid.). Operatören väljer att inte använda automatiserade lösningar om han bedömer sin förmåga att utföra uppgifter högre än automationens (Parasuraman, 2008).

4. Engineering the automation to reduce human error and keep human response variability to a minimum (Sheridan, 1995).

Människans styrka är flexibilitet, kreativitet och förmåga att göra bedömningar även om information är ofullständig. Det är av stor betydelse för utförandet av vissa arbetsuppgifter. Ibland kan dock felbedömningar uppkomma. De definieras som mänskliga fel (ibid.).

2.3 Automatiserade transporter

Automatiska transporter delas upp i tre grupper: AGT, AGV och AGC.

2.3.1 Automated Guided Transport (AGT) och Automated Guided Vehicle (AGV)

AGT eller Automated Guided Transport är en automatiserad transport som stödjer produktionsprocesser när det gäller interna logistiska flöden, till exempel förflyttning av pallar (Bergman, 2017).

AGV eller Automated Guided Vehicle är ett fordon framtaget för att befinna sig inuti produktionsprocessen. Den används som monteringsfixtur och följer monteringslinan. Ofta har den en teleskopisk lösning för att kunna anpassa sig efter objektets storlek. AGV:er tillämpas för transport av hytter, motorer, osv (ibid.).

2.3.2 Automated Guided Cart (AGC)

AGC eller Automated Guided Cart är den enklaste och billigaste av tre lösningar. Examensarbetet handlar om införandet av AGC, därför kommer dess tekniska specifikationer och villkor betraktas mer detaljerat. Enligt "AGC Implementation Handbook" är AGC utformad för repetitiva horisontella lätta förflyttningar vid sidan av produktionsprocesser (AGC Implementation Handbook, 2017). Med lätta förflyttningar menas transporter upp till 500 kg. AGC:ns förflyttning är definierad av magnettejp som sitter fast på golvet och magnetkort som ger signal om hastighetsnivå, stopplatser osv. Hela systemet är flexibel då det inte krävs fasta lösningar i form av till exempel spår i golvet. Omprogrammering kan lätt utföras av operatörer eller tekniker, inga extra resurser med programmeringskunskaper behövs (ibid.). Stora nackdelen med AGC är att den är lättpåverkad av yttre miljö, till exempel människa som står framför maskinen, orenheter på golvet, förstörd magnettejp eller saknat magnetkort. Det betyder att AGC skall användas för icke kritiska objekt i produktion. I krissituation kan AGC ersättas av operatör (AGC Implementation Handbook, 2017). I områden där AGC införs krävs möjlighet för operatör att samarbeta med AGC. Människa skall ta hänsyn till eventuella hinder för AGC och vara beredd att ta över om svårigheter uppstår.

Det finns några villkor som måste uppfyllas vid AGC implementation. Ett av de är golvlutning. Belastad AGC kan klara av en procents lutning. Överskrider lutning tre procent kan varken belastad eller obelastad AGC övervinna det. Håll i golvet större än tjugo mm i diameter, steg högre än fem mm och golvyta med mer än tio mm ojämnheter måste elimineras vid införandet av AGC (ibid.). Hög trafikintensitet i ett område är också en viktig faktor (Latourre, 2016). Ett tydligt signalsystem på AGC skall utvecklas och personal skall informeras om AGC:ns befinnande i ett område. Det är nödvändigt för att undvika kollision mellan fordon och AGC. Närvaro av gaffeltruckar i ett område skall undvikas och alla roterande rörelser av gaffeltruckar på magnettejp elimineras. Om magnettejp förstörs stannar AGC. Det kan vara skadligt för processens effektivitet (ibid.).



Figur 4 och 5. Bilder på AGC (leverantör Toyota Industries) från AGC Implementation Handbook, 2017

3. Metod

Metodkapitlet består av två delar: den ena beskriver metoder som användes under examensarbetets gång, den andra beskriver arbetsgång och förklarar hur olika metoder tillämpades på olika steg av projekt. Först kommer det generella metodangreppet att beskrivas där fallstudie, validitet, reliabilitet och triangulering är viktiga delar.

Fallstudie är en utredning av ett konkret fall (Shuttleworth, 2008). Undersökning av en verklig process kopplas till teoretiska grunden. I motsatt fall uppnås ett begränsat resultat gällande för enstaka situationer. En fallstudie kan leda till ett oväntat resultat och hela undersökning kan ändra riktning. Informationssamling skall vara strikt fokuserad och strukturerad för att undvika påverkning av irrelevanta data på slutresultatet. Alla observationer genomförs passivt, observatörens inflytande är minimalt. Grunden till fallstudie kan vara utveckling av ett specifikt ämne. Det kan också vara ett försök att sätta en viss teori på prov (ibid.).

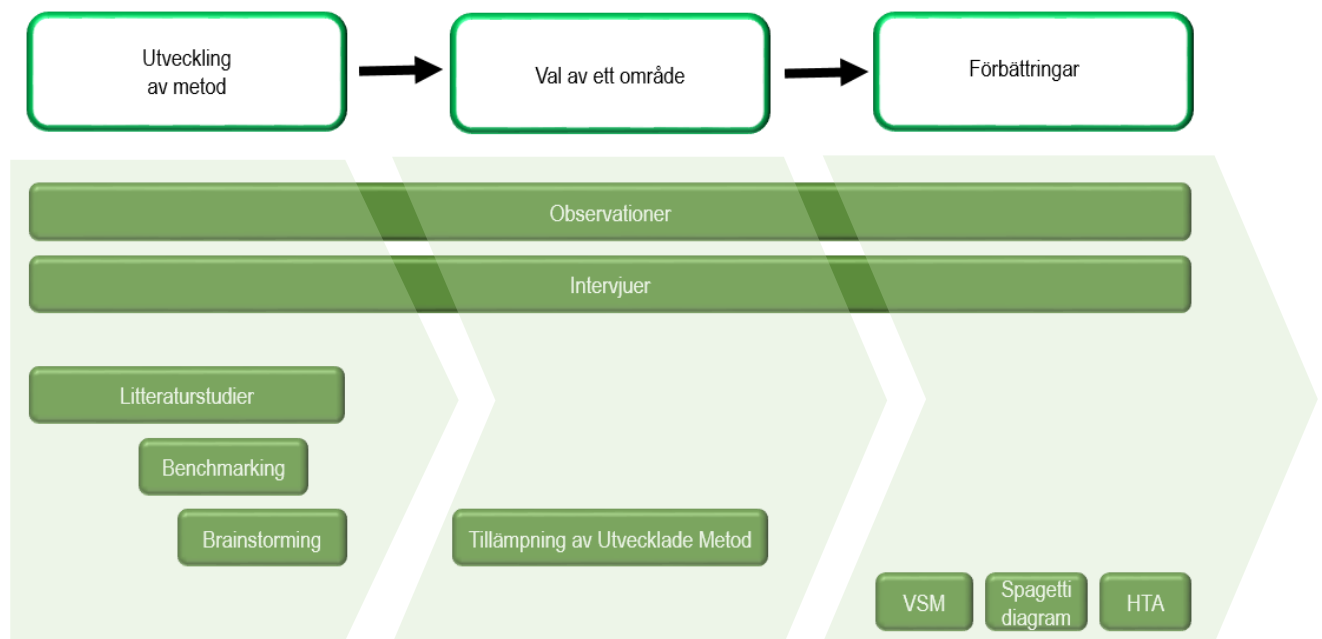
Analys av det valda produktionsområdet utfördes i form av en fallstudie. Den utvecklade modellen testades på några produktionsprocesser och ett fall valdes ut för vidareutveckling och analys.

Validitet och reliabilitet är två faktorer som påverkar kvalitet av undersökningsresultat (Gunnarsson, 2002). *Reliabilitet* visar hur tillförlitlig den använda metoden är och om resultatet skulle vara detsamma vid upprepade försök. *Validitet* demonstrerar i vilka fall resultatet är giltigt och vilka faktorer utöver inflytande på giltighet (ibid.). Det finns tre typer av validitet (Yin, 2003). *Intern validitet* är tillämpbar på fallstudier när ett orsakssamband mellan vissa händelser utreds. *Extern validitet* är kopplad till generaliseringen av resultat från studier av olika fall. *Construct (tolkning) validitet* handlar om etablering av bedömningsparametrar och bevis att de parametrarna speglar verklighet och inte subjektiv upplevelse av en utredare (ibid.). Validitet kan höjas med hjälp av triangulering (Rankin, 2017).

Triangulering är ett sätt att överväga problemet från olika perspektiv. Information om situationen kan komma från olika informationskällor, yrkesperspektiv och olika personer som är inblandade (ibid.). Triangulering eller tillämpning av olika metoder kan försäkra en djup förståelse av den studerade frågan (Denzin, 2012). Det är svårt att göra objektiva bedömningar, därför kan triangulering vara ett alternativ till validitet (ibid.).

3.1. Delmetoder

I metoden applicerades följande delmetoder: intervjuer, observationer, litteraturstudier och benchmarking, värdeflödesanalys, spagettidiagram, hierarkisk uppgiftsanalys. Delmetoder användes i olika skeden av projektet, vissa av dem tillämpades parallellt. Applikation av delmetoder presenteras i figuren nedan.



Figur 6. Delmetoder tillämpades vid olika tidsperioder

3.1.1 Litteraturstudier

Litteraturstudier innefattar studier av *teoretisk litteratur, manualer, instruktioner och teknisk dokumentation* (Osvalder, 2015). Den typen av studier är nödvändig för insamling av bakgrundsdata som behövs för genomförandet av övriga metoder: intervjuer, observationer, hierarkisk uppgiftsanalys. Litteraturstudier hjälper för att ta reda på kunskaper som redan finns dokumenterade (ibid.).

I detta examensarbetet studerades artiklar om automation och samarbete mellan människa och maskin. Nuvarande kunskaper om Lean production analyserades. Teknisk dokumentation i form av manualer undersöktes.

3.1.2 Observationer

Observation är en datainsamlingsmetod som praktiseras för att få informationen om människans beteende i en verklig situation (Osvalder, 2015). Den observerade personen befinner sig i sin naturliga omgivning.

Observationer kan vara direkta och indirekta.

- *Direkta observationer* sker i verkliga arbetsmiljö.
- *Indirekta observationer* genomförs med hjälp av simuleringar i laboriemiljö.

Observationer kan delas upp i systematiska och osystematiska.

- *Osystematiska observationer* är vanliga i början av studier när observationsobjekt inte är tydlig.

- *Systematiska observationer* förekommer i senare stadier av undersökningar när observatören har ett förutbestämt schema och ett observationsmål. Det är känt i förväg vilken typ av data behövs.

Kvantitativa och *kvalitativa* resultat kan framställas. Kvalitativt resultat beskriver människans beteende och åsikter. Kvantitativt resultat erhålls ur frekvensstudier. Det handlar om, till exempel, transportfrekvens. Resultatet dokumenteras med hjälp av anteckningar, protokoll, fotografering eller videoinspelning. Observation är ett bra sätt att se människors agerande i en verklig arbetssituation. Det finns dock risk att om den observerade personen är medveten om observationens syfte, kommer personen att bete sig annorlunda än den brukar göra. Det är också svårt att dra slutsatser från observationer utan någon kunskap om bakomliggande orsaker för beteendet. För att få ut det bästa resultatet bör observationer kompletteras med olika typer av intervjuer (ibid.).

Direkta observationer i en verklig produktionsmiljö användes vid genomförandet av detta examensarbetet. I början av undersökningar utfördes ostrukturerade observationer och kvalitativa data skaffades. Senare när observationsmålet bestämdes tydligt kunde strukturerade observationer appliceras. Både kvantitativa och kvalitativa resultat framställdes vid strukturerade observationer. Resultat dokumenterades i form av anteckningar, fotografier och videoinspelningar.

3.1.3 Intervjuer

Intervjuer är en datainsamlingsmetod för att ta reda på människors åsikter, erfarenheter och känslor (Osvalder, 2015). Det är oftast kvalitativa data som fås ut av intervjuer.

Beroende på syftet kan intervjuer delas upp i tre kategorier.

- *Strukturerade intervjuer.* En strukturerad intervju har förutbestämda frågor som intervjuade personen svarar på med sina egna ord eller väljer ur en svarslista. Informationen som erhålls innehåller oftast kvalitativa data som är lätta att bearbeta.
- *Semistrukturerade intervjuer.* En semistrukturerad intervju innehåller både förutbestämda frågor och följdfrågor vilket ger en tydligare och fullständigare bild av situationer, orsaker och åsikter.
- *Ostrukturerade intervjuer.* Vid en ostrukturerad intervju ställs öppna frågor. Öppna svar med kvalitativa data förväntas. Här finns möjlighet att fördjupa sig i olika delar av diskussionen och utveckla samtal i skilda riktningar. Framtagna data är däremot svåra att analysera och sammanställa.

Intervju är tidskrävande. Beroende på antal intervjuade människor kan intervjuer vara resurskrävande. Det är en flexibel men subjektiv metod som behöver kompletteras med observationer. Detta behövs då svar som fås vid intervju inte alltid stämmer överens med verkligheten (ibid.).

I början av studier för detta examensarbete skedde mest ostrukturerade intervjuer med stort antal följdfrågor. I senare steg av projektet tillämpades strukturerade intervjuer för att få ut kvantitativa data (till exempel, vikt av fixturen, antal förflyttningar) och semistrukturerade intervjuer för kvalitativ information (till exempel, varför en viss transportväg genom ett område väljs).

3.1.4. Benchmarking

Syftet med benchmarking är att använda kunskaper och erfarenheter från andra verksamheter för att effektivisera sin egna (Westling, 2012). Det är viktigt att först noggrant studera sin process och sedan försöka hitta en process att jämföra med (ibid.). Benchmarking är ett arbetssätt för att hitta möjligheter för processförbättringar (Bergman, 2012). Syftet med benchmarking är inte kopiera processer utan förstå anledning till varför metoden fungerar. Liknande processer jämförs och bästa tillämpningar appliceras.

Det finns fyra typer av processjämförelse.

- *Intern processjämförelse* innebär att benchmarking sker inom samma organisation.
- *Processjämförelse med en konkurrent* är ett sätt att jämföra sina processer med konkurrentens.
- *Funktionell processjämförelse* händer mellan icke konkurrerande organisationer som arbetar i liknande branscher
- *Allmän processjämförelse* sker vid jämförelse med organisationen som är erkänt bästa i den typen av process oavsett vilken verksamhet det handlar om (ibid.).

Intern processjämförelse inom Volvo AB:s olika fabriker applicerades i detta examensarbete. Processer på ett liknande område betraktades. Det skedde genom studiebesök samt foto och videomaterial.

3.1.5. Värdeflödesanalys (VSM)

Värdeflödesanalys eller VSM är ett hjälpverktyg vid beskrivning av materialflöde genom hela värdeflödet (Rother, 1999). I ett värdeflöde ingår alla aktiviteter, både värdeadderande och inte värdeadderande, som är nödvändiga för förädling av material. Varje process för en produktfamilj i material- och informationsflöde visualiseras på papper med hjälp av standardsymboler. Produktfamilj är en grupp av produkter som genomgår liknande processteg och utnyttjar samma utrustning (ibid.).

VSM innehåller fyra steg som beskrivs nedan (Slack, 2015).

- Processidentifiering
- Fysisk kartläggning av nuvarande process. Observationer över verksamheten erfordras. Visualisering förenklar igenkännande av eventuella slöserier och deras orsaker i en process.
- Ritandet av en karta över framtida tillståndet med förbättringar.

- Genomförandet av förbättringar (ibid).

I det examensarbetet ritades en VSM-karta av nuläge och framtidsläge över de stationer som gick igenom steg 1 av den utvecklade modellen. VSM hjälpte att se helheten i processflöde och snabbt identifiera slöserier. En av stationer valdes för vidareutveckling och eventuellt införande av AGC.

3.1.6 Spagettidiagram

Spagettidiagram är ett sätt att visualisera flödet (Olsson, 2016). Det ger en bild över förflyttningar och rörelser på stationen. Spagettidiagram kan användas som komplettering till värdeflödeskarta och bistår vid avståndsmätningar. Ritandet av ett spagettidiagram skall hända i verksamheten i samarbete med operatörer som utför arbetsuppgifter (ibid.).

I detta examensarbete ritades ett spagettidiagram över det analyserade flödet. Spagettidiagrammet gjordes i samband med skapandet av värdeflödesanalysen.

3.1.7 Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA)

Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA) är en metod som strukturerar arbetsuppgifter, visualiserar arbetsinnehåll (Osvalder, 2015). HTA-analys redogör oftast för fysiska aktiviteter. I vissa fall kan beskrivning av kognitiva handlingar inträffa. Analys börjar med bestämning av ett övergripande mål. Sedan sker förgrening i delmål hela vägen ner tills en nödvändig detaljnivå uppnås. Odelbara delmål på nedersta nivån kallas för operationer. Operationer kan bestå av två datatyper: beskrivning av mål och beskrivning av handling (ibid.).

Under examensarbetets gång användes HTA-analys för beskrivning av de arbetsuppgifterna som utfördes på fokusområdet. Till exempel, detaljerat beskrivning av kitting och programmeringsprocess, men inte förmontering eller montering.

3.2 Genomförandet

Hela arbetsprocessen kan delas upp i fyra delar.

Del A. Utveckling av metod

Företaget har ställt ett krav att utveckla en modell eller metod för implementering av AGC. Den ska hjälpa vid värdering av ett område. Vid modellutveckling användes både ostrukturerade och semistrukturerade intervjuer, observationer, intern benchmarking och litteraturstudier. Observationer och intervjuer hjälpte att upptäcka områden där operatörer kan behöva stöd i form av automatiserade transporter. Litteraturstudier och benchmarking var nödvändiga för att avdela krav och önskemål på området. Teori om Human Centered Automation och Lean Production analyserades.

Del B. Val av ett område

Den utvecklade metoden för implementering av AGC skulle tillämpas för att identifiera områden i fabriken där AGC skulle kunna tillföra värde till processen. I den delen

genomfördes olika typer av intervjuer och observationer. Eventuella förslag på förbättringar utan inblandning av automation genererades. Fallstudier genomfördes på den utvecklade modellen på flertalet områden med utfallen att stanna eller gå vidare. Val av område för fortsatt utredning baserades delvis på teori om Lean Production delvis på information om Human Centred Automation.

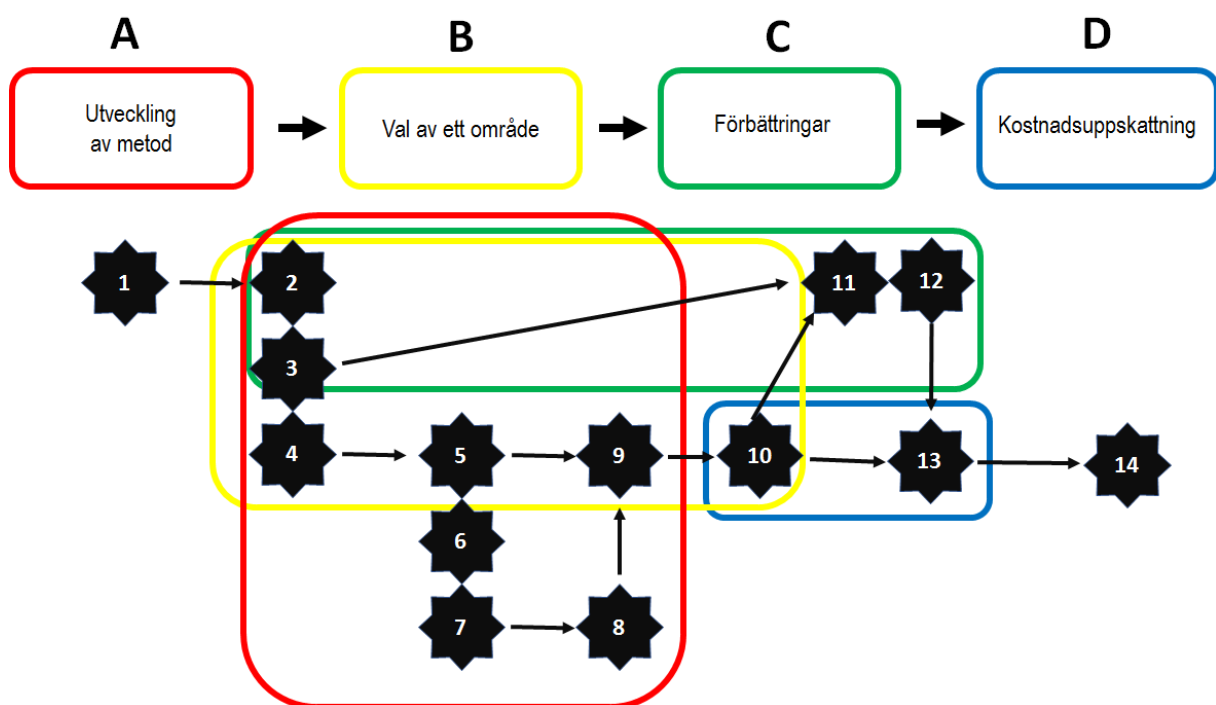
Del C. Förbättringar

Analys och förslag på förbättringar i det valda området skulle presenteras. Alla förslag diskuterades med operatörer och tekniker i form av semistrukturerade intervjuer. Direkta systematiska observationer genomfördes. Hänsyn togs till Lean Production principer och huvudmål. För att visualisera processer i området ritades en värdeflödeskarta och ett spagettidiagram, hierarkisk uppgiftsanalys genomfördes. Informationen från Implementation handbook om AGC:ns möjligheter och begränsningar iaktogs.

Del D. Kostnadsuppskattning

Preliminär kostnadsuppskattning för införandet av AGC skulle introduceras. Kostnad för AGC togs fram från leverantörens prislista. För att estimerar lönsamheten för företaget togs hänsyn till interna risk- och ergonomianalys för det valda området.

Ingående metoder kan demonstreras med hjälp av figur 1 och figur 2:



Figur 7. Visualisering av genomförandet av examensarbetet

1. Samtal med produktionstekniker och råd om eventuella möjligheter
2. Observationer
3. Ostrukturerade intervjuer med operatörer
4. Intervjuer med lokala produktions-, logistik- och underhållstekniker
5. Intervjuer med specialister på regional nivå
6. Litteraturstudier
7. Studier av bilder och video på tillämpning av AGC:er
8. Studieresa till motorfabriken i Skövde
9. Idegenerering
10. Användning av den utvecklade metoden
11. VSM, spagettidiagram och HTA-analys på det valda området (nuvarande situation)
12. VSM, spagettidiagram och HTA-analys på lösningsförslag
13. Uppskattning av företagets vinst vid införande av AGC
14. Presentation

Figur 8. Förtydligande av figur 1

1. Samtal med produktionstekniker och råd om eventuella möjligheter

Några produktionstekniker hade förslag på problemområden. De förslagen var utgångspunkten för både del A och B. Det påverkade val av tankesättet för metodutveckling samt val av ett konkret område för analys.

2. Observationer

Vid metodutvecklingssteg (del A) betraktades processer osystematiskt. Det krävdes för att förstå innebörden med varje observerade process. Kvalitativa resultat togs fram, till exempel, svårmanövrerad fixtur. I senare del (vid B - Val av ett lämpligt område och C - Utveckling av förbättringsförslag) användes systematiska observationer. Det var nödvändigt för att utföra bland annat Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA). För att göra en värdeflödesanalys (VSM) behövdes mest kvantitativa data från observationer, till exempel, väntetider, antal steg mellan två stationer. Dokumentering av observationer skedde genom fotografering, videoinspelningar och anteckningar.

3. Ostrukturerade intervjuer med operatörer

Intervjuer med operatörer har ägt rum några gånger och typ av intervju berodde på vilken del av examensarbete det handlade om. På del B - Val av ett lämpligt område - tillämpades ostrukturerade intervjuer först. Det gjordes för att få övergripande förståelse av processer.

I senare stadiet av del B intervjuades operatörer på ett semistrukturerat sätt. I det fallet var det redan känt vilka processdelar som var mest intressanta för examensarbetet. Planerade frågor samt följdfrågor ställdes.

I del C - Förbättringsförslag användes mest strukturerade intervjuer för att få ut kvantitativa data för Värdeflödesanalys (VSM), till exempel takttider, storlek på buffertar osv.

4. Intervjuer med lokala produktions-, logistik- och underhållstekniker

Intervjuer med lokala produktions-, logistik- och underhållstekniker var oftast semi-strukturerade. Här diskuterades planerade ämnen och frågor som uppstått under observationer och intervjuer med operatörer. Den typen av diskussioner skedde i del A för att förtydliga informationen om processerna och i del B vid val av ett område för en konkret analys.

5. Intervjuer med specialister på regional nivå

Intervjuer med specialister på regional och global nivå genomfördes i semistrukturerad form. Resultaten av de intervjuerna användes vid utveckling av metod (Del A). På regional och global nivå fanns det mest kompetens när det gällde kunskaper om automatiserade transporter. De flesta intervjuer (3, 4, 5) skedde i produktionsmiljö i samband med observationer för att komplettera mottagen information.

6. Litteraturstudier

Specialister på regional och global nivå överlämnade tekniska specifikationer om AGC i form av AGC Implementation Handbook. Det belyste eventuella problem som kan uppstå under införande- och användningsfasen. All informationen var av stor vikt under utförandet av del A - Utveckling av metod.

7. Studier av bilder och video på tillämpning av AGC:er

Bilder och video på tillämpning av AGC:er i olika Volvofabriker från regionala och globala specialister var en viktig källa för intern benchmarking/processjämförelse.

8. Studieresa till motorfabriken i Skövde

Intern processjämförelse med motorfabriken i Skövde gjordes. Motorfabriken i Skövde har redan infört både AGC:er och AGT:er i sina processer. Operatörer som handhaver AGC:er dagligen intervjuades och kvalitativ information om kollaborativt arbete togs fram.

9. Idegenerering

Idegenerering skedde i del A och C för att kunna utarbeta ideer.

10. Användning av utvecklade metod

Modell som utvecklades i del A tillämpades sedan i del B för att välja ett lämpligt område för analys och eventuella införandet av AGC.

11. VSM, spagettidiagram och HTA-analys på det valda området (nuvarande situation)

12. VSM, spagettidiagram och HTA-analys på lösningsförslag

VSM, spagettidiagram och HTA-analys tillämpades i del B och C i examensarbetet. Produktionsområden valdes ut med hjälp av utvecklade metoden. VSM-karta av nuvarande tillstånd ritades, slöserier som skulle ha kunnat elimineras med hjälp av AGC identifierades. Förbättringsförslag speglades i VSM-karta, spagettidiagram och HTA-analys av framtida tillstånd.

HTA-analys behövdes för att kunna i detalj beskriva de fokuserade arbetsuppgifterna.

13. Uppskattning av företagets vinst vid införande av AGC

Riskanalys av nuvarande tillstånd i det valda området granskades. Risker som kunde elimineras med hjälp av AGC identifierades. Med hjälp av intern dokumentation som beskriver kostnad för varje typ av risk uppskattades period för återbetalning för AGC införandet.

14. Presentation i Power Point

4. Resultat

Resultatkapitlet är uppdelat i fyra delar utifrån genomförandet av examensarbetet. Varje del innehåller beskrivning av resultat och analys av det resultatet utifrån teori.

4.1. Del A. Utveckling av metod

Målet med detta examensarbete är utveckling av en metod eller modell som kan användas som riktlinje vid AGC implementering. Metoden skall tillämpas vid uppskattning av AGC behov i olika produktionsområden samt visa om det betraktade området uppfyller alla krav för AGC.

Modellen består av tre steg.

Steg 1. Uppskattning av AGC behov i ett område.

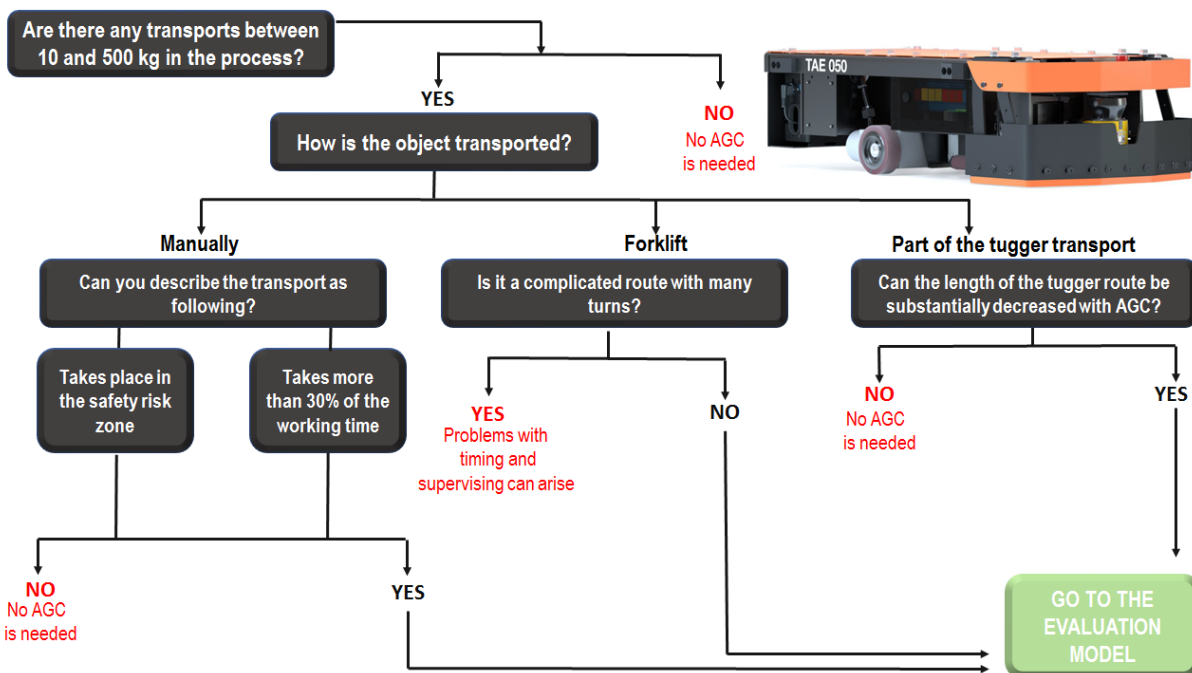
Första steg uppskattar om det finns ett behov av AGC i området. Se figur 3.

Syftet med AGC är att förflytta lättare objekt. Frågan om det finns transporter av objekt med vikt upp till 500 kilo i det betraktade området är startpunkten i modellen.

Nästa fråga handlar om förflyttningssätt. I Tuve-fabriken observerades tre typer av nyttjade transportmetoder: manuell (operatörer), gaffeltruck och så kallad tuggar-train (eller dragtåg). Den informationen användes som underlag för vidareuppdelning av analysen. Delen som handlar om manuella transporter fokuserar på två slöseri källor. Den ena handlar om överbelastning och säkerhetsrisker (muri). Det är grunden för frågan om transport sker i ett område med zoner betraktade som en säkerhetsrisk. Den andra slöseri källan är så kallade "mura" eller ojämnheter. Om mer än 30 procent av arbetsuppgifter består av manuella transporter kan det orsaka tidsbrist på stationen. Det är ett tydligt tecken på att det kan finnas ett AGC behov.

Om förflyttningar genomförs med hjälp av gaffeltruck finns det ofta säkerhetsrisker särskild när gaffeltruck kommer nära monteringslinan där flertalet förflyttningar även sker manuellt. Då AGC:ns hastighet påverkas av svängvinkel och antal svängar under transportens gång är det relevant att fråga om routen som gaffeltruck utför i nuläge är komplicerad och om den innebär stort antal svängar. Vid positiv svar finns det risk att tidsbrist uppstår vid införandet av AGC. Alltså, antingen ska routen diskuteras eller alternativa förslag till AGC betraktas.

Transporter som tillhör tuggar-train är oftast väl balanserade. Förflyttning av vissa objekt (till exempel udda artiklar) kan ändå ha påverkan på tuggar-train routen, dess längd och tid. Om det finns behov och möjlighet att förkorta den routen ska AGC lösning övervägas.



Figur 9. Steg 1 i modellen uppskattar behov av AGC

Processer och stationer som hade ett positivt utfall för AGC behov under steg 1 i modellen gick vidare till steg 2 - Evaluation model.

Steg 2. Utvärderingsmodell

Utvärderingsmodell tillämpas vid uppskattning om hur väl ett visst område är anpassat till AGC implementering. Här bedöms några faktorer i form av checklista. I teoridelen har det nämnts att det finns några krav och önskemål för områden där AGC ska införas. Alla faktorer har rangordnats och fått en viss betydelsenivå i form av sifervärde. På det steget sker uppskattning av det fysiska området, trafiksituationen i det området, nuvarande process och utrustning samt företagets vinst vid AGC införandet.

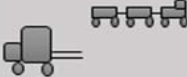
Vid bedömning av fysiska området iaktas om det finns tillräckligt mycket plats för AGC att vända i obelastad och belastad (med en vagn eller fixtur) läge. Hänsyn till golvytan och golvkvalitet tas. Nästa faktor är nuvarande trafiksituationen i området. Här beaktas möjlighet att prioritera AGC i trafiken samt närvaro av gaffeltruck i området. AGC följer magnettejp som kan förstöras av roterande rörelsen som gaffeltruckar utför på golvet. Det finns risk att AGC stannar om tejpens bryts. Process och utrustning är en faktor som också skall uppmärksammas. Nuvarande process och utrustning undersöks och slutsats om eventuella förändringar dras. Företagets vinst är en viktig beståndsdel som omfattar förbättrad ergonomi och säkerhet samt kostnadsbesparingar.

Parameters to be evaluated	Answer	Comments
Physical area		
Place to turn around >850mm	No	Space needed for basic AGC.
Aisle width >500 mm on each side of trolley	No	Safety rule to avoid pinching (clamping).
Floor Quality < 10mm surface roughness	Yes	Important for the magnetic tape.
Floor step none or <5 mm	Yes	
Floor gap none or <20mm	Yes	
Slope height < 3%	No	Unloaded AGC will not manage to overcome a higher slope. Only 1% for the AGC with load.
Traffic in the area		
Busy traffic in the area	No	Important for AGC to be prioritized in the traffic.
Possibility to prioritize AGC in traffic	Yes	AGC does not notice the objects behind, only in front.
Forklift presence in the area	No	OK, if it is possible to avoid twisting movement on the tape.
Twisting movement (by the forklift) on the tape	Yes	Magnetic tape can be destroyed.
Process and Equipment		
Possibility for collaborative work	Yes	Operator on the line is able to give the signal to AGC or help
Solid installations	Yes	Some kind of lifting tool or something that is difficult to move
Possibility to adapt the current trolley	No	Check price for adaption because it can be more beneficial to order Toyota standart trolley.
Benefit		
Improved safety	Yes	
Improved ergonomic situation	No	
Created potential	Yes	If you gain some time for the operator
Cost savings	No	

Figur 10. Steg 2 i modellen är en utvärderingsmodell

Steg 3. Resultat och Rekommendationer

Resultat och rekommendationer innehåller resultat från Steg 2. Utvärderingsmodell och nödvändiga rekommendationer om eventuella förändringar i området. Tre färger - röd, gul och grön - indikerar uppfyllnadsgrad av krav och önskemål. Betraktade faktorer lyser rött om något av krav inte uppfylls. Till exempel, golvlutning och golvkvalitet är kritiska faktorer för AGC. Gul färg signalerar om några önskemål inte kan förverkligas. Till exempel, för stora ombyggnationer i området eller utrustning som inte är anpassbara till AGC. Grön färg indikerar att det inte finns något som behöver förändras i området eller det att det krävs obetydliga förändringar.

Evaluated Parameters	Status	Comments and Recommendations
Physical Area 		Place for AGC to turn around needs to be provided. For safety reasons aisle width needs to be widened. The slope is too high for AGC to overcome.
Traffic in the area 		Twisting movement will destroy the magnetic tape.
Process and Equipment 		The position of solid installations may need to be changed. It can be beneficial to order Toyota standart trolleys.
Benefit 		Improved safety. Created potential.

Figur 11. Steg 3 – Results and Recommendations

4.1.1. Analys av modellen

J.K. Liker skiljer på tre typer av slöserikällor: mura, muri och muda. Transporter betraktas som en av åtta slöserityper (muda) som ska minskas eller elimineras helt (Liker, 2005). Enligt AGC Implementation Handbook är AGC framtagen för utförandet av lätta transporter upp till 500 kg. Den gränsen har tagits som utgångspunkt för modellen som beskriver riktlinjer för AGC tillämpning. Hänsyn till mura (variation) tas vid diskussion om manuella förflyttningar och om tuggar train transporter när det handlar om utjämning av arbetsbelastning. Frågan om säkerhet grundades på muri. AGC:ns hastighetsbegränsningar och människans uppfattning av automation tas med i beräkningar när frågan om gaffeltrucks vägsträcka ställs.

AGC implementation handbook beskriver noggrant möjligheter och begränsningar av den typen av automation. Checklista på steg 2 i modellen har tagits fram för att sammanställa de viktigaste kraven vid AGC införandet och få riktlinjer i form av rekommendationer som speglas i steg 3.

4.2. Del B. Val av ett område

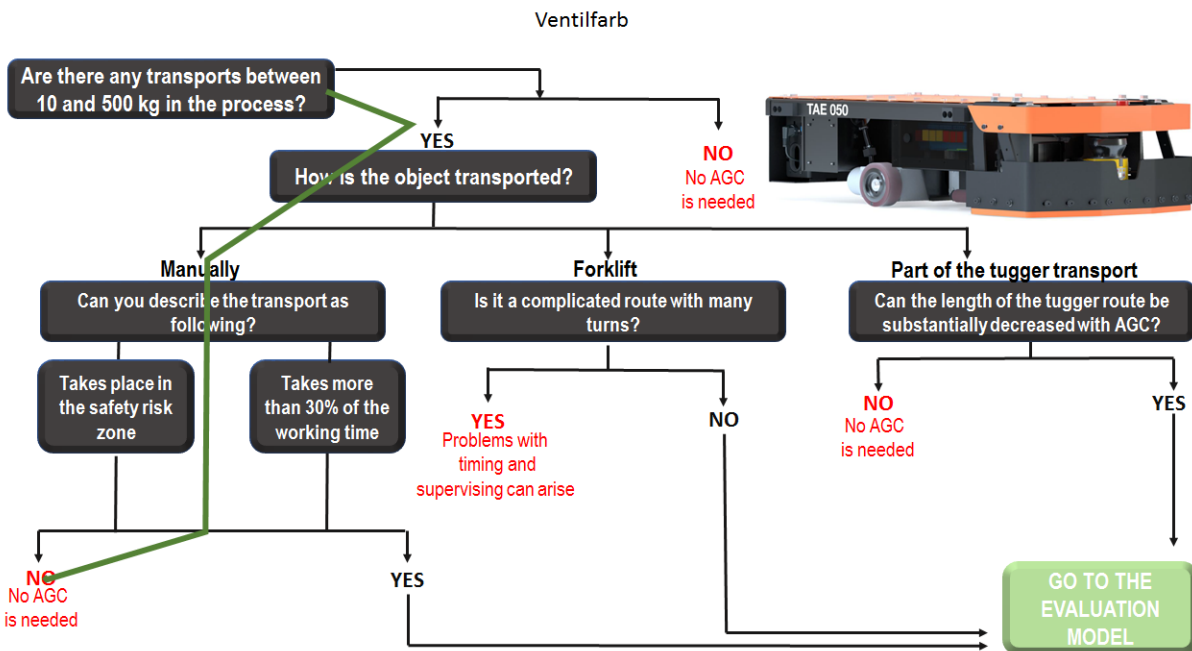
Följande sex områden i Tuvefabriken analyserades med hjälp av metoden "Riktlinjer för AGC införandet": växellådsbalkförmontering, ventilförmontering, bladfjäderförmontering, front shelf förmontering, dörrfixturförflyttning, fotstegsförflyttning.

Resultatsammanfattning presenterades i tabell 1.

Station	Resultat		
	Steg i modellen		
	1	2	3
Växellådsbalkförmontering	✗		
Ventilförmontering	✗		
Bladfjäderförmontering	✓	✗	
Front Shelf förmontering	✓	✓	✓
Dörrfixturförflyttning	✓	✓	✓
Fotstegsförflyttning	✓	✓	✓

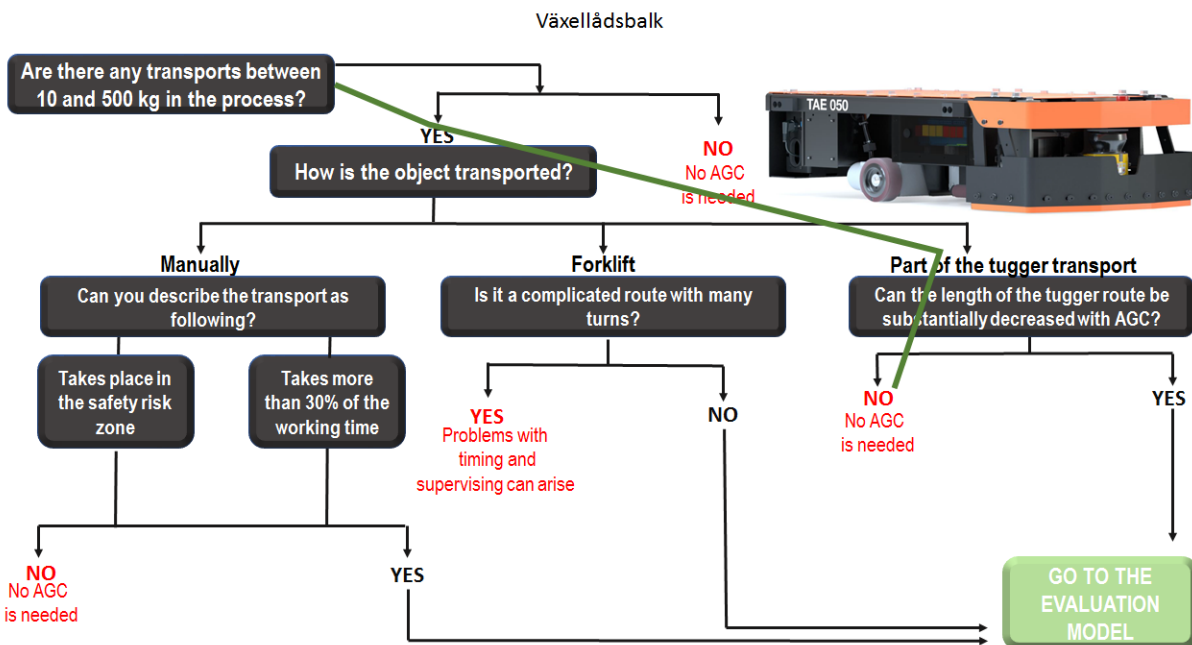
Tabell 1. Sammanfattning av resultat

Första området som analyserades i modellen var ventilförmontering. Den förmonteringsstationen kom som förslag från en produktionstekniker. Vagnen med tillbehör är lätt och transporteras manuellt. Transportsträcka överträffar inte fyra meter. Varken säkerhetsrisker eller tidspress orsakas av vagnförflyttning i området. Ventilförmontering har inte gått igenom steg 1 i modellen. Se figur 6.



Figur 12. Ventilförmonteringsstation har inte gått igenom steg 1 i modellen

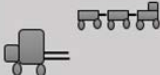
Nästa område var växellådsbalkförmontering. Transporten ingår i nuvarande tågtransport (så kallade tugger train). Införandet av AGC kan inte förkorta vägsträcka för tåg på grund av att leverans sker mellan två andra tågaktiviteter. Växellådsbalkförmontering har inte gått igenom steg 1 i modellen. Se figur 7.



Figur 13. Växellådsbalkförmonteringsstation har inte gått igenom steg 1 i modellen

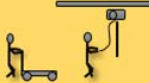
Bladfjäderförmontering - den tredje stationen - har gått igenom steg 1. Bladfjädrar levereras till linan med hjälp av gaffeltruck. Steg 2 visade att golvlutning är för hög för AGC vilket innebär att ombyggnationsförsök i området kan resultera i höga kostnader

för företaget. Risk att gaffeltruckar som befinner sig i området kan förstöra magnet-tejp finns. Bladfjäderförmontering valdes bort. Se figur 8.

Evaluated Parameters	Status	Comments and Recommendations
Physical Area 		For safety reasons aisle width needs to be widened. The slope is too high for AGC to overcome.
Traffic in the area 		Avoid forklift rotation on the tape. Twisting movement will destroy the magnetic tape.
Process and Equipment 		The position of solid installations may need to be changed. It can be beneficial to order Toyota standart trolleys.
Benefit 		Improved safety. Created potential.

Figur 14. Bladfjäderförmonteringsstation har fått förhinder under steg 2 i modellen

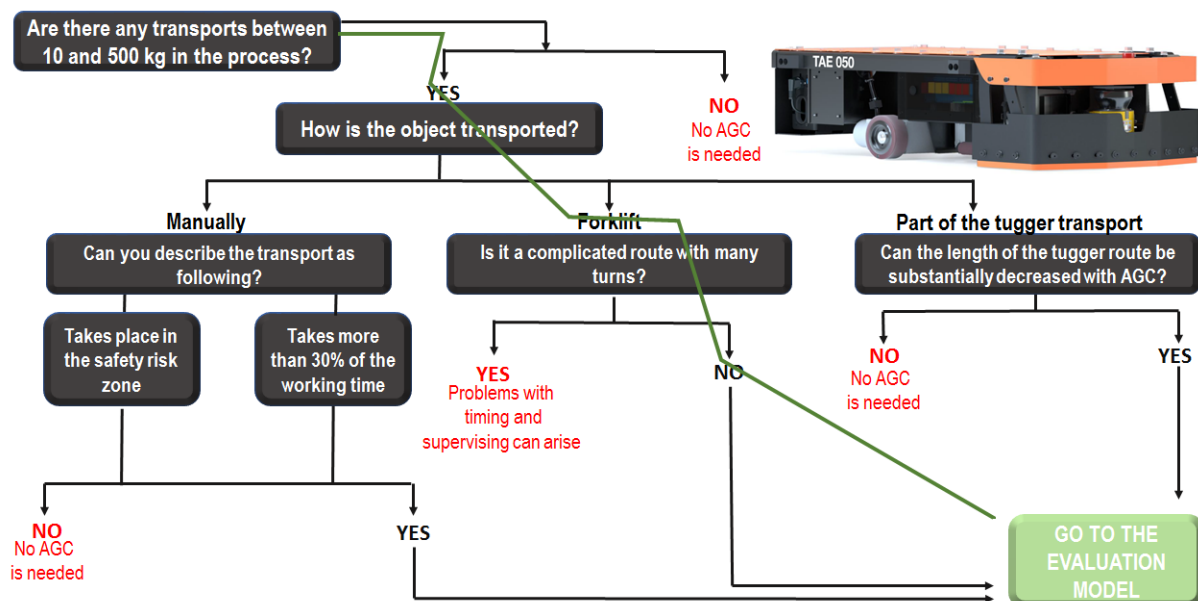
Front Shelf förmontering är en station som har gått igenom steg 1 och visade bra resultat i steg 2. Fixturen med front shelf transporteras manuellt i ett område med hög säkerhetsrisk. Fysiska området hindrade inte införandet av AGC. Vid små ändringar i layout minskades säkerhetsrisker och trafik i AGC:ns bana. Interna förändringar hindrade vidareanalys av området. Se figur 9.

Evaluated Parameters	Status	Comments and Recommendations
Physical Area 	●	Only unloaded AGC can overcome the slope that is higher than 1 %.
Traffic in the area 	●	Risk for collision. Important for AGC to be clearly visible. Staff to be informed. Avoid forklift rotation on the tape.
Process and Equipment 	●	The position of solid installations may need to be changed. Check the need of the trolley adaption for AGC standart.
Benefit 	●	Improved safety. Created potential.

Figur 15. Front Shelf förmonteringsstation har visat bra resultat på steg 2.

Två flöden på hyttmontering visade betydlig vinst för företaget.

Första flödet var förflyttning av dörrfixturer mellan två segment av monteringslinan. Dörrfixturer transporteras med gaffeltruck som korsar banor av andra transporter i ett högtrafikerat område. Transportrutt som gaffeltruck följer befinner sig i ett lättövertäkat område. Rutten som utförs har endast ett fåtal svängar. Se figur 10.



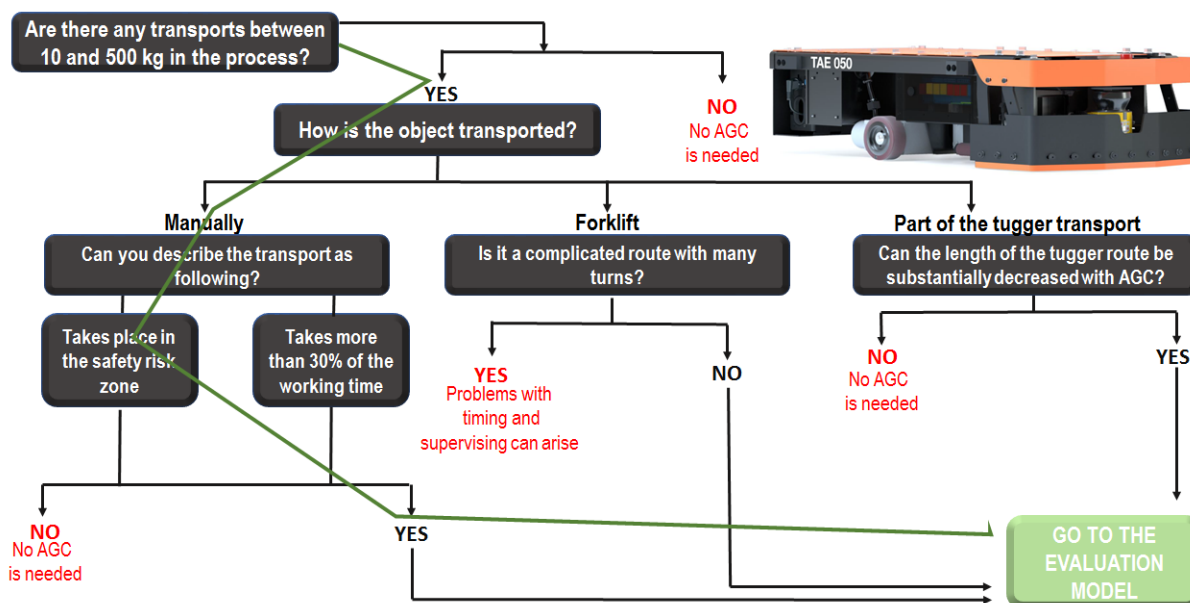
Figur 16. Resultat från steg 1 för dörrfixturförflyttning

Enligt analysresultat på steg 2 får företaget förbättrad säkerhetssituation och vinner balanseringstid för operatörer. Det krävs förändring i lyftvertygets position och i utformning av transportfixturer. Området uppskattas som högtrafikerat vilket innebär att samtliga operatörer ska informeras om AGC:ns närvaro.

Evaluated Parameters	Status	Comments and Recommendations
Physical Area 		Only unloaded AGC can overcome the slope that is higher than 1 %.
Traffic in the area 		Risk for collision. Important for AGC to be clearly visible. Staff to be informed. Avoid forklift rotation on the tape.
Process and Equipment 		The position of solid installations may need to be changed. Check the need of the trolley adaption for AGC standart.
Benefit 		Improved safety. Created potential.

Figur 17. Resultat och Rekommendationer för dörrfixturförflyttning

Fotstegstransport fullbordas i samma område. Förflyttning sker manuellt. Operatören befinner sig då i ett högtrafikerat område med stort antal belastade och obelastade gaffeltruckar runt sig.



Figur 18. Resultat från steg 1 för fotstegsförflyttning

Analys på steg 2 visade liknande resultat som dörrfixtur området. I det fallet tillkommer också ergonomiska förbättringar. I nuvarande situation befinner sig fyra av tio fotsteg på transportvagnar i ergonomiskt röda zoner.

Evaluated Parameters	Status	Comments and Recommendations
Physical Area 		Only unloaded AGC can overcome the slope that is higher than 1 %.
Traffic in the area 		Risk for collision. Important for AGC to be clearly visible. Staff to be informed. Avoid forklift rotation on the tape.
Process and Equipment 		The position of solid installations may need to be changed. Check the need of the trolley adaption for AGC standart.
Benefit 		Improved safety. Improved ergonomic situation. Created potential.

Figur 19. Resultat and Rekommendationer för fotstegsförflyttning

4.2.1. Analys av valda stationer

Två betraktade stationer - ventilförmonteringsstation och växellådsbalkstation - har inte gått igenom steg 1 i den utvecklade modellen. Transporter vid ventilförmonteringsstation innehåller varken betydliga säkerhetsrisker eller tidspress orsakad av förflyttningen mellan förmonteringen och monteringen. Införandet av AGC på växellådsbalkstation förkortar inte tuggar tågets vägsträcka, ingen utjämning i balanserung sker. AGC tillför inte något värde utan belastar trafiksituation som redan upplevs som svår.

Två andra stationer - bladfjäderförmonteringsstation och front shelf förmontering - valdes bort efter steg 2. På bladfjäderförmonteringsstation hindrade golvlutning från införandet av AGC. Enligt AGC Implementation Handbook kan AGC inte passera lutning högre än 3%. Front Shelf förmonteringsstation valdes bort på grund av interna förändringar.

För vidareanalys utsågs förflyttning av dörrfixturer och fotsteg på hyttmontering.

4.2.2 Nuvarande tillstånd av det valda området

För närvarande består förflyttning av dörrfixturer och fotsteg av två separata flöden som pågår i samma område. Förflyttning av fotsteg sker manuellt. Operatören befinner sig då i ett högtrafikerat område med ett stort antal belastade och obelastade gaf-

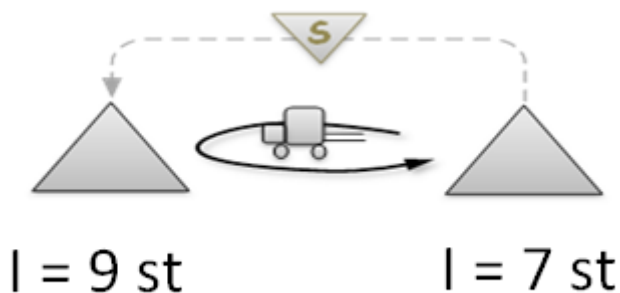
feltruckar runt sig. Enligt interna analyser positioneras fyra av tio fotsteg på transportvagn i ergonomiskt röda zoner.

VSM. Dörrfixturer

Dörrfixturer förflyttas sju stycken åt gången i ett stålrack. Det genomförs med hjälp av truck som tar ett rack åt gången. Operatören skannar det vid station 1 och informerar truckförare att det finns ett behov av påfyllning. På ett sådant sätt genereras dragande flöde eller pull flow. Då dörrfixtursförflyttningen bara är en av truckförarens uppgifter genomförs den i turordning. Stora buffertar skapas vid förbrukningspunkt på både segment 1 och 2.

När VSM-karta ritades fanns det sju dörrfixturer (ett fullt och ett tomt rack) vid segment 1 och nio (ett fullt, ett halvt fullt och ett tomt rack) vid segment 2. Taktiden var 5,5 minuter.

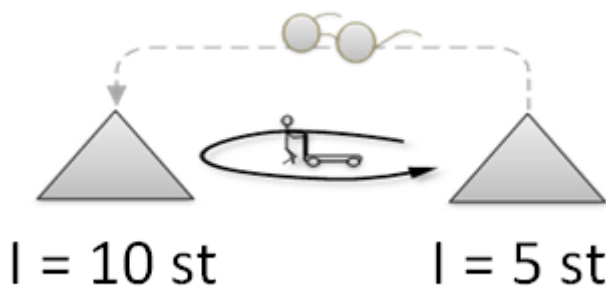
Figur 20. VSM för dörrfixturförflyttning



VSM. Fotsteg

Det finns höger och vänster fotsteg. De förflyttas i varsin vagn med tio fotsteg. Två vagnar (totalt för 20 hytter) står på varje sida av förbruknings punkt vid varje segment - fulla vid segment 1 och tomma vid segment 2. När alla vagnar är tomma transporteras de manuellt från segment 1 till segment 2 och omvänt.

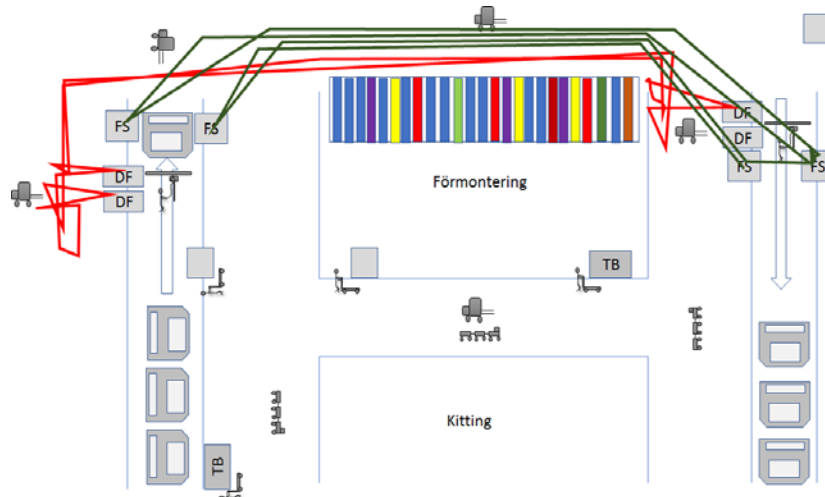
Det fanns fotsteg för fem hytter vid segment 1 och 10 hytter vid segment 2 när VSM-karta ritades. Taktiden var 5,5 minuter.



Figur 21. VSM för fotstegsförflyttning

Spagettidiagram. Dörrfixturer/Fotsteg

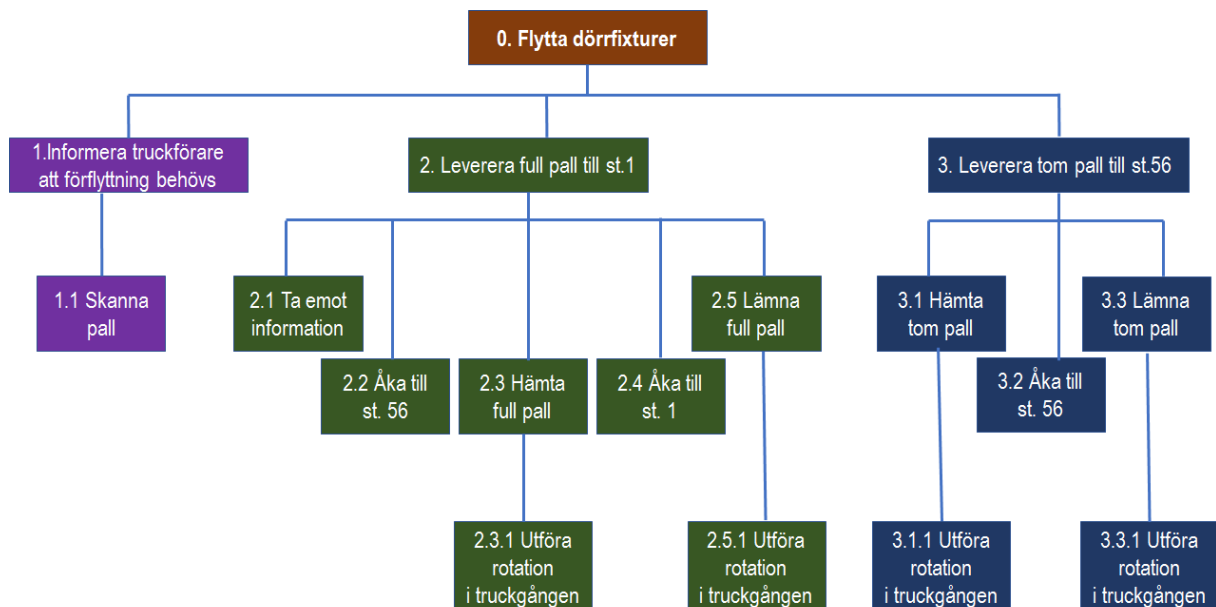
Spagettidiagram för dörrfixturer och fotstegs flöden ritades på samma layout. Det gjordes för att tydligt visualisera både flöden samtidigt. De markerades med olika färger - röd för dörrfixturer och grön för fotsteg.



Figur 22. Spagettidiagram för dörrfixturförflyttning och fotstegsförflyttning

HTA-Analys. Dörrfixturer

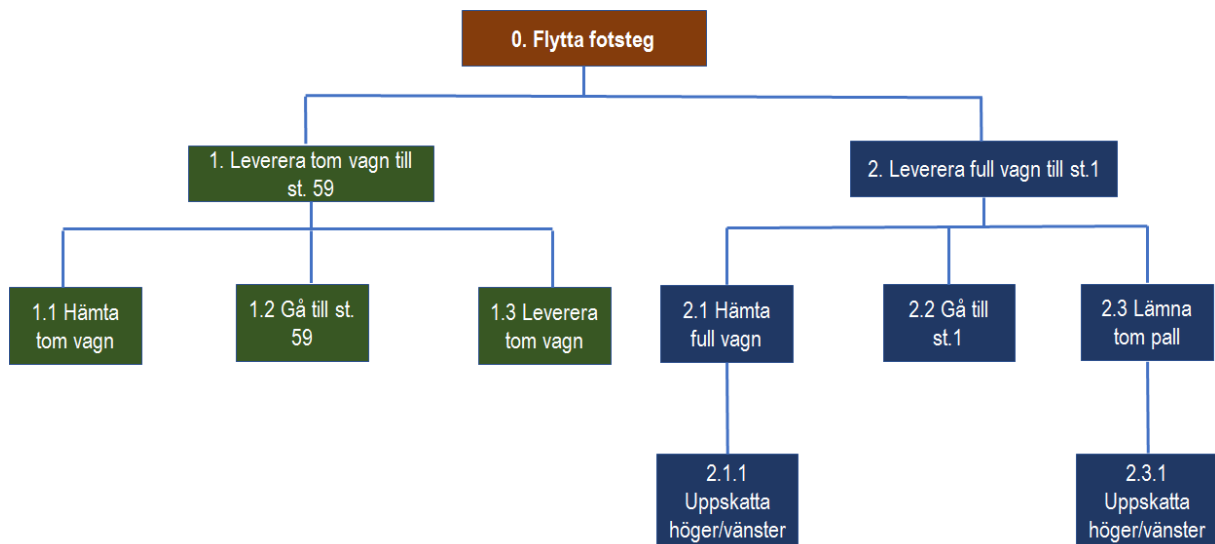
Transport av dörrfixturer kan delas upp i tre arbetsmoment (se figuren) som utförs av en operatör på monteringslinan och truckförare. Se figuren nedan.



Figur 23. HTA-analys för dörrfixturförflyttning

HTA-Analys. Fotsteg

Fotsteg transporteras manuellt. Den förflyttningen tillhör arbetsuppgifter av operatören på station 1 (segment 1). Transporten består av två arbetsmoment som beskrivs i figuren.



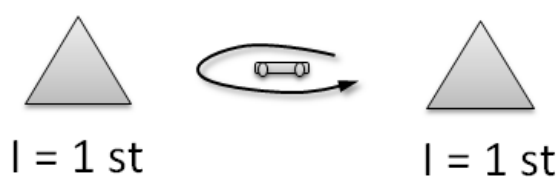
Figur 24. HTA-analys för fotstegsförflyttning

4.3. Del C. Förbättringar

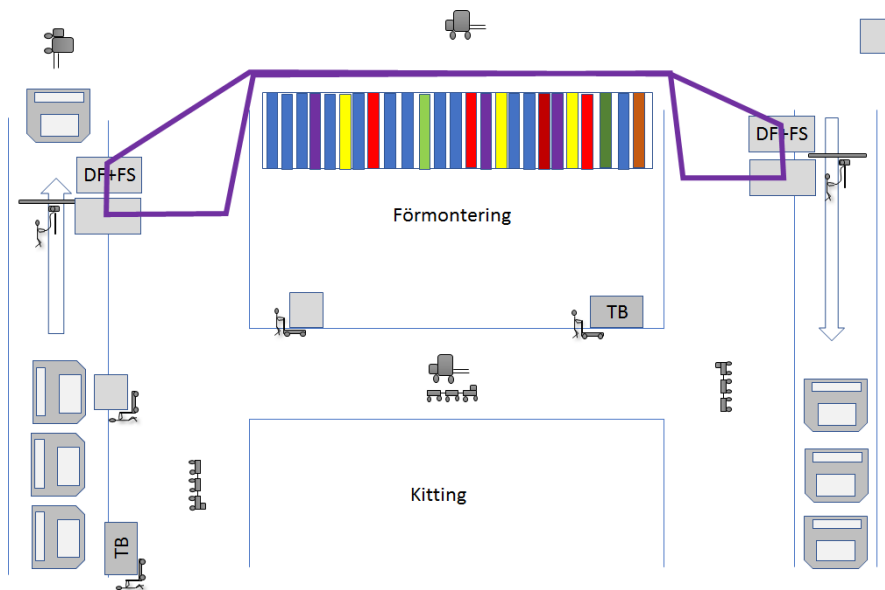
Dörrfixturer och fotsteg transporteras i samma områden och i ett liknande flöde men vid olika tidpunkter. Varje taktid krävs det en dörrfixtur och två fotsteg - höger och vänster. De installeras på hytten samtidigt vid samma station. Det innebär att både enheter kan förenas i ett flöde och transporteras samtidigt på en och samma vagn varje taktid. Transport ska utföras av AGC som har tillräckliga kapaciteter för att leverera en dörrfixtur och två fotsteg varje taktid i form av enstycksflöde.

VSM och Spagettidiagram. Dörrfixturer/Fotsteg

Trucktransporter och manuella förflyttningar ersattes med kontinuerliga AGC transporter varje taktid. Buffertar eliminerades och hela flödet ändrades till enstycksflöde. För den nya VSM-kartan och spagettidiagrammet se figuren nedan.



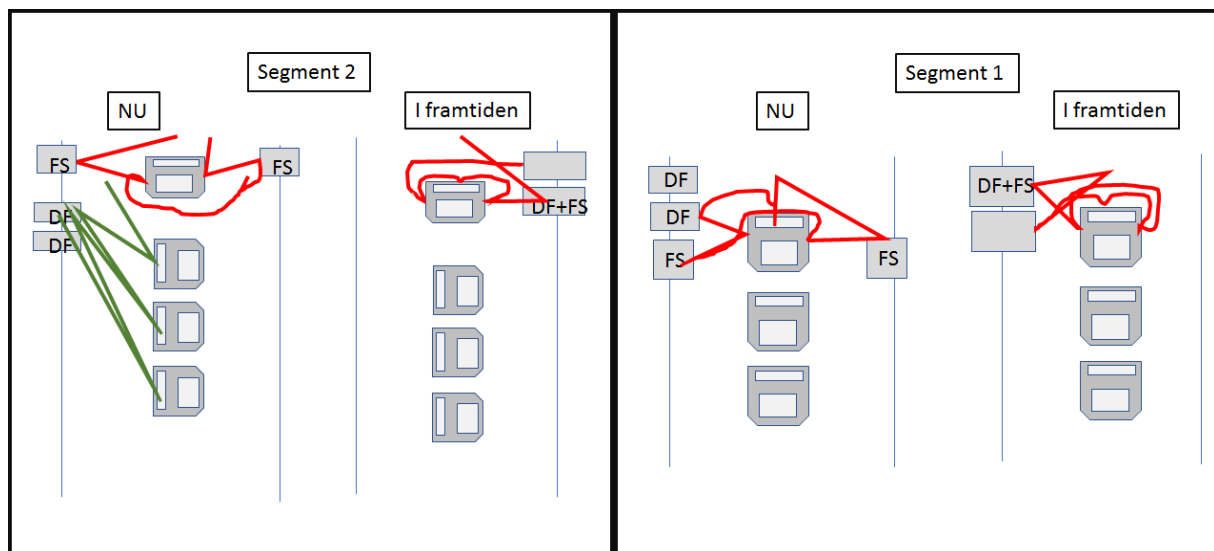
Figur 25. VSM karta över framtidsläge



Figur 26. Spagettidiagram över framtidsläge

Transportrutten som AGC utför är en enkel bana med få svängar. Den kan lätt övervakas vid behov utan att extra resurser krävs.

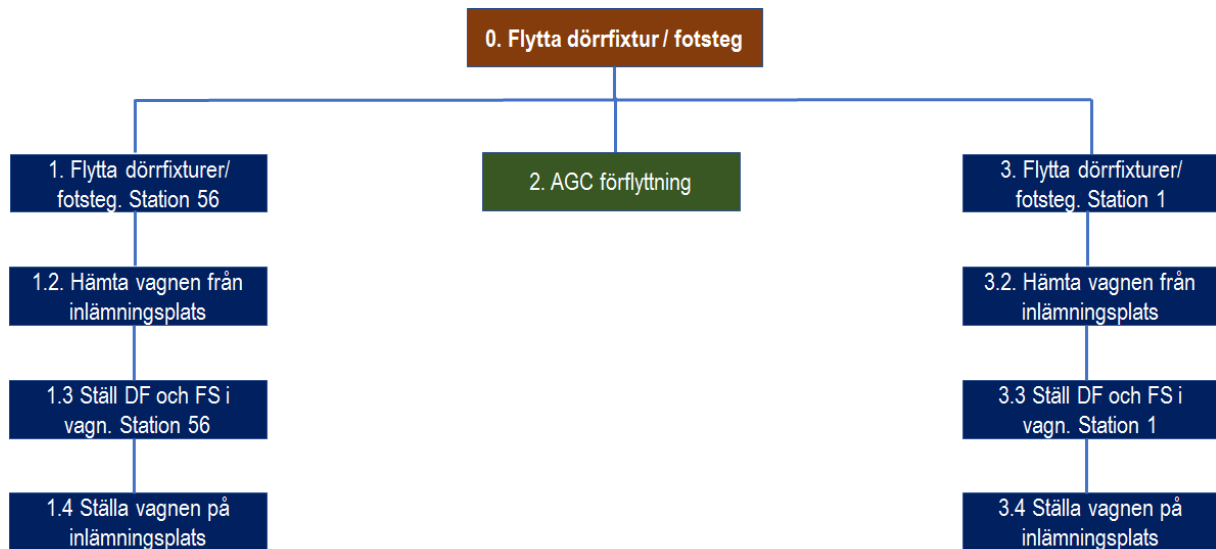
Förändring i flödet påverkade sekvensen av arbetsmoment som är kopplade till dörrfixtur och fotstegs hanteringarna. Rörelser som operatörer utför i nuvarande tillstånd och förslag på rörelser i framtiden dokumenterades i form av spagettidiagram. Se figuren nedan.



Figur 27. Spagettidiagram över sekvensen av arbetsuppgifter på monteringslinan

HTA-Analys. Dörrfixturer/Fotsteg

Två flöden förenades i ett. Det påverkade HTA-analys av framtidsläge. Den nya analysen visar tydligt att operatören behöver inte längre lämna sin station och att alla förflyttningar utanför monteringslinan utförs av AGC. Antalet huvudarbetsmoment minskas från fem till tre. Två av de genomförs av operatörer och ett av AGC.



Figur 28. HTA över framtidsläge

4.3.1. Analys av förbättringar

I det valda området skall AGC flytta dörrfixturer och fotsteg mellan två segment på hyttmontering. Som det nämndes i resultatkapitlet förenades två tidigare separata flöden i ett. Buffertar vid förbrukningspunkt har tagits bort och hela flödet omvandlades till enstycksflöde.

Enligt J.K. Liker reducerar enstycksflöde variation - slöserikälla "mura". Standardiserat arbetssätt eftersträvas. Hela systemet börjar bli mer förutsägbart och lätt planerbart (Liker, 2005). Tidigare visste inte operatören vid slutet av segment 2 hur många dörrfixturer som skall tas bort. Beroende på situationen hanterades fixturer från en, två eller tre hytter åt gången, vilket innebär varje, varannan eller var tredje takttid. Fotsteg däremot plockades bort varje takttid. I början av segment 1 behövdes dörrfixturer och fotsteg samtidigt och hanterades varje takttid.

Förflyttning av dörrfixturer var inte den enda arbetsuppgift som truckförare utförde. På grund av att alla arbetsmoment genomfördes i turordning var det svårt att förut säga just när gaffeltrucken hamnar i det högtrafikerat området. Fotstegsförflyttning utfördes av operatörer i början av segment 1 och orsakade betydande variation i balanseringen.

Stora buffertar skapades vid förbruknings punkt på båda segment. Det bekräftar J.K. Likers uttalande om att muda, i detta fallet buffertar vid förbrukningspunkt, är följd av att mura, variation (Liker, 2005).

Med enstycksflöde i det området kan variation minskas markant vilket förenklar produktionsplanering och tar bort slöserikällan mura - variation. J.K. Liker nämner muri eller överbelastning som andra slöserikällan vilket innebär säkerhetsrisker och ergonomiska risker (ibid.). Säkerhetsrisker i form av tunga transportfack med sju dörrfixturer och operatörer med fotstegsvagnar i högtrafikerat område tas bort. Ergonomiska

problem elimineras vid rätt design av förflyttningsvagn som innehåller fotsteg endast för en hytt. Både transporter ersätts med AGC.

4.4. Del D. Kostnadsuppskattning

Kostnadsuppskattning gjordes utifrån prislista från leverantören. För att analysera lönsamheten för företaget användes risk- och ergonomianalyser. Varje tillbud och ergonomiska problem i ett område är prissatt. Det innebär att eliminering av varje problem och tillbud borde reducera kostnaderna för företaget. Kostnadsuppskattning visade att minskningen av risker täcker utgifterna för AGC.

5. Diskussion

Examensarbetet genomfördes i form av fallstudie. För att uppnå maximal objektivitet och opartiskt resultat tillämpades triangulering. Alla observationer var passiva för att undvika påverkan på deltagare. Observationer stödjades med intervjuer. Hänsyn togs till synpunkter från olika perspektiv, från anställda med varierande erfarenheter. Olika parter hade ibland polära åsikter om samma fråga. Det försvårade generalisering och samling av alla erfarenheter och åsikter i en modell. Vissa faktorer som betraktades är aktuella för en fabrik men oväsentliga för en annan. Till exempel, trafiksituation i lastbilsfabrik och motorfabrik. Det kan skapa förvirring vid tillämpning av den utvecklade modellen, därför skall personen som arbetar med modellen ha en viss kompetens inom området.

För att upptäcka eventuellt svaga punkter skulle modellen ha kunnat testas på flera stationer på fabriker med olika produkter.

När det gäller reliabilitet skall det nämnas att modellen gäller för en viss fabrik som tillverkar en viss produkt med hänsyn till befintlig teknik. Modellen skall anpassas och justeras vid behov. När det handlar om den analyserade processen kan särskilda avvikelser uppstå (till exempel, antal pallar vid Point of use). Detta är möjligt på grund av produktionsmiljö inte är statisk och förändringar sker kontinuerligt.

Två huvudfrågor preciserades i början av rapporten:

- I vilka situationer är det lämpligt att automatisera förflyttning av artiklar med AGC?
- Är det lönsamt för företaget att införa AGC?

AGC betraktas som en automatiserad transportlösning. Enligt Thomas B. Sheridan skall arbetsuppgifter automatiseras om eventuella mänskliga fel orsakar säkerhetsrisker (Sheridan, 1995). Automation skall vara inriktad på att underlätta arbete för människor, ta bort ergonomiska problem och monotona uppgifter (ibid.).

Transporter är ofta enformiga uppgifter. De är varken utvecklande för operatörer eller värdeadderande för kunden (Liker, 2005). I fall med AGC utförs omotiverande uppgifter av automation. Det frigör tid för operatörer som kan istället delta i arbetsaktiviteter som höjer kompetens och ger positiv känsla av stolthet för sitt arbete.

Transporter i produktionsområde betraktas som slöseri (Liker, 2005). Enligt Modig N. och Åhlström P. kan transporter elimineras med hjälp av ändringar i fabrikslayout (ibid.). I Tuvefabriken är det svårt att genomföra på grund av lyftverktyg som krävs för dörrfixturer. Sådana arbetsuppgifter skall automatiseras. Först skall förslag på förbättringar utan automation framtas. Sedan beroende på om det finns risker eller tidspress, om operatörer behöver stöd kan automatiserade lösningar betraktas.

I sin artikel "Trust in Automation" nämner Hoffman R.R. att förtroende i automation kan försvinna fort under tidspress eller vid närvaro av uppenbara fel (ibid.). Operatören väljer att inte använda automatiserade lösningar om förmåga att utföra uppgifter

manuellt bedöms högre än automationens (Parasuraman, 2008). Bainbridge L. talar om att förmågan att utföra uppgifter som förväntas att tas över i kritiska situationer minskas med tiden (Bainbridge, 1983). Operatören kan vara inkapabel att realisera de arbetsuppgifter som automatiserades (ibid.).

AGC är en ny teknik i Tuvefabriken, operatörer är inte vana vid automatiserade lösningar. Det krävs tid att behärska den tekniken, vänja sig vid användningssätt och lära sig dess starka och svaga sidor, dess beteendemönster. I produktionsmiljö är det vanligt att tidspress uppstår och vissa fel kan orsaka tids och pengar förluster. Om operatören inte är van vid tekniken kan varje hinder ha en negativ påverkan på människans förhållande med maskinen. Det är anledning till att börja med enkla och korta körsträckor. Vid behov kan operatören ta kontroll över AGC:ns uppgifter och eventuella fel kan snabbt åtgärdas utan att större skador inträffar. I annat fall kan förtroende för automation försvinna. De flesta transportuppgifter kan utföras av oerfarna operatörer, vilket innebär att problemet som lyftes av Bainbridge inte uppstår i detta fall. I framtiden när tekniken är väl bekant i fabriken kan svårare och längre uppdrag utföras av AGC, till exempel leverera vagnar till olika ställen.

Automation skall införas för att stödja människor i deras arbete, eliminera överbelastningar. Minskning av antal operatörer får inte vara ett huvudmål med implementering av automation annars kommer operatörer betrakta den som hot för sitt arbete. Det kan resultera i motstånd mot automatiserade lösningar, vilket i sin tur kan bromsa företagets tekniska utveckling.

Intern riskanalys samt beskrivning av ergonomiska problem i området hjälpte vid uppskattning av lönsamhet för företaget. Det visade sig att eliminering av säkerhetsrisker och ergonomiska problem kan vara kostnadseffektivt för företaget som ägnar uppmärksamhet till välbefinnande av sina anställda.

6. Slutsats

Slutsatsen från undersökningar kan vara att automation införs som stöd för människor i deras arbete. Automatiska lösningar kan effektivt utföra nödvändiga men monotona och omotiverande arbetsuppgifter som ingen operatör vill utföra. Strävan efter minskning eller eliminering av slöserier i form av variation, överbelastning, säkerhets- och ergonomirisker, buffertar och transporter kan vara anledning till implementering av automation. I examensarbetet var det automatiserade transporter, nämligen Automated Guided Carts (AGC).

Målet med examensarbetet var utveckling av en modell för implementering av AGC. Den tillämpades på sex stationer i Tuvefabriken, vilket visade dess användbarhet vid utredning av implementeringen. Vid applicering i andra fabriker kan dock justering av modellen behövas då vissa faktorer kan vara av varierande betydelse vid olika produkter.

7. Källförteckning

AGC Implementation Handbook, 2017. Volvo AB

AGC in EMEA C&VA plants, Presentation av M. Latourre, B. Dantou

Bainbridge, L. (1983) Ironies of Automation, Automatic, Vol. 19, N.6

Bergman, B. et al. (2012) Kvalitet från behov till användning, Femte upplagan, Lund, Studentlitteratur

Bergman J. Presentation. Läst 2017. Volvo AB

Denzin, N.K. (2012) Triangulation 2.0, Journal of Mixed Methods Research.

Emiliani, M.L. et al. (2004) Leaders lost in transformation, Leadership & Organization Development Journal, Emerald Group Publishing Limited

Fasth Berglund, Å. (2016) Human Centred Automation_Del 1, LMT 108, föreläsning, Chalmers Tekniska Högskola, (2016-09-20).

Gunnarsson, R. (2002) Validitet och reliabilitet.
<http://www.infovoice.se/fou/bok/10000035.shtml>

Hoffman, R.R. et al. (2013) Trust in Automation. Human Centred Computing. IEEE Intelligent Systems

Hågeryd, L. et al. (2005) Modern Produktionsteknik Del 2, Stockholm, Liber

Liker, K. (2009) The Toyota Way, Malmö, Liber

Modig, N. et al. (2012) Detta är Lean: Lösningen på effektivitetsparadoxen, Andra upplagan, Stockholm School of Economics

Olsson, P. (2016) Design av Värdeflöden. VSM - Vale Stram Mappning, LMU305 Föreläsning, Chalmers Tekniska Högskola

Osvalder, A. et al. (2015) Kapitel 7. Människa-Tekniksystem, Arbete och Teknik på människans villkor, Stockholm, Present

Osvalder, A. et al. (2015) Kapitel 9. Metoder, Arbete och Teknik på människans villkor, Stockholm, Present

Parasuraman, R. et al. (1997) Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. Human Factors and Ergonomics Society

Parasuraman, R. et al. (June 2008) Humans: Still Vital After All These Years of Automation. Human Factors and Ergonomics Society

Rankin, A. Qualitative motored. Foreplaning. Last 2017.

Rother, M. et al. (1999) Learning to See. Value Stream Mapping to Create Mapping and Eliminate Muda. The Lean Enterprise Institute. Brookline, Massachusetts, USA.

Sheridan, T.B. (1995) Human Centered Automation: Oxymoron or Common Sense? Massachusetts Institute of Technology, MA USA

[Martyn Shuttleworth](#) (Apr 1, 2008) Case Study Research Design. Retrieved Apr 10, 2017 from Explorable.com: <https://explorable.com/case-study-research-design>

Slack, N. et al. (2016) Operations Management, Eighth Edition, Pearson Education Limited

Westling, M. (2012) Benchmarking. Metodbanken. Verktyg för möten, utveckling och utbildning. <http://www.metodbanken.se/2012/04/02/benchmarking/#more-1458>

Yin, R.K. (2003) Case study research. Design and Methods, Second edition, Sage Publications.

8. Appendix

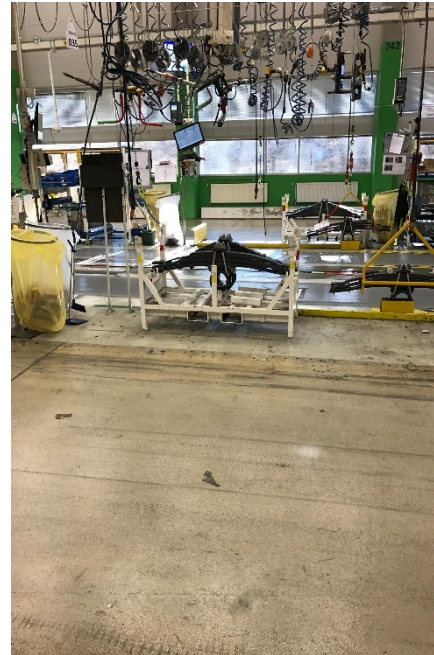
Växellådsbalkförmonteringsstation



Ventilförmonteringsstation



Bladfjäderförmonteringsstation



Front Shelf förmonteringsstation

