

Produktionsanalys med TESSPA - tillämpad på bearbetningslina

Johan Askaner & Peter Johansson

Industriell produktion
Maskinteknologi
Lunds tekniska högskola



FÖRORD

Detta examensarbete är utfört inom ett forskningsprojekt som bedrivs av institutionen för Industriell Produktion vid Lunds Tekniska Högskola, arbetet har genomförts på Haldex AB i Landskrona.

Vi vill tacka alla delaktiga under arbetes gång, utan er kunskap och erfarenhet hade det varit svårt att genomföra projektet på ett effektivt sätt. Även idéer och tankar från er har varit mycket värdefulla.

Ett speciellt tack till:

- Sten-Arne Ek, Verkstadschef, Haldex Brake Products
- Christer Bäckvall, Produktionstekniker, Haldex Brake Products
- Anders Andersson, Förbättringsledare, Haldex Brake Products
- Produktionspersonalen vid husbearbetningen, Haldex Brake Products
- Carin Andersson, Handledare, Lunds Tekniska Högskola
- Jan-Eric Ståhl, Examinator, Lunds Tekniska Högskola

Lund, November 2008

Johan Askaner

Peter Johansson

SAMMANFATTNING

Grunden till detta examensarbete är ett forskningsprojekt vid namnet TESSPA, som bedrivs på intuitionen för Industriell Produktion. Målet med forskningsprojektet är att skapa en länk mellan produktionsutveckling och ekonomi.

Examensarbetet har utförts på Haldex i Landskorna, Haldex är en världsomfattande koncern som tillverkar komponenter till fordonsindustri. Fordonsindustrin är en marknad som är hårt utsatt för konkurrens vilket betyder att en ständig effektivisering av produktionen är nödvändig. Haldex har infört en vision inom koncernen som heter *the Haldex Way*, det innebär att gemensamma mål ska uppfyllas. Det betyder att alla medarbetare på företaget måste vara delaktiga och jobba mot samma mål. Haldex har inlett flera projekt som ska leda till en effektivare produktion. Detta examensarbete kom in i rätt skede för att kunna följa en ombyggnad av en produktionslinje där bromshävarmar till tyngre fordon tillverkas. Ett av målen med examensarbetet är att få god kunskap om hur väl TESSPA fungerar i praktiken på ett företag. Ett annat mål är att utveckla kostnadsmodellen samt att simulera olika förbättringsförslag.

Som grund till utvärderingen genomfördes två olika uppföljningar av produktionen en före och en efter ombyggnaden. För att kunna göra en effektiv analys så används teori från SPA (Systematisk ProduktionsAnalys) för att sammanställa data som samlats in. Efter sammanställningen beräknas resultatparametrar och nyckeltal till analysen. Teorin som används är TES (TillverkningsEkonomisk Simulering) där en framtagen kostnadsmodell används vid simulera av detaljkostnaden.

Under produktionsuppföljningen framkom det att de största förlusterna i produktionen var stillestånds-förluster. De faktorer som dominerade stillestånden innan ombyggnaden var *processen* samt *personal och organisation*. Efter ombyggnaden sjönk processfaktorns bidrag till stilleståndsandelen. Den minskade stilleståndsandelen har bidragit till en minskning av produktionskostnaden givet att den frigjorda kapaciteten kan utnyttjas.

Beräkningar har genomförts på maskinernas tillförlitlighet, tillförlitligheten har använts till beräkningar av besparingspotentialen om utrustningen är i drift under obemannade tidsperioder. Författarna har också tagit fram en stillestånds-kostnad som är beroende av maskinutrustningens prestanda. I simuleringarna har effekten på detaljkostnaden med en ökad automationsgrad undersökts.

Kunskap om hur framtida undersökningar ska genomföras har samlats in och gett god erfarenhet av ett förbättringsprojekt. För en kontinuerlig uppföljning krävs någon form av automatiskt uppföljningssystem. En kontinuerlig uppföljning bör finnas för att kunna styra processen till att bli mer stabil. Haldex har fler projekt planerade och jobbar kontinuerligt med förbättringsprojekt, det kan ge goda resultat om arbetet fortsätter i samma utsträckning. Självklart finns det fler punkter att jobba på men Haldex är på väg i rätt riktning.

ABSTRACT

The foundation for this Master Thesis is a research project with the name Manufacturing Economic Simulation and Systematic Production Analysis (TESSPA), conducted on the institution of Industrial Production. The goal for the research project is to create a link between production and economy.

The Master Thesis has been carried out at Haldex in Landskrona. Haldex is a worldwide company that manufactures components for the automotive industry. The automotive industry is a market that is heavily exposed to competition, which means that a continuous streamlining of the production is necessary. Haldex has introduced a vision in the company called *the Haldex Way*. The vision consists of common goals on how to improve efficiency in the company. This means that all employees of the company must be involved and work towards the same goal. Haldex has launched several projects that will lead to a more efficient production. This Master Thesis came in just the right moment to do a production analysis before and after a conversion of a production line. The production line machines brake adjusters to the heavier vehicles.

One of the objectives of the Master Thesis is to gather knowledge of how TESSPA works in practice at a production unit. Another objective is to develop a cost model and simulate various improvement proposals.

The foundation of the production analysis is two production follow-ups one conducted before the conversion and one after. In order to do a efficient analysis the theory of SPA (Systematic Production Analysis) is used to evaluate the collected data. The performance parameters and key performance indicators that would be needed in the simulation where calculated. The theory used for simulation is TES (Manufacturing Economic Simulation) where a developed cost model is used to simulate the part cost.

The biggest loss in the production that was revealed during the production follow-up was the downtime. The two factors that contributed most to the downtime were the *process factor* and *staff and organization factor*. The contribution of the process factor to the downtime decreased after the conversion. The reduced downtime has contributed to a reduction of production cost given that the freed-up capacity can be utilized.

Estimates were also carried out on the machines reliability, this reliability was then used to estimate the potential savings if the equipment is in operation during unsupervised periods. The authors have also calculated a downtime cost

that is dependent on the production unit's performance. In the simulations, the impact on the part cost with an increased automation degree was investigated.

Knowledge of how future studies should be carried out has been collected and given good experience of improvement projects. In order to have a continuous production follow-up requires some form of automatic monitoring system. A continuous monitoring should be used to guide the process to become more stable. Haldex has more projects planned and are working continuously with the improvements, it will give good results if the work continues in the same way. Of course, there are more points to work on but Haldex is heading in the right direction.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	ii
Sammanfattning	iv
Abstract	vi
Innehållsförteckning	viii
Symbollista	x
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Företagspresentation	2
1.3 Problemformulering	8
1.4 Metodik	8
1.5 Ämnesområde	8
1.6 Syfte	8
1.7 Målsättning	9
1.8 Avgränsning	9
1.9 Målgrupp	9
1.10 Metod	9
2. Teori	13
2.1 Systematisk ProduktionsAnalys, SPA	13
2.2 Kostnadsmodell för en planeringspunkt	21
2.3 Typer av layouter	23
2.4 The Haldex Way	24
2.5 Lean Production	26
3. Processbeskrivning	29
3.1 Layoutbeskrivning före ombyggnad	29
3.2 Maskinbeskrivning	31
3.3 Layout efter ombyggnad	33
3.4 Omställningsförfarande	35
3.5 Kvalitetskontroll	35

3.6	Kvalitetsuppföljningen	35
4.	Analys	37
4.1	Anpassning av kostnadsmodell.....	37
4.2	Uppbyggnad av Produktionssäkerhetsmatriser.....	37
4.3	Uppföljning före ombyggnad.....	38
4.4	Detaljkostnadsanalys, del 1	47
4.5	Produktionsuppföljning efter ombyggnaden.....	53
4.6	Detaljkostnadsanalys, del 2	62
4.7	Jämförelse av resultat.....	67
4.8	Årlig besparing efter ombyggnaden	70
5.	Förbättringsförslag	71
6.	Diskussion	75
6.1	Resultatdiskussion	75
6.2	Egna erfarenheter av TESSPA	76
6.3	Resultat kopplade till The Haldex Way	77
6.4	Förslag till fortsatta studier	78
7.	Slutsats	81
8.	Referenser.....	83
9.	Bilagor.....	85
9.1	Bilaga A	85
9.2	Bilaga B	87
9.3	Bilaga C	88
9.4	Bilaga D	89
9.5	Bilaga E.....	90
9.6	Bilaga F.....	91
9.7	Bilaga G	92
9.8	Bilaga H	95
9.9	Bilaga I.....	97
9.10	Bilaga J	99
9.11	Bilaga K	101

SYMBOLLISTA

Symbol	Beskrivning	Enhet
A	Annuitet	kr/år
a	Driftkostnad	kr/år
A_q	Anläggningsutnyttjande	-
DT	Down Time	min
G	Grundinvestering	kr
k	Detaljkostnad	kr/st
k_A	Verktgyskostnad per detalj	kr/st
k_B	Materialkostnad per detalj	kr/st
k_{CP}	Maskintimkostnad vid produktion	kr/h
k_{CS}	Maskintimkostnad vid stillestånd	kr/h
k_D	Lönekostnad	kr/h
k_{ideal}	Detaljkostnad vid ideala produktionsförhållanden	kr/st
K_q	Kvalitetsutbyte	-
k_U	Underhållskostnad per detalj	kr/st
MDT	Mean Down Time	min
MTBF	Mean Time Between Failure	min
n	Antal stopp	st
N	Totalt antal detaljer som behövs vid tillverkning av N ₀ detaljer	st
N₀	Nominell seriestorlek	st
N_Q	Totalt antal kasserade detaljer	st
n_{tot}	Totalt antal tillverkade detaljer under uppföljningen	st
N_{tot}	Totalt antal detaljer	st
q_B	Materialspillfaktor	-
q_p	Taktförlust	-
q_Q	Kassationsandel	-
q_s	Stilleståndsandel	-
r	Internränta	-
t₀	Nominell cykeltid per detalj	min
t_{OV}	Nominell cykeltid	min
T_P	Produktionstid för en hel batch	min
t_p	Takttid	min
t_{pbb}	Medelfunktionstiden	min
T_{Plan}	Planerad produktionstid	min
t_S	Stilleståndstid	min
T_{SFK}	Tid som utgör fri kapacitet	min

T_{SU}	Ställtid för en batch	min
U_q	Utnyttjandegrad	-
U_{RB}	Utnyttjandegrad	-
x_p	Processutvecklingsfaktor, takt	-
x_{su}	Processutvecklingsfaktor, ställtid	-
η_E	Tillverkningsekonomisk verkningsgrad	-
K_C	Kostnadsfaktor	-

1. INLEDNING

Till att börja med beskrivs bakgrunden till detta examensarbete. Efter det beskrivs företaget. Sedan beskrivs mål och avgränsningar för detta examensarbete.

1.1 Bakgrund

Inom fordonsindustrin har konkurrensen ökat mycket de senaste åren, en bidragande orsaken till det är Asiens ökade produktion, även ökande råvarupriser gör att vinstmarginalen minskat för företag på marknaden (*Gruppen, Fordons Komponent, 2005*). Kunderna är i dagens läge inte villiga att betala den ökande kostnaden som uppkommer utan köper då heller ett annat märke om produkten blir för dyr. För att förhindra att det händer så måste företagen effektivisera produktionen så att deras vinstmarginal ska hålla sig på samma eller ökande nivå. De flesta företag i Sverige som bedriver produktion driver kontinuerliga effektiviseringsprojekt för att upprätthålla företagets mål och visioner. Om inte produktionseffektiviseringar hade gjorts så skulle stora delar av Sveriges produktionsindustri flyttas till andra länder med lägre löner. (*Gruppen, Fordons Komponent, 2005*)

Trots att de flesta företag arbetar med någon typ av effektiviseringsprojekt så finns det ofta outnyttjade resurser som oftast företaget inte upptäckt pga. att uppföljningen av produktionen inte fungerar optimalt. Många företag har uppföljningssystem som registrerar stillestånd, kassationer och taktförluster. I vissa fall används inte insamlade data på rätt sätt pga. att det finns bristande resurser för att analysera data för att förbättra produktionen. Därför behövs det ett bättre och enklare verktyg som kan användas som hjälpmedel för att urskilja alla kostnader knutna till produktionen och därefter kunna simulera olika scenarier för att bestämma vilka åtgärder som kan vidtas för att öka lönsamheten.

Examensarbetet har bakgrund i ett forskningsprojekt inom produktionsutveckling vid avdelningen Industriell Produktion på Lund Tekniska Högskola. Forskningsprojektet benämns TESSPA (TillverkningsEkonomisk Simulering och Systematisk Produktions Analys) och grundar sig i en matematisk modell som beskriver samtliga kostnader ifrån varje förädlingssteg som sammantaget ger den totala tillverkningskostnaden för produkten. Modellen tar hänsyn till olika faktorer vilket möjliggör testning och simulering av olika utvecklingsförslag för att hitta de utvecklingsaktiviteter som ger störst kostnadseffekter. Modellen har utvecklats för att skapa en länk mellan ekonomi och teknik som tidigare saknats. Forskningsprojektet drivs i samarbete med Haldex Brake Products i Landskrona som identifierat ett behov att intensifiera arbetet med att effektivisera

produktionen. Arbetet inriktar sig på att studera och analysera kassationer, stillestånd och taktförluster på en produktionslinje innehållande bearbetningsmaskiner för att urskilja om det finns vissa kritiska moment i produktionen som kan förbättras. En jämförelse av produktionslinans kapacitet före och efter ombyggnad kommer också att genomföras.

Haldex har ett eget förbättringskoncept benämnt *The Haldex Way* som innehåller företagets gemensamma mål och visioner. *The Haldex Way* har införts för att stärka Haldex's position på marknaden och för att öka konkurrenskraften på en tuff marknad.

1.2 Företagspresentation

Haldex är en komponenttillverkare inom fordonsindustrin, där tillverkning sker inom fler olika områden. Den största produkten är bromshävarmar, som används till trumbromsar på lastbilar och bussar runt om i världen. Produktionen av bromshävarmen finns på 5 platser i världen varav Landskrona är en av dem.

1.2.1 Historia

Allting startade i Landskrona år 1914 av grundaren Enoch Thulin. Han var flygare och flygtekniker så han startade produktion av flygplan under namnet Enoch Thulins Aeroplanfabrik. Företaget blev Sveriges första flygplantillverkare som även började tillverka bilar 1920. Tillverkningen av flygplan visade sig inte vara lönsam och upphörde helt redan 1919. För att göra det tydligt att man inte längre arbetade med flygplanstillverkning döptes företaget om till AB Thulinverken. Även biltillverkningen gick allt sämre pga. första världskriget vilket ledde till att fabriken gick i konkurs den 23:e augusti 1920. Företaget kunde sedan rekonstrueras 1922 som Förvaltningsaktiebolaget Teve, AB Thulinverken kunde sedan återta sitt namn 1925. Thulinverken fortsatte sedan att tillverka motorfordon och karosserier under 20- och 30-talet. Eftersom denna produktion inte heller gått så bra, startades mekanisk produktion av vävstolar. Efter ytterligare ett antal år startade Thulinverken produktion av bromssystem vilket ledde till att de köptes upp av Svenska AB Bromsregulator i Malmö 1958. Detta företag kommer sedan att ingå i Haldexkoncernen, som är grunden till dagens Haldex Brake Products AB i Landskrona. (Landskrona Museum, 2005)



Figur 1.1 - Thulin A20 Phaeton 1920 (AB Thulinverken, 2007)

Haldexkoncernen bildades 1985 genom en sammanslagning av tre olika företag, Graphyttan, Haldex och Hesselman vilka bildade en världsomfattande koncern. Från början var det fjädertrådstillverkningen från Graphyttan den stora delen i koncernen med 50 % av omsättningen. I dagens läge är det bromssystem som tagit över den ledande positionen och ligger på omkring 57 % av omsättningen. (Haldex Historia, 2006)

Flera företag har köpts upp efter sammanslagningen, vilket medfört att Haldex har fått en bred bas med fler olika produktområden som bromssystem, hydrauliksystem och kopplingssystem mm. En uppåtgående marknad är fyrhjulsdraft till personbilar. År 1992 kunde det första patentet förvärvas för ett nytt fyrhjulsdraftkoncept. Därefter kunde serietillverkning av fyrhjulsdraften påbörjas 1998 och har sedan dess ökat och ligger nu på 11 % av omsättningen. (Haldex Historia, 2006)

1.2.2 Organisation

Haldex är ett börsnoterat företag som i dagens läge omsätter ca 8 miljarder svenska kronor och har ca 6000 anställda världen över. Haldexkoncernen bedriver verksamhet inom fyra olika divisioner, de visas i figuren nedan.



Figur 1.2 - Haldex's olika divisioner

Commercial Vehicle Systems utvecklar, tillverkar och säljer bromssystem till lastbilar, släpvagnar och bussar. Produkterna som tillverkas ingår i delsystem eller är huvudkomponenter i ett komplett luftbromssystem. Inom verksamheten tillverkas många olika typer av produkter uppdelade i fem affärsområden.

- *Actuators* tillverkar bromscylinrar som ska överföra energin som finns i tryckluften i systemet till rörelse för att kunna bromsa.
- *Air Management* tillverkar produkter som ska avfukta tryckluft i bromssystem så att systemet fungerar korrekt och för att minska slitaget.
- *Brake Controls* tillverkar utrustning som ska reglera lufttrycket i ett bromssystem, exempelvis ventiler.
- *Foundation Brake* tillverkar själva bromsprodukten, alltså skivbromsar, bromsok och bromshävarmar.
- *Friction products* tillverkar bromsbelägg till skivbromsar och trumbromsar till de flesta typer av lastbilar, både lätta och tunga.

Tillverkning sker över hela världen, Commercial Vehicle Systems har verksamhet i Brasilien, Indien, Kina, Mexiko, Storbritannien, Sverige, Tyskland, Ungern och USA. I dagens läge har Commercial Vehicle Systems ca 15 % av världsmarknaden. Flera av de enskilda affärsområdena har mycket större andel av marknaden inom sitt område. Totalt står Commercial Vehicle Systems för 57 % av omsättningen i Haldex koncernen. (Commercial Vehicle Systems, 2007)

Hydraulic Systems har i sitt produktprogram hydrauliska pumpar, kraftsystem och bränslemotarpumpar till dieselmotorer som sina viktigaste områden. Produkter inom området hydraulik levereras till lastbilar, entreprenadmaskiner och lantbruksmaskiner m.m. Till dieselmotorer levereras bränslepumpar och produkter som renar vevhusgaserna i motorn. Alfdex tillverkar reningssystemet och är ett samarbete mellan Haldex och Alfa Laval. Alfdex är ett relativt nystartat företag, med en uppskattad marknadsandel på ungefär 5 % av hydraulikmarknaden. Tillverkning sker i Kina, Sverige, Tyskland och USA. Hydraulic Systems står för 18 % av omsättningen. (Hydraulic Systems, 2007)

Graphyttan Wire tillverkar avancerad fjädertråd i olika legeringar för tillämpningar i främst förbränningsmotorer som behöver fjädrar för att styra ventiler. Andra områden är transmissionsfjädrar till växellådor. För att tillverka högpresterande fjädrar så krävs det ett mycket rent utgångsmaterial som håller hög kvalitet. En fjäder till exempelvis en ventil i en motor har som krav att klara hela motorns livslängd utan störningar. Det gör att stabilitet i processen är mycket viktig för att tillfredsställa kunden. Tillverkning sker på tre ställen i världen, Kina, Sverige och USA. Omsättningen ligger på 14 % av Haldex totala omsättning. Graphyttan Wire har en världsledande position inom avancerade fjädrar, de har totalt en tredjedel av världsmarknaden. (Graphyttan Wire, 2007)

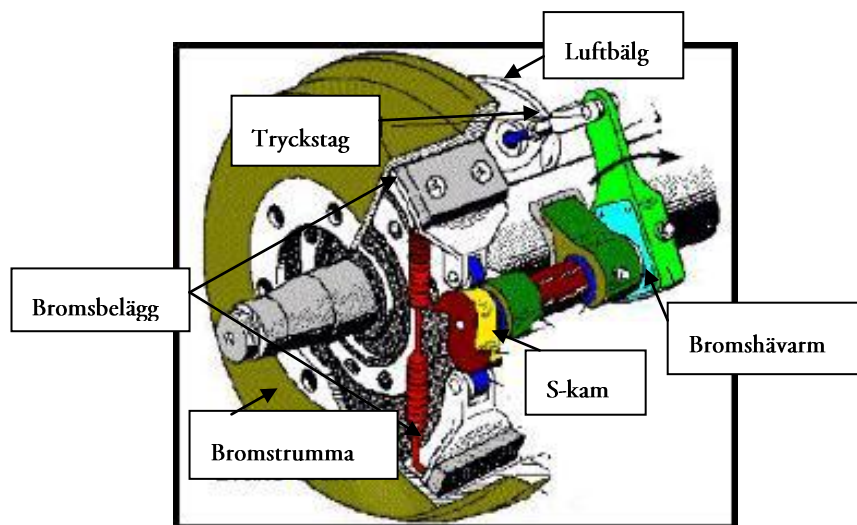
Traction Systems tillverkar den mest kända av Haldex produkter. Många har kommit i kontakt med produkter från Traction Systems när de köpt eller åkt en fyrhjulsdriven bil. Traction Systems tillverkar elektroniska reglerbara system för fyrhjulsdrift till personbilar som kallas AWD-system (All Wheel Drive system). Reglerbarheten i systemet gör att samverkan mellan andra system i bilen blir bättre, vilket fungerar ungefär som en intelligent fyrhjulsdrivning. Mjukvaran till systemet kan anpassas efter kundens önskemål om t.ex. köregenskaper, vilket gör att kopplingen blir enkel att anpassa till flera olika utförande. Tillverkningen sker i huvudsak i Sverige frånsett viss förmontage i Ungern. Haldex har i dagens läge 24 % av marknaden i Europa och 2 % i Nordamerika. Kunder är fler av de stora biltillverkarna som Volkswagen, Ford och deras andra bilmärken som Audi, Skoda, Volvo. (Traction Systems, 2007)

Föreliggande examensarbetet sker på *Foundation Brake* i Landskrona.

1.2.3 Produktpresentation

Bromssystemet i tunga fordon som lastbilar och trailers innehåller oftast trumbromsar. Trumbroms är en gammal konstruktion som fungerar bra vid låga temperaturer <300°C. Skivbromsen marknadsandel ökar på lastbilsmarknaden för de tål högre belastning och temperaturer vilket ger kortare bromssträcka. Oftast monteras skivbromsar fram på lastbilar för belastningen är störst där. Nackdelen är att skivbromsen är dyr att serva och underhåll, det gör att trumbromsar oftast monteras bak på lastbilar och släpvagnar där belastningen inte är så stor. En förklaring till varför belastningen inte är så stor bak är att den största bromsverkan ska ligga på framhjulen, detta pga. att man inte ska få sladd när man bromsar.

En trumbroms är uppbyggd av en trumma som omsluter två bromsbackar, se figur 1.3. De två bromsbackarna läge styrs av en S-kam profil som trycker ut bromsbackarna mot trumman när man trycker på bromspedalen i lastbilen. När backarna trycks ut så uppstår det friktion vilket genererar bromsverkan. Då bromstrycket upphör dras bromsbackarna tillbaks med hjälp av en fjäder. I mindre fordon som personbilar sitter det istället för en S-kam en kolv som styrs av oljetryck. I lastbilar används istället tryckluftssystem för att styra bromsarna, det gör att själva luftbälgen kräver stort utrymme vilket gör att den måste placeras utanför bromstrumman för att spara plats åt så stora bromsbelägg som möjligt. Det är därför man måste använda sig av en axel och en bromshävarm för att sammankoppla systemet. I figur 1.3 visas en enkel bild över hur en trumbroms på ett tyngre fordon fungerar.



Figur 1.3 – Luftstyrd bromstrumma till tyngre fordon (Air brakes)

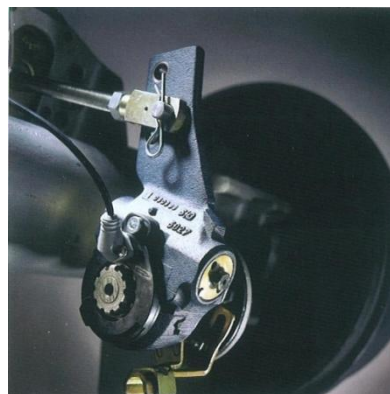
För att trumbromsarna ska vara driftsäkra har Haldex Brake Products AB i Landskorna utvecklat en bromshävarm som innehåller en automatisk justering av bromsbeläggens läge efterhand som de slits vid användning. En mekanism i hävarmen justerar backarnas läge så att det alltid är rätt spel mellan bromsbackarna och trumman. Till följd av det så höjs säkerheten avseende att lastbilen har alltid samma bromsverkan. Utan självjusterande bromshävarmar behövs mycket tätare justeringsintervall eftersom beläggen slits kontinuerligt.

Haldex tillverkar två olika typer av hävarmar, S-ABA (Self-setting Automatic Brake Adjuster) (t.v. i figur 1.4) och AA1 (Automatic Brake Adjuster) (t.h. i figur 1.4). AA1 är den äldsta versionen och har tillverkats sedan slutet av 60-talet, vissa förbättringar har självklart gjorts men grundidén är den samma. Själva hävarmen finns i en stor mängd olika utförande för att tillgodose olika kunders krav, huskroppen är däremot densamma för alla AA1-modellerna. S-ABA är den nya generationen bromshävarmar från Haldex Brake Products, vars fördel är enklare montering på fordonet eftersom den är självinställande. Det finns även till S-ABA en mängd olika typer av hävarmsutförande för att tillfredsställa kundernas krav, i bilaga E finns en översikt över antalet utformning av hävarmar till S-ABA. Antal hål på hävarmen varierar beroende på kundens krav. Vissa önskar många hål för att få en mer universell hävarm, andra behöver bara ha ett hål för att hävarmen ska passa. Haldex erbjuder även extrautrustning till bromshävarmarna, i form av en digital sensor som känner av hur mycket bromsbelägg som finns kvar på bromsbackarna vilket visas på instrumentpanelen inne i lastbilen. Utrustningen kallas LWS (Lining Wear Sensor) och mäter vinkeln på S-kammen för att avgöra

hur mycket belägg som finns kvar. Utan LWS så måste chauffören krypa in under lastbilen för att se i vilken vinkel S-kammen befinner sig i och avgöra om det är dags för service av bromsarna. (Haldex Brake Products AB, 2006)



Figur 1.4 - S-ABA (Self-setting Automatic Brake Adjuster) (t.v) och AA1 (Automatic Brake Adjuster) (t.h) (Haldex Brake Products AB, 2006)



Figur 1.5 – Bild på hur bromshävvarmen är monterad. (Haldex Brake Products AB, 2006)

1.2.4 Produktionen på Haldex Brake Products AB

Produktionen i Lanskrona är en storskalig serietillverkning av många olika komponenter till bromssystem för tyngre fordon. Det här examensarbetet inriktar sig på husbearbetningen av bromshävvarmen. I Lanskrona finns det totalt 4 olika produktionslinjer som tillverkar bromshävvarmar. Bilaga A visar flödet i produktionen. Linjerna skiljer sig relativt mycket åt, de har olika ålder vilket spelar stor roll när det gäller effektivitet och arbetsmiljö. De är också olika uppbyggda med olika layouter och antal maskiner vilket leder till att linjerna behöver olika bemanning och har olika cykeltider.

Produktionen sker i 3-skift plus två helgskift, vilket gör att maskinerna står stilla enbart några timmar under söndag natt. Efterfrågan på bromshävvarmar är för tillfället mycket stor så det finns i princip ingen ledig kapacitet på linjerna i dagens läge. Det senaste tillskottet är den fjärde linan som enbart består av en fleroperationsmaskin, cellen betjänas av robotar och driften kräver enbart en operatör. Arbetet inriktar sig på en bearbetningslina som består av 4 maskiner som är sammankopplade med transportband. Linan genomgår en ombyggnad under sommaren 2008 för att öka maskinutnyttjandet och på så vis öka kapaciteten i produktionen.

1.3 Problemformulering

Examensarbetet har som uppgift att analysera produktionsprestanda och detaljkostnaden hos en bearbetningslina för bromshävarmar. Inriktningen blir att studera stillestånd, kassationer och taktförluster. Två Systematiska ProduktionsAnalyser (SPA) kommer att genomföras för att jämföra produktionslinan före och efter ombyggnad genom att räkna ut nyckeltal från insamlad data. Identifiering av alla kostnadsposter genomförs med hjälp av personal på Haldex. TillverkningsEkonomisk Simulering (TES) med utvecklade kostnadsmodeller används för att ta fram olika förbättringsförslag.

1. Vad är produktionsprestandan?
2. Vad är detaljkostnaden?
3. Hur påverkas prestandan och detaljkostnaden av ombyggnaden?
4. Vilka förbättringar kan genomföras mot bakgrund av produktionsanalysen och hur påverkar förbättringsförslagen detaljkostnaden?

1.4 Metodik

Metodiken i detta examensarbete inriktar sig på att använda aktionsforskning. Aktionsforskning börjar med att man observerar en situation (Höst, Regnell, & Runesson, 2006), vilket i detta fall kommer att vara en produktionslinje på Haldex Brake Products i Landskrona. Genom observationen tydliggörs vilka problem som behöver hittas lösning till. Data kommer att samlas in i kvantitativ form för att få fram nyckeltal på hur produktionslinjen fungerar. Efter observationen genomförs analys av data och utarbetning av förslag till en lösning.

1.5 Ämnesområde

Arbetet ligger inom ämnesområdet tillverkningsekonomi och tillverkningssystem med inriktning att knyta samman dessa två ämnesområden. Även produktionsutveckling och stabila processer innefattas i ämnesområdet.

1.6 Syfte

Examensarbetet har som syfte att analysera vilka faktorer som inverkar på tillverkningskostnaden samt bestämma detaljkostnaden med en för ändamålet utvecklad kostnadsmodell. Ytterligare ett syfte är att identifiera konkreta förbättringsförslag som kan implementeras hos Haldex i kommande effektiviseringsprojekt. Utvecklad metodik kommer även att användas för att analysera förändringar i produktionsprestanda före och efter en ombyggnad av den aktuella bearbetningslinan.

1.7 Målsättning

Målet med examensarbetet är dubbelt där en målsättning är kopplad till pågående forskningsprojekt där målet är att utveckla generiskt användbara modeller och metoder. Därför är målsättningen att använda modeller i en industriell tillämpning för att undersöka implementerbarheten. Företagets målsättning är att få fram en mer detaljerad detaljkostnad i produktionen. Även utvärdering av ombyggnationen är ett mål. Med hjälp av resultat från produktionsuppföljningen är också målet att kunna ta fram förbättringsförslag för produktionen.

1.8 Avgränsning

Eftersom det finns fyra bearbetningslinjer på Haldex så blir begränsningen att enbart göra produktionsuppföljning på en lina eftersom examensarbetet är tidsbegränsat. Bearbetningslinjan som även kallas för Process 1 skall följas. Det skall också genomföras en ombyggnad av linjen så det fanns ett stort intresse på företaget att genomföra en uppföljning både före och efter för att få en utvärdering av ombyggnaden.

Process 1 består av fyra maskiner som är sammankopplade i ett flöde. Enbart S-ABA modellen bearbetas i Process 1 under uppföljningsperioden, AA1 bearbetas i de andra linjerna så det blir inte några omställningar under uppföljningen.

Miljöaspekter i produktionen tas ej upp i detta arbete.

1.9 Målgrupp

Med utgångspunkt i forskningsprojektet så kommer examensarbetet att rikta sig i första hand till personer som är involverad i projektet. Haldex som företag är en mycket viktig målgrupp eftersom de är dem som har nytta av olika resultat som tas fram under arbetet. Avdelningen för Industriell Produktion på Lund Tekniska Högskola kommer också att ha användning för resultat om hur arbetet har genomförts. I andra hand är målgruppen för arbetet andra examensarbetare som har inriktat sig på likande områden. Examensarbete kommer även vara tillgängligt för andra personer som har ett intresse av eller arbetar med produktionsförbättringar.

1.10 Metod

Examensarbetet har genomgått flera olika steg för att åstadkomma de resultat som redovisas i kommande kapitel.

1.10.1 Litteraturstudie

Litteraturstudierna inleddes med att studera grundläggande teori om planering och genomförande av ett examensarbete, boken som använts heter *Att genomföra examensarbete* (Höst, Regnell, & Runesson, 2006) och beskriver grunderna för ett examensarbete. Information om *The Haldex Way* har också studerats, det är viktigt att veta vad företaget har för mål och värderingar innan ett projekt startas så att arbetet följer företagets arbetsprinciper. För att genomföra uppföljningen har litteratur om TESSPA studerats i boken *Industriella Tillverkningsystem – Länken mellan teknik och ekonomi* (Ståhl, 2007) där mycket av den teori som använts finns. Ytterligare information har studerats i tidigare genomförda examensarbeten och vissa sidor på internet har också använts för att samla in information. All information om produktionen och produktionskostnader på Haldex har personalen i anknytning till produktionen varit en informationskälla.

1.10.2 Produktionsanalys

För att genomföra en effektiv och bra produktionsuppföljning är det viktigt att ha insikt och förståelse i hur produktionen fungerar. Därför inleddes i ett tidigt skede kontakt med personal som arbetar med produktionen på företaget. Stora delar av de första veckorna på företaget ägnades åt att studera flödet och produktionslinan. Samtal med operatörer har genomförts i processen där användbar information om rutiner och procedurer studerats. Kontakt med nyckelpersoner (produktionstekniker, kvalitetsansvarig) har varit viktigt för att hitta detaljerad information om processerna. Egna observationer har också gjorts för att förstå alla moment och upptäcka fel som uppstår.

1.10.3 Datainsamling

Syftet med datainsamlingen är att koppla produktionsförluster till rotorsaker. Därför används ett systematiskt sätt att generera detaljerad information under uppföljningsarbetet. Det skapar förutsättningar att öka kunskaper om vilka orsaker som ligger bakom exempelvis oplanerad stillestånd. Produktionsuppföljningen sker manuellt genom att befinnas på plats under hela förmiddagsskiftet. Förmiddagsskiftet valdes på grund av att det då finns ansvarig personal på plats så som produktionstekniker och handledare. Under insamlingsperioden är all personal i anknytningen till produktionslinjen informerade om syftet med projektet, vilket ger en bättre kommunikation mellan observatörerna och operatörerna. Operatörerna är en mycket viktig informationskälla under insamlingsperioden för det är från dem information om orsaken till ett stillestånd kan hämtas. För att få fram tillförlitliga data så följs förmiddagsskiftet under 8 dagar både vid första utvärderingen och efter ombyggnaden av linan.

Under uppföljningsperioden observerade en person kontinuerligt linjen. Linjen innehåller fyra stationer varav de två första stationerna är de styrande. Det gör att de två första maskinerna observeras mer utförligt för att registrera alla stillestånd. Detaljer som samlats in är följande:

- När inträffade händelse?
- Vad var orsaken?
- Vad ledde orsaken till?
- Hur lång tid tog det att lösa?
- Vad kunde förhindra händelsen?

Insamlingen sker manuellt av författarna. Det enklaste sättet att samla in data kommer att vara skriftligt på papper. Datorer blir problem att använda för det är en smutsig miljö där rester av skärvätska och smörjmedel finns på arbetsbänkarna i produktionen. Detta gör att insamlade information skrivs in i ett Excel dokument i efterhand. Det tas också fram en mall för insamlingen av data för att få en bättre struktur och översikt under insamlingen.

En viktig del är att kunna ta hand om den insamlade informationen på ett strukturerat sätt. En ProduktionsSäkerhetsMatris (PSM) användas för varje station Process 1 för att systematiskt kunna urskilja var de största störningarna finns. Sammanställningen ska också användas för att räkna fram nyckeltal som ska användas i de simuleringar som genomförs.

1.10.4 Simulering

Utvecklad kostnadsmodell innehåller faktorer för att simulera hur förändringar i produktionen påverkar detaljkostnaden. Med hjälp av att analysera olika faktorerers inverkan har man prioriterat bland potentiella förbättrings- och utvecklingsaktiviteter för att uppnå bäst kostnadseffekt. Under simuleringen kan man studera effekter av kombinerade förbättringar. Som hjälpmedel används matematikprogrammet MathCad.

2. TEORI

Föreliggande teori erhålls från (Ståhl, 2007). I detta kapitel behandlas teorierna inom TESSPA - TillverkningsEkonomisk Simulering och Systematisk ProduktionsAnalys. Vid den tillverkningsekonomiska simuleringen används man systematisk produktionsanalys för att få fram indata. I den systematiska produktionsanalysen har produktionssäkerhetsmatrisen en central roll för att åskadliggöra och knyta samman produktionsförlusterna med bakomliggande orsaker. Produktionssäkerhetsmatrisen är uppbyggd av resultatparametrar och faktorgrupper. Eftersom detta examensarbete innehåller två studier av en produktionslina, en studie innan och en studie efter det att produktionslinjen har byggts om till två kortare linjer med ett mellanlager, behandlas grundläggande teorier om linjelayouter.

2.1 Systematisk ProduktionsAnalys, SPA

Systematisk produktionsAnalys (SPA) är ett verktyg som används för att följa upp en produktionsprocess. Den kan användas som underlag för beslut kring förändringar och utveckling av produktionssystem. En SPA skall beskriva och avspegla verkliga produktionsförhållanden. Ett verktyg för att utföra en SPA är produktionssäkerhetsmatrisen som byggs upp av faktorgrupper och resultatparametrar.

2.1.1 Resultatparametrar

Resultatet från en förädlingsstation eller ett produktionsavsnitt kan beskrivas med ett antal resultatparametrar. Resultatparametrarna kan i de flesta fall uttryckas i absoluta tal. Primärt indelas resultatparametrarna i tre huvudgrupper enligt följande:

- **Kvalitetsparametrar** avseende på dimensionskrav, ytkrav och egenskapskrav samt i vissa fall funktions och prestanda krav, Q_1, Q_2, \dots, Q_n .
- **Stilleståndparametrar** avseende stillestånd orsakade av processrelaterade händelser, planerade och oplanerade stopp, S_1, S_2, \dots, S_n .
- **Takt- eller produktionshastighetsparametrar**, parametrar som direkt uttrycker eller beskriver t.ex. antal detaljer per tidsenhet eller avverkad spånvolym per tidsenhet.

Miljö och återvinningsfrågor får en allt större aktualitet. I samband med bedömning av en produkts miljöbelastning måste hela produktens livscykel beaktas. I detta sammanhang är det viktigt att utöver detaljens eller produktens ingående material och materialkombinationer även beakta bl.a. de verktyg, utrustningar och processtillsatser som krävs under förädlingen. Mot denna bakgrund har resultatparametrarna även kompletterats med miljö- och kretslopps- parametrar, s.k. MK-parametrar för att på detta sätt kunna ge en heltäckande bild över produktionsresultatet och dess totala effekt.

- Miljö- och kretsloppsparametrar, vilka beaktar bl.a. verktyg, utrustning, processtillsatser och energiförbrukning samt produktionsspill och återvinningsbarhet, MK_1 , MK_2 , ... MK_n .

2.1.2 Faktorgrupper

Faktorparametrarna är nästa steg i den systematiska produktionsanalysen som anpassar produktionssäkerhetsmatrisen till processen som ska undersökas. De kopplar olika verkstadstekniska förädlingsmetoder (tillverkningsmetoder) till ett antal så kallade faktorgrupper (A-G) som beskriver och styr inflytandet på produktionssäkerhetsmatrisen. Faktorgrupperna beskriver de bakomliggande orsakerna till de störningar som påverkar processen. För olika tillverkningsmetoder kan ett antal faktorgrupper beskriva hur förädlingsmetoden påverkar resultatparametrarna. Varje faktorgrupp kan bestå utav ett stort antal enskilda faktorer som kan verka enskilt eller tillsammans. Att redovisa dessa faktorgrupper på ett systematiskt sätt är nödvändigt för att få en övergripande bild av produktionsresultatet. Syftet är att kunna återknyta faktorerna till resultatparametrarna och identifiera faktorer som har stort inflytande på detaljkostnaden. Faktorgrupperna A-D kan ses som indata till förädlingsystemet medan grupperna E och F är en följd av den löpande produktionen. Indelningen i faktorgrupper är tämligen generell och kan efter viss modifiering tillämpas på i stort sett samtliga tillverkningsmetoder.

Följande indelning i faktorgrupper kan göras:

- A. Verktyg** – Geometri-, yt- och materialrelaterade faktorer. Verktygets prestanda har ett stort inflytande på samtliga resultatparametrar. Verktygsfaktorn samverkar med de övriga faktorerna och en utveckling eller en förbättring av verktygsfaktorn måste göras i samverkan med arbetsmaterialet. Exempel på utveckling av denna faktor är hårbearbetning av härdat stål med CBN verktyg för att ersätta den lågproduktiva slipningen.

-
- B. Arbetsmaterial och ämne** – Geometri-, yt- och materialrelaterade faktorer. När man förbättrar arbetsmaterials producerbarhet får den färdiga produktens egenskaper inte försämrats. Om olika typer av förädlingar sker av produkten måste kompromisser inte bara göras med avseende på produktens egenskaper utan även mellan de olika tillverkningsmetoderna.
- C. Förädlingsprocessen** – Utrustnings- och processrelaterade faktorer. Tillverkningsutrustningens prestanda styrs av många enskilda faktorer. Under de senaste åren har trenden gått mot allt mindre seriestorlekar vilket har gjort att stora insatser för att förbättra ställtiden mellan olika serier har genomförts. Ökad maskinprestanda kan erhållas på många olika sätt exempelvis genom ökade krafter, temperaturer, hastigheter eller förbättrad precision. Detta leder till ökade krav på verktyg och maskinkonstruktioner.
- D. Personal och organisation** – Handhavande, instruktioner, arbetsformer och bemanning. Inom konceptet Lean Production är D-faktorn centrum och utgör den huvudsakliga drivkraften till produktionsutveckling. Exempel kan vara mer utbildning för att få en mer kompetent och engagerad personal.
- E. Slitage och underhåll** – Underhåll som följd av produktion. Underhållets insatser är starkt korrelerade till faktorgrupperna A, B, C och D när man söker s.k. säkra processfönster med hög förutsägbarhet. Flera förädlingsprocesser är starkt beroende av en genomtänkt strategi. Utvecklingen inom området syftar till att minimera omfattningen av underhåll som leder till oplanerade stillestånd.
- F. Speciella processbeteenden** – Unika processuppträdanden. Faktorgruppen hanterar process eller metods specifika uppträdanden.
- G. Kringutrustning** – Materialhanteringsutrustning m.m. hantering och fixturering är beroende av arbetstyckets utformning. För att minska störningar bör hanteringsutrustningen ha en hög precision och fastspänningsnoggrannhet samtidigt som arbetstyckena är anpassade för automatisk uppspanning.
- H. Oidentifierade faktors inverkan.** För att inte försämrats precisionen när man gör en systematisk produktionsanalys har man med en faktorgrupp för okända faktorer.
-

2.1.3 Produktionssäkerhetsmatrisen

Kombineras resultatparametrarna och faktorgrupperna i en matris där faktorerna bildar kolumner och resultatparametrarna bildar rader fås den så kallade produktionssäkerhetsmatrisen (PSM), se tabell 2.1 Produktionssäkerhetsmatrisen knyter samman styrande faktorer med produktionsresultatet. Förlusterna i en industriell produktionsprocess kan beskrivas av tre olika parametrar; kassationer, stillestånd och taktförluster. Dessa tre agerar i ett samspel där en förbättring av en parameter kan leda till en försämring av en annan. För att hindra detta måste en processutveckling och kompetenshöjning ske kontinuerligt.

Följande användningsområde finns för PSM:

- Uppföljning av löpande produktion i syfte att få underlag för förbättringsarbete.
- Utgöra underlag för framtida uppbyggnad av nya produktionssystem.
- Utgöra underlag för dokumentation av erfarenheter och kompetens.

Matrisens uppbyggnad visas i tabell 2.1.

Tabell 2.1 - Beskrivning av en Produktionssäkerhetsmatris (PSM)

Faktorgrupper A-H	Resultatparametrar				\sum Faktorer
	Q par.	S par.	P par.	MK par.	
A. Verktyg	↓	↓			↓
B. Arbetsmaterial		↓			
C. Process					
D. Personal & org	→				→
E. Slitage&underhåll	↓	↓			↓
F. Speciella faktorer	↓	↓			↓
G. Kringutrustning					
H. Okända faktorer					
Σ Resultatparametrar	→				→

2.1.4 Nyckeltal

Kvalitetsförluster beskrivs med kassationsandelen q_Q . En produkt eller en detalj kan ha stort antal kvalitetskrav som måste uppfyllas för att medge montering eller sammanfogning. Även funktionskrav måste uppfyllas. I dessa fall räcker det inte med att varje enskild detalj är korrekt utan dessa måste sättas samman på ett korrekt sätt för att funktionskraven skall uppfyllas. Kassationsandelen beräknas som:

$$q_Q = \frac{N_Q}{N_{tot}} \quad \text{Ekvation 2. 1}$$

N_Q = antal kassationer och N_{tot} = totalt antal detaljer.

Stillestånd erhålls p.g.a. en yttre eller inre störning som leder till produktionsstopp. Stillestånden kan indelas i planerade eller oplanerade stopp. Planerade stopp som t.ex. underhållsarbeten får vanligtvis mindre negativa konsekvenser än oplanerade stopp i form av maskinhaveri. Externa störningar som orsakar stillestånd kan vara strömavbrott eller uteblivna leveranser från underleverantör etc. Stillestånd i ett tillverkningssystem, tillverkningslinje eller enskild maskin beskrivs med stilleståndsandelen q_S eller q_{Si} för en specifik förädlingsstation, och beräknas enligt:

$$q_S = \frac{t_s}{t_p} \quad \text{Ekvation 2. 2}$$

t_s = stilleståndstid, t_p = produktionstid.

Taktparametrar eller produktionshastighetsparametrar beskrivs vanligtvis med produktionstakten R_p (antal detaljer per tidsenhet) eller produktionstiden per detalj t_p . Förlust eller förändring i produktionstakt beskrivs med den relativa taktförlusten q_p eller processutvecklingsfaktorerna x_p och x_{su} . Både taktförlusten och processutvecklingsfaktorerna är relaterade till en nominell cykeltid eller nominell ställtid. Med nominell tid avses en referens eller på förhand bestämd tid.

$$q_p = \frac{t_{0v} - t_0}{t_{0v}} \quad \text{Ekvation 2. 3}$$

t_{0v} = verklig cykeltid, t_0 = nominell cykeltid.

2.1.5 Totaleffektivitet

För att beräkna ett tillverkningssystem's totaleffektivitet E med avseende på utrustningen så används följande ekvation:

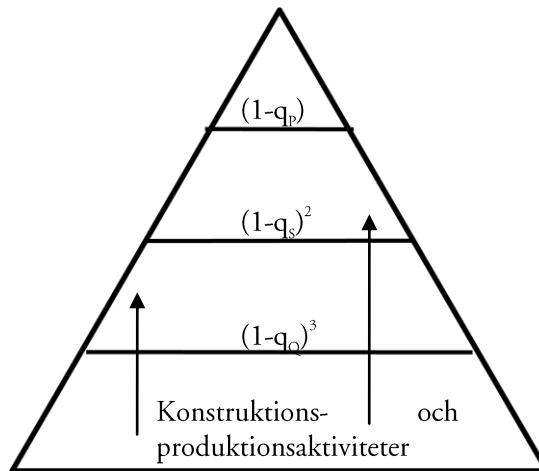
$$E_q = K_q * A_q * U_q \quad \text{Ekvation 2. 4}$$

Där K_q är kvalitetsutbytet i processen $(1 - q_Q)$, A_q är tillgängligheten som definieras $(1 - q_Q)(1 - q_S)$ och U_q betecknar utnyttjandegraden och uttrycks $(1 - q_Q)(1 - q_S)(1 - q_p)$. De ger tillsammans totaleffektiviteten på utrustningen i ett produktionsavsnitt.

$$E_q = (1 - q_Q)^3 (1 - q_S)^2 (1 - q_P)$$

Ekvation 2. 5

Utvecklingspyramiden nedan visar prioritetsordningen för insatser då E_q används som målfunktion.



Figur 2.1- Nyckeltalens inflytande på produktionskostnaden

Kassationerna har störst inflytande på processens totaleffektivitet. När en process ska förbättras ska man börja kontrollera kassationer och försöka minimera dessa så mycket som möjligt. Först när kassationerna är låga kan förbättringsarbetet fortsätta med att minska stillestånden och därefter kan takten i processen ökas. Ökas takten när man fortfarande har mycket kassationer bidrar det till ytterligare kassationer.

2.1.6 Tillverkningsekonomisk verkningsgrad, η_e

Vid beskrivning av ett produktionsavsnitt så kommer en tillverkningsekonomisk verkningsgrad η_E ge ett komplement till tidigare redovisade nyckeltal. Verkningsgraden beskriver hur stor del av tillverkningskostnaden som beror av förlustparametrarna.

$$\eta_E = \frac{k_{Ideal}(q_Q, q_S, q_P, T_{SU}, T_{SFK}, \dots = 0)}{k}$$

Ekvation 2. 6

Kvoten mellan de ideala kostnaderna för en produktion och de verkliga ger verkningsgraden för ett produktionsavsnitt. Verkningsgraden kan användas som en målfunktion inom förbättringsarbeten m.m. Värdet brukar anta mellan 0.4-0.6 i industriell produktion, värdet beror på flera faktorer som t.ex. produkttyp, producerbarhet, tillverkningsutrustning etc.

2.1.7 Over all Equipment Efficiency, OEE

Over all Equipment Efficiency översätts till utrustningseffektiviteten.

$$\text{Tillgänglighet} = T = \frac{\text{Disponibel tid} - \text{Stopptid}}{\text{Disponibel tid}} \quad \text{Ekvation 2.7}$$

$$\begin{aligned} \text{Anläggningsutnyttjande} = A &= \\ &= \frac{\text{Produktion}}{\text{Disponibel tid} * T * \text{Max produktionshastighet}} \quad \text{Ekvation 2.8} \end{aligned}$$

$$\text{Kvalitetsutbyte} = K = \frac{\text{Produktion} - \text{Defekta}}{\text{Produktion}} \quad \text{Ekvation 2.9}$$

$$\text{OEE} = T * A * K \quad \text{Ekvation 2.10}$$

Vid beräkningar av OEE tas hänsyn till 6 förluskällor:

1. Utrustningsfel
2. Omställning, verktygsbyte och justeringar
3. Tomgång och småstopp
4. Hastighetsförluster
5. Defekter i form av kassationer och justeringar
6. Kassationer vid uppstart

Förluskällorna kan sedan knytas till olika delar av totaleffektiviteten. Utrustningsfel och omställningar ger tillgängligheten T, tomgång och hastighetsförluster ger anläggningsutnyttjandet A och kassationer ger kvalitetsutbytet K.

2.1.8 Tillförlitlighet

När en produktionsuppföljning gjorts får man en mängd data som måste bearbetas på något sätt. Från uppföljningen kan man beräkna MTBF vilket är medeltiden mellan fel och MDT medelstilleståndstiden. MDT beräknas som:

$$\text{MDT} = \frac{\sum DT}{n} \quad \text{Ekvation 2.11}$$

Där DT är den totala stilleståndstiden som beror av utrustningen och n antal stopp som beror på utrustningen.

MTBF beräknas som:

$$MTBF = \frac{t_{tot}}{n} - MDT \quad \text{Ekvation 2.12}$$

Där t_{tot} är den totala uppföljningstiden.

2.1.9 Exponentialfördelning

Exponentialfördelning kan väntas uppträda så snart man undersöker tidsavståndet mellan företeelser som inträffar slumpmässigt i tiden såsom radioaktivt sönderfall och störningar i mekanisk utrustning. Frekvensfunktionen skrivs som:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad \text{Ekvation 2.13}$$

Och fördelningsfunktionen som:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad \text{Ekvation 2.14}$$

Där väntevärdet μ_x är:

$$\mu_x = \frac{1}{\lambda} \quad \text{Ekvation 2.15}$$

Applicerat på tid $x = t$ mellan fel anger fördelningsfunktionen sannolikhet för att en störning uppkommer under en viss drifttid där väntevärdet är $\mu_x = MTBF$ vilket ger att:

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{t}{MTBF}} \quad \text{Ekvation 2.16}$$

En exponentialfördelningen karakteriseras av att tiden till att ett fel skall inträffa oberoende av hur lång tid det gått sedan föregående fel inträffade. För att bedöma en utrustnings möjlighet att klara en viss tid med begränsad bemanning kan man beräkna dess funktionssannolikhet. Funktionssannolikheten för ett system efter en viss drifttid kan skrivas som:

$$R(x) = 1 - F(t) \quad \text{Ekvation 2.17}$$

Medelfunktionstiden under en specificerad tidsperiod t för ett system är:

$$\bar{t} = MTBF \left(1 - e^{-\frac{t}{MTBF}} \right) \quad \text{Ekvation 2.18}$$

För att kontrollera om insamlad data kan representeras av en statistisk modell sorteras alla TBF vilket är *tid mellan fel* i fallande ordning. För varje TBF_j erhålls ett värde på den empiriska fördelningsfunktionen enligt:

$$S_j = \frac{j}{k+1} \quad \text{Ekvation 2.19}$$

Där j anger platsen i listan. S_j plottas mot TBF_j tillsammans med en fördelningsfunktion exempelvis ekvation 2.16. Den empiriska fördelningsfunktionen jämförs sedan grafiskt med fördelningsfunktionen för att se om man har antagit rätt modell.

2.2 Kostnadsmodell för en planeringspunkt

Ekvation 2.20 beskriver kostnaden för en planeringspunkt som byggs upp utav verktygskostnad, materialkostnad, underhållskostnader, utrustningskostnad samt lönekostnad både under drift och vid stillestånd. Med en planeringspunkt anses ett avgränsat produktionssteg med en på förhand fastställd cykeltid t_0 , och där förlusttermer som t.ex. q_Q och q_P kan identifieras. En flödeslinje eller en enskild förädlingsutrustning kan båda utgöra en planeringspunkt. Lönekostnaden per timma, k_D , antas vara oberoende av om utrustningen är i drift eller står still. Vidare antas lönekostnaden under omställning vara den samma som under produktion. I lönekostnaden ingår omkostnader så som t.ex. arbetsgivaravgifter.

$$k = \frac{k_A}{N_0} \left[\frac{1}{n_{pA}} \right] + \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{(1-q_Q)(1-q_B)} \right] + \frac{k_{CP}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)} \right] + \quad \text{Ekvation 2. 20}$$

$$+ \frac{k_{CS}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)} \cdot \frac{q_S}{(1-q_S)} + T_{SU} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right] +$$

$$+ \frac{k_D}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)(1-q_S)} + T_{SU} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right] + K_U$$

Verktygskostnad per detalj

Den första termen i formeln är verktygskostnaden per detalj, där k_A är verktygets kostnad och N_0 multiplicerat med n_{pA} är det totala antalet detaljer som verktyget kan producera.

$$k = \frac{k_A}{N_0} \left[\frac{1}{n_{pA}} \right] \quad \text{Ekvation 2. 21}$$

Materialkostnad per detalj

Materialkostnaden k_B per detalj divideras med $1-q_Q$ och $1-q_B$ för att åskadliggöra hur kassationer och materialspill påverkar materialkostnaden.

$$k = \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{(1-q_Q)(1-q_B)} \right] \quad \text{Ekvation 2. 22}$$

Reducerad beläggning

En beläggningsgrad i ett tillverkningssystem som är mindre än 1 medför konsekvenser för detaljkostnaden. En reducerad beläggning kan ses som en tillgång i system eller ses som en belastning där man inte utnyttjar maskinerna fullt. Över en längre tid måste de tillverkade detaljerna bära upp den kostnad som den fria kapaciteten medför. Den reducerade beläggningsgraden beräknas genom att

använda den planerade produktionstiden T_{plan} och stilleståndstiden T_{SFK} som utgör den fria kapaciteten.

$$U_{RB} = \frac{T_{plan} - T_{SFK}}{T_{plan}} \quad \text{Ekvation 2. 23}$$

Maskinkostnad

Kostnadstermen k_{cp} beskriver utrustningskostnaden under drift och k_{cs} beskriver utrustningskostnaden vid stillestånd. Utrustningskostnaderna är svåra att praktiskt fastställa. I redovisningssammanhang finns olika principer som tillämpas beroende på den ekonomiska situationen. Syftet med tillverkningsekonomisk analys är bland annat att kunna jämföra olika produktionsutrustningar. Om avskrivningar används som utrustningskostnad och avskrivningstiden är kort leder det till att utrustningskostnaden drastiskt sjunker när avskrivningstiden är slut eftersom avskrivningarna då är noll.

$$k = \frac{k_{CP}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_p)} \right] + \frac{k_{CS}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_p)} \cdot \frac{q_S}{(1-q_S)} + T_{SU} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_p \right] \quad \text{Ekvation 2. 24}$$

Lönekostnad

Denna kostnadsterm beskriver lönekostnaden under all förädlingstid, ställtid och stillestånd. I kostnadsposten k_D ingår lön och sociala avgifter, semesterersättning och försäkringar för produktionspersonalen samt lönekostnader för specialister och arbetsledning som direkt kan knytas till produktionen ingår också.

$$k = \frac{k_D}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_p)(1-q_S)} + T_{SU} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_p \right] \quad \text{Ekvation 2. 25}$$

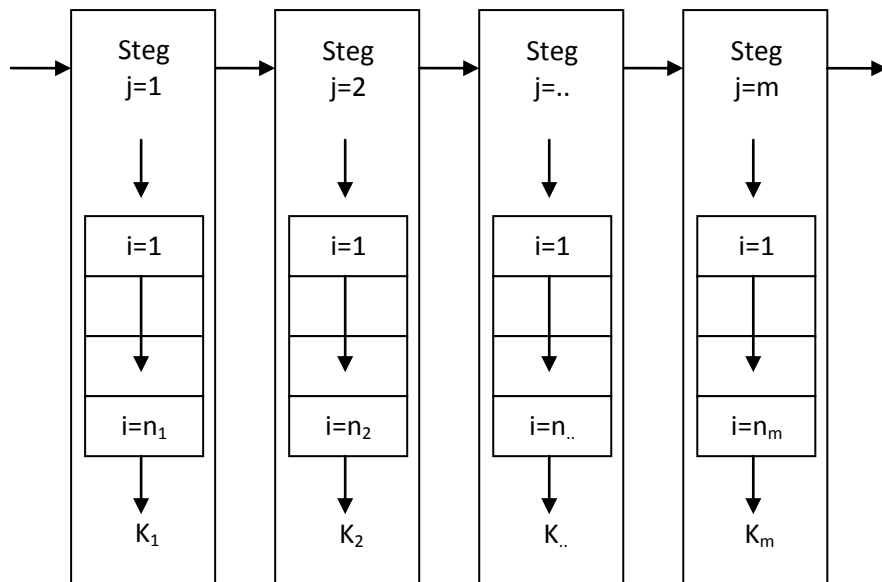
2.2.1 Detaljkostnaden vid flera förädlingssteg

Vid tillverkning av en detalj fordras oftast flera förädlingssteg. I varje förädlingssteg ingår en eller flera förädlingsstationer. I stationerna sker flera operationer med enskilda cykeltider. Förädlingen i det första steget $j=1$ sker i $i=n_1$ operationer, i det andra steget $j=2$ sker i $i=n_2$ operationer o.s.v. förädlingen sker totalt i m steg. Ekvation 2.26 kan inte användas utan eftertanke vid serietillverkning i flera stationer, den styrande stationens cykeltid måste användas om stationerna är helt beroende av varandra utan buffertar i mellan. Materialkostnaden skall endast användas för den första stationen där efter så används totala förädlingsvärdet i efterföljande station. Med hänsyn till att värde adderas till produkten efter de olika produktionsstegen ökar materialkostanden efter varje steg. Efter första förädlingssteget och inför det andra kan materialkostnaderna skrivas som:

$$k_{Bj} = k_{j=1} = \sum_{i=1}^{n_1} k_{1i}$$

Ekvation 2. 26

Metoden är användbar för att analysera kostnaderna för kassationer i det olika produktionsstegen och tydliggör den ökande kostnaden för kassationer sent i värdekedjan.



Figur 2.2 - Förädlingssteg i en serieproduktion

2.3 Typer av layouter

Vid uppbyggnad av ett produktionssystem kan man välja olika principer för att placera och gruppera sina maskiner tillsammans med stödjande logistiksystem. Följande två layouttyper är vanligt förekommande.

- **Funktionellt orienterad layout**, maskinerna ordnas efter typ av bearbetningsoperation. Denna layout är vanlig vid batchtillverkning där man har en stor produktflora eftersom bearbetningssekvenser kan varieras efter behov. Nackdelen med metoden är att materialflödet blir komplext med långa transporter och kötider.
- **Flödesorienterad layout**, maskinerna är uppställda efter bearbetnings- och operationsföljd för en viss produkt. Layouten ger en hög produktionstakt men kräver flera fasta installationer för materialhanteringsutrustning.

Tabell 2.2 - Karaktärsdrag för funktionell respektive flödesorienterad layout

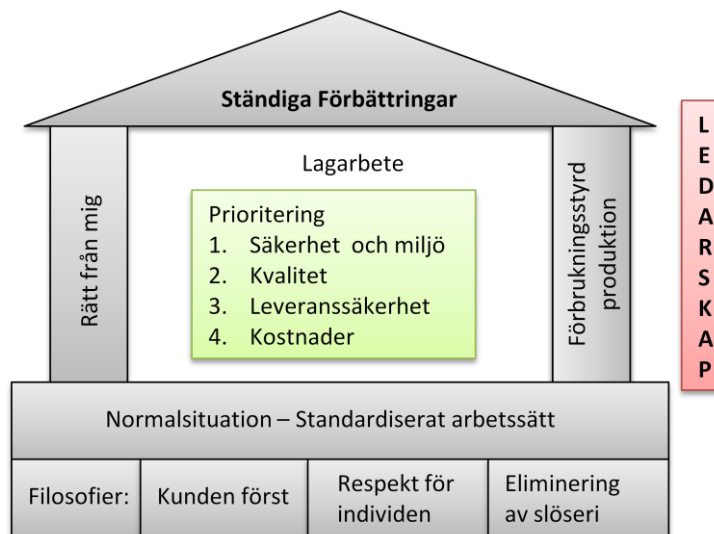
	Funktionell layout	Flödesorienterad layout
Genomloppstid för en batch	Hög	Låg
Produkter i arbete, PIA	Högt	Lågt
Störningskänslighet	Låg	Hög
Kapacitetsutnyttjande	Högt	Lågt
Planeringsbehov	Högt	Lågt

2.4 The Haldex Way

För att öka konkurrenskraften och lönsamheten i produktionen har man inom Haldex infört ett förbättringsprogram med namnet The Haldex Way. I slutet av 1990-talet började införandet av programmet med fokus på kundtillfredsställelse som i sin tur ska leda till en bättre och effektivare produktion. The Haldex Way införs inte enbart i produktionen utan är en filosofi som ska genomsyra hela verksamheten från högsta ledningen ner till slutkund. Haldexkonceptet har tre grundläggande värderingar som lyder:

- Kunden först.
- Respekt för individen.
- Eliminering av slöseri.

För att konceptet ska fungera så måste det finnas tydliga riktlinjer som ska följas om utvecklingen ska gå framåt. Grundvärderingarna och riktlinjerna illustreras i en bild som efterliknar ett hus, se figur 2.3



Figur 2.3 - Konceptet för The Haldex Way (The Haldex Way - Andra utgåvan, 2006)

I botten på huset ligger värderingarna som grund, sedan byggs huset vidare av *standardiserat arbetssätt*. Väggarna som håller uppe taket består av *rätt från mig* och *förbrukningsstyrd produktion* och inne i huset befinner sig *lagarbete* som en central roll för att allt ska fungera i förbättringsarbetet. Som tak ligger *ständiga förbättringar* vilket är en självklar plats pga. att det är först efter förbättringar är gjorda som man sedan måste förvalta och utveckla dessa vidare för att få produktionen så effektiv som möjlig. Om huset inte har någon grund att stå på är det ingen idé att börja bygga väggar och tak. (The Haldex Way - Andra utgåvan, 2006)

Som nämnts ovan så är lagarbete centralt för att lyckas, alla anställda på företaget måste ha samma tankegångar och alla måste dra åt samma håll är ett viktigt steg. Där ledningen har en central roll. Ett engagerat och tydligt ledarskap borgar för att skapa en engagerad och motiverad personal. Därför är det viktigt att ledningen visar engagemang och ger personalen information om vad som händer vilket ger mer engagemang. Utbildning är ett mycket viktigt inslag i förbättringsarbetet för att öka personalens kompetens vilket leder till en större känsla av anknytning till företaget vilket i sin följd ger bättre stämning motivation vilja att jobba för en effektivare produktion. Målet med att arbeta enligt The Haldex Way är att personalen ska undvika att och jobba mer för att producera mer utan med verktyg från *The Haldex Way* ska personalen jobba smartare. (The Haldex Way - Andra utgåvan, 2006)

2.5 Lean Production

Begreppet Lean Production som brukar översättas till "resurssnål produktion" indelas i fyra huvudområden enligt följande:

1. Produktutveckling (Lean Product Development)
2. Tillverkning (Lean Manufacturing)
3. Förhållande till underleverantör (Lean Suppliers)
4. Förhållande till återförsäljare (Lean Customer Relation)

Inom begreppet tillverkning finns det flera verktyg för att åstadkomma en resurssnål produktion. Det är inte helt definierat om vad som är den korrekta vägen för Lean Production utan uppfattningen skiljer från olika forskare. (Ståhl, 2007)

2.5.1 Kanban

Kanban är ett av det mest kända verktyget inom Lean Manufacturing. Syftet med att styra produktionen med ett kanbansystem är att få ett sug som uppstår längs hela förädlingsprocessen. När ett behov uppstår skickas ett kanbankort till den närmast föregående stationen så att en kedjereaktion uppstår som sprider sig allt längre tillbaka i kedjan. (Ståhl, 2007)

Några exempel på Kanban är:

- Ett tomt yta som indikerar att någon har förbrukat en produkt och denna produkt måste ersättas.
- En linje på ett transportband eller bana. När buffertnivån hamnar under linjen måste nya produkter produceras.
- Ett tomt utrymme på en transportvagn. Produktion sker till dess att vagnen är full.
- En tom låda med utrymme för ett visst antal detaljer.
- En elektronisk signal från en givare till en maskin så att maskinen börjar producera detaljer till dess att kundens lager är fullt. (Dennis, 2002)

2.5.2 5S

5S är ett verktyg som härstammar från fem japanska ord som börjar på bokstaven S. Vid översättning av orden blir det följande regler för en effektiv produktion.

- Skilj nödvändigt från icke nödvändigt
- Håll ordning och reda

-
- Städa upp
 - Standardisera arbetssätt
 - Disciplin i arbetssättet

Arbete med 5S ska bidra till en trevligare arbetsplats som ger ett effektivare arbetssätt om reglerna följs. Flera onödiga moment kan urskiljas och avskiljas från värdeskapande moment. (Ståhl, 2007)

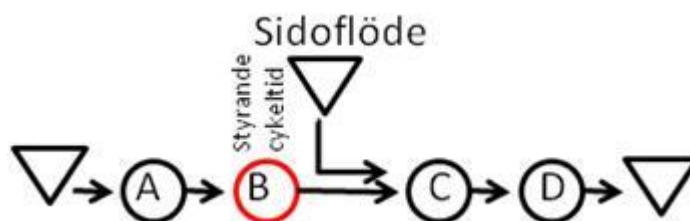
3. PROCESSBESKRIVNING

Produktionslinan som studeras kallas för Process 1 och beskrivs ingående för att få en klar bild över hur flödet och produktionen fungerar. En översiktsritning finns i bilaga A där flödet för de olika linjerna är beskrivet. Beskrivning av orsak till ombyggnaden beskrivs också i föreliggande kapitel.

3.1 Layoutbeskrivning före ombyggnad

Produktionslinan består av fyra bearbetningsstationer som är sammankopplade med transportband där paletter kan transporteras. Palettflödena visas med röda pilar på översiktsritningen, bilaga C. I tre av maskinerna lyfts detaljerna in automatisk, dessa moment är utmärkta med gröna pilar. Flödet av paletterna hanteras av sensorer utmed transportbandet, de läser av en palett och släpper igenom en palett åt gången fram till maskinen. De fyra bearbetningsstationerna kallas för A, B, C och D i den fortsatta beskrivningen.

Den färdiga produkten bromshävarmen byggs upp av 3 bearbetade detaljer och insatsråvaror. Detaljerna tillverkas vid olika bearbetningslinjer och visas i en sprängskiss i Bilaga E.



Figur 3. 1 - Flödesschema över Process 1

Station A: Till station A kommer pallar med gjutgods med varierande batchstorlek, där den vanligast batchstorleken är 150 detaljer. Ordern på batchen tas fram av operatören i ett datorprogram, där markerar operatören att ordern har tagits emot och aktiverar den så att det syns att den är i produktion. Programmet hanterar ordrar som befinner sig i flödet och ger då en spårbarhet. När ordern är aktiverad så matas pallen fram på ett rullband vidare till ett lyftbord som tiltar pallen för en enklare pålastning av bromshävarmhus. Husen placeras manuellt på paletter vilka cirkulerar i en bana genom de två första stationerna. Det finns ca 50 paletter så operatören hinner ladda en buffert innan första bearbetningsmaskinen. Operatören har därefter tid till andra arbetsuppgifter exempelvis kontrollmätning i några minuter innan det är dags för nästa

upplockning. I nästa steg transporteras husen fram till inmatning in i bearbetningsmaskinen, där huset plockas upp med pneumatiska lyftanordningar och förs in till bearbetningsfixturen inne i maskinen. Maskinen som bearbetar huset är en rundbordmaskin som bearbetar huset i 9 olika steg. När detaljen är klar efter bearbetning lyfts den ut på samma sätt som den lyfts in och placeras på en tom pallett som står och väntar. Efter det transporteras palletten vidare till nästa station.

Station B: Vid station B kommer ytterligare en pneumatisk arm att plocka upp huset och för in det till bearbetningsfixturen inne i maskinen för att bearbeta nästa sida. Maskinen i Station B är också av typen rundbord och bearbetar huset i 8 olika steg. Efter avslutad bearbetning för den pneumatiska armen ut huset till ett intilliggande transportband som visas på översiktsritningen i bilaga B, som transporterar huset vidare till nästa station. Totalt arbetar två operatörer tillsammans vid de två första maskinerna där de sköter upplockning, kontrollmätning, underhåll etc.

Station C: Efter transportbandet samlas tre bromshävarmshus ihop med hjälp av sensorer och laddas in i maskinen där bearbetning av hålen på hävarmen görs. Denna maskin som kallas D-hålsmaskin har stor kapacitet och förses även med detaljer från ett sidoflöde från andra linjer, vilket beskrivs i kapitel 3.1.2, då manuell avplockning och upplockning sker för att få ut så mycket av kapaciteten som möjligt i maskinen. Efter att hålen har borrats lyfts de tre detaljerna ut och transporteras vidare på transportbandet till sista stationen för Process 1.

Station D: Vid den avslutande stationen kommer paletter fram till en manuell inmatning där operatören plockar av husen från paletterna och in i maskinen. Efter att maskinen är klar plockar operatören av husen och hänger upp dem på en transportvagn som märks upp och transporteras vidare till efterföljande förädlingsprocesser. När hela batchen är klar går operatören som arbetar vid stationen in i datasystemet igen och markerar att batchen är klar och redo för nästa steg.

3.1.1 Buffertar i linjen

I nuläget finns det buffertar framför alla stationerna. Framför inmatningen i station A finns det plats för ca 50 paletter som buffert. Det finns totalt 54 paletter att tillgå på det första transportbandet som finns i anslutning till station A. Mellan station A och B finns det en mindre buffert pga. att man inte får plats med så långt transportband mellan maskinerna. Totalt ryms ca 10 paletter .

Efter att bearbetningen vid station B är klar så lyfts husen över till andra paletter som befinner sig på det andra transportbandet enligt figur 3.1. Det

transportbandet rymmer många fler paletter, ca 120st totalt. Detta har sin förklaring i att bormaskinen har en mycket varierande cykeltid pga. att vissa armar innehåller ett hål och vissa upp till sex hål. Det tar 22 sekunder att borra ett hål vilket gör att cykeltiden i bormaskinen kan variera mellan 22 sekunder upp till 132 sekunder. Det gör att det behövs många paletter för att klara av den varierande cykeltiden på ett bra sätt. Det blir alltså olika stor buffert för olika typer av armar.

När huset är färdigt i Station C transporteras det vidare till nästa bormaskin för smörjhålsboring, inmatning där sker manuellt och operationen har en cykeltid på 13 sek/hus. Operatören kan arbeta ikapp den upparbetade bufferten från den tidigare maskinen. Det leder till att bormaskinen för smörjhålet inte används hela tiden utan operatören kan ha andra arbetsysslor vissa perioder när Station C tar lång tid på sig. En viss buffert finns mellan bormaskinerna för att transportbandet kan fyllas upp under tiden operatören är borta. Det ska också tilläggas att vissa hus inte behöver något smörjhål, det gör att belastningen på smörjhålsmaskinen inte blir så stor för vissa batcher.

3.1.2 Sidoflöde

Det finns ett sidoflöde in till Process 1, se figur 3.1, från Process 2 och 4 för att bearbeta hålen på hävarmen. När bearbetning från sidoflödet genomförs kopplas flödet om så att det leds tillbaka till Station C igen. Innan dess så har en operatör lastat av de klara husen efter smörjhålsmaskinen och hängt på ett hus från Process 2 eller 4 som kommer på transportvagnar. Oftast är det olika typer av hävarmar som körs i sidoflödet än i det pågående flödet i Process 1. Därför kommer flödet i Process 1 att stoppas upp före Station C för att maskinerna måste ställa om för sidoflödet. Vid mindre sidoflöde kan Station A och B fortsätta producera hus eftersom det finns en buffert mellan Station B och C som tar någon minut att fylla upp. Station C kan sedan arbeta ikapp de två föregående maskinerna eftersom cykeltiden är låg. Om större volymer måste köras i sidoflödet stoppas Station A och B.

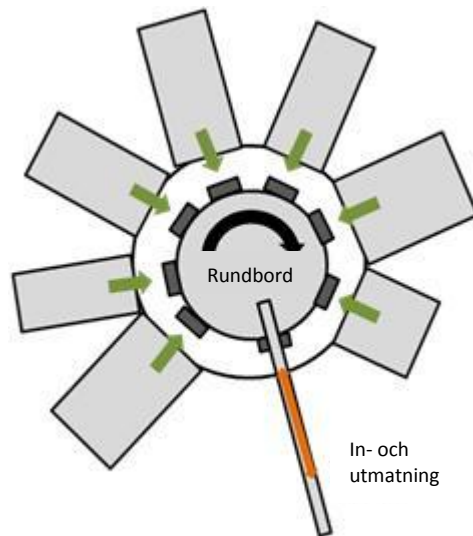
3.2 Maskinbeskrivning

Det finns fler typer av maskiner i Process 1 för att kunna bearbeta bromshävarmshuset på ett produktivt sätt. En beskrivning av typerna är till för att ge en förståelse för processen. Husbearbetningen i Process 1 är en masstillverkningsprocess med en hög tillverkningsvolym, hög produktionshastighet och med specialbyggda maskiner och specialverktyg. Produktionen sker visserligen i batcher men det är liten eller ingen skillnad på bearbetningen mellan batcherna förutom i de två sista maskinerna på linjen där placeringen och antal hål varierar mellan de olika artiklarna som produceras.

3.2.1 Rundbordmaskin

I Process 1 finns det två större rundbordmaskiner i början av linan och i slutet finns det en mindre variant. De två stora maskinerna i början av Process 1 är inte identiska. Den första maskinen innehåller nio olika bearbetningssteg och den andra innehåller åtta bearbetningssteg. Båda maskinerna kommer från samma tillverkare och är specialkonstruerade för just tillverkning av bromshävarmar. Rundbordmaskinen i slutet av Process 1 är mindre och innehåller tre bearbetningssteg. I en rundbordsmaskin finns det ett stort bord i centrum av maskinen, se figur 3.2, på vilket detaljer som ska bearbetas fästs. Det finns ett in- och utmatningssteg som automatiskt matar in detaljen och fäster den på fixturen som sitter på bordet. Därefter roteras bordet ett steg till första bearbetningsoperationen. Fräsverktygen kommer in från sidan och visas med gröna pilar i figur 3.2. Bearbetningsoperationerna genomförs parallellt vilket betyder att sju detaljer kan bearbetas samtidigt. Detaljerna flyttas kontinuerligt fram ett steg i maskinen. Steget med längst cykeltid blir det styrande momentet. Eftersom alla moment måste vara klara för att bordet ska kunna rotera ett steg. I Station A och B är det in- och utmatningen som är det styrande momentet, den visas med en orange pil i figur 3.2.

Service och byte av verktyg sker genom dörrar på sidorna av maskinen. Operatör måste gå in i maskinen för att kunna byta verktyg, det finns inget verktygsmagasin i en rundbordsmaskin så det är viktigt att följa bytesintervallerna på verktygen för att förebygga verktygshaveri. Det är relativt svårt att se vad som händer i en rundbordsmaskin för de flesta sidorna är täckta och själva processen är omsluten med motorer och spindlar till verktygen som måste få plats. Det är därför viktigt att det finns tydliga varningssystem som uppmärksammar operatören om något fel uppstår och var i maskinen som det problemet finns.



Figur 3.2 - Skiss över en rundbordsmaskin ovanifrån

3.2.2 Automatisk bormaskin

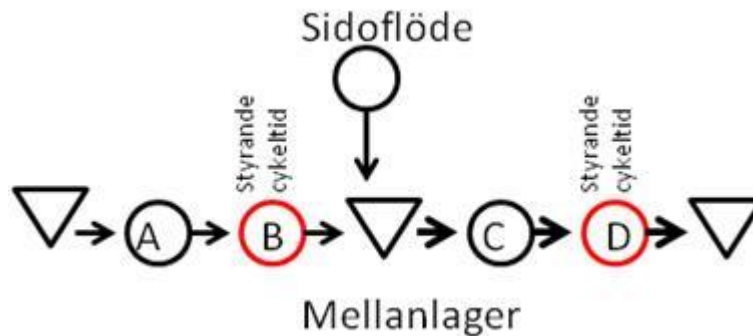
Bormaskinen som används på linjen är högt automatiserad och har en låg cykeltid per detalj. Den automatiska inmatningen hanterar tre detaljer åt gången och monterar dessa på fixturer på ett vändbart bord. Det gör att inmatningen kan ske samtidigt som borrning pågår. När detaljerna är klara så vrids bordet och detaljerna plockas av och placeras på tomma paletter. I bormaskinen används solida hårdmetallborrar som har hög avverkningshastighet och lång livslängd. Bormaskinen kan borra mellan ett till sex hål på en detalj, med förprogrammerade program för olika typerna av hävarmar. Det enda som behövs föras in är artikelnumret för att hämta rätt program. Operatören måste göra vissa justeringar i samband med omställningarna av modeller eftersom gjutgodset kan ha olika mått från olika batcher. Därför behövs det ibland en justering för att bussningshålet ska ligga rätt placerat. Operatören behöver också ibland byta borr mellan batcherna för vissa modeller på grund av varierande hålstorlek för bussningshålet.

3.3 Layout efter ombyggnad

Syftet med ombyggnaden är att öka genomflödet genom Process 1 och få en effektivare process, det realiserar både genom att uppgradera styrsystem och förändra materialhanteringen. Efter ombyggnaden blockeras inte Station A och B av sidoflöde, det gör att genomflödet kan ökas. Inmatningen i Station C sker mer kontinuerligt och sidoflödet får mindre väntetid vilket minskar PIA-värdet på husen. Eftersom momentet vid Station D sker helt automatisk tar det bort ett

monotont arbetsmoment och frigör samtidigt arbetskraft. Det är fortfarande tre manuella stationer på linjen men dessa är snabba och operatören behöver inte stå och vänta på att maskiner med långa cykeltider som fallet var vid Station D.

Efter semestern var ombyggnaden klar, nedan beskrivs vilka funktioner som installerats och vilka som tagits bort. Det finns en översiktsritning i bilaga C som visar var på linan som ombyggnaderna sker.



Figur 3. 3 - Flödesschema för Process 1 efter ombyggnaden

Första steget i ombyggnaden är ett styrsystemsbyte i Station A. Styrsystemet före ombyggnaden saknade erforderliga uppdateringsmöjligheter. Ett modernt styrsystem ger även ett mer användarvänligt gränssnitt. Det nya styrsystemet ger snabbare styrsignaler vilket sänker cykeltiden hos maskinen. Efter att huset är färdigbearbetat i Station A kommer nästa steg att fungera som tidigare. Det som kommer att vara annorlunda är utmatningen i Station B, husen placeras istället på ett transportband som operatören lastar av efter hand och placerar husen på truckpall. Efter det nya moment så kommer pallarna med de bearbetade husen att placeras i ett mellanlager som ersätter transportbandet mellan Station B och C. Mellanlagret är till för att utnyttja Station C på ett effektivare sätt där sidoflödet bearbetas utan att stoppa Station A och B. Mellanlagret ska också ge en förbrukningsstyrd produktion som är ett av målen i *The Haldex Way* filosofin. Vid Station C hämtas pallar från mellanlagret och plockas på manuellt. Efter att husen har bearbetats i Station C transporteras de till Station D som i tidigare layout. Skillnaden vid Station D är att den manuella inladdningen av husen istället utförs av en robot. Efter att ha genomgått bearbetningen vid Station D transporteras vagnarna med färdiga hus till tvätt eller eventuell efterbearbetning.

Ett problem med en ombyggnad är att uppstartningstiden kan bli lång och kan ibland innehålla uppstartningsproblem vilket kan leda till stora förluster i produktionen. Det absolut viktigaste i denna ombyggnad är att få styrsystemet att fungera i tid så att maskinerna fungerar. Vid problem med roboten kan viss

manuell inmatning ske under kortare perioder för att hålla igång produktionen. Det ska också tilläggas att hela produktionen inte stängs ner utan de andra linjerna är i produktion under ombyggnadsperioden.

3.4 Omställningsförfarande

Mellan de olika batcherna sker enbart små omställningar i maskinerna. Vid Station A och B lägger man till eller tar bort en borroperation och en stämpling av ett märkspår. Vid Station C och D är omställningarna längre då man behöver byta borrh. När man skall ställa om mellan de två modellerna S-ABA och AA1 har man ett längre ställ, men detta görs mycket sällan då man oftast tillverkar S-ABA i Process 1. För omställningen mellan S-ABA och AA1 finns det utförliga instruktioner för att säkerställa att omställningen blir rätt utförd och går så snabbt som möjligt.

3.5 Kvalitetskontroll

För att säkra kvalitén på husen, och för att minimera antalet kassationer, har operatörerna som uppgift att kontrollera husen inom specificerade måttintervall. Var 50:e detalj mäts viktiga mått med tolkar och mätklockor för att kontrollera att processen uppfyller toleranskraven. Var 200:e detalj har också operatören som uppgift att plocka ut fyra stycken hus från linan för automatisk mätning av alla måtten på huset. Data som samlas in vid det tillfället används sedan till Statistik Processtyrning (SPS) för att se hur stabil processen är och för att urskilja avvikelser, med hjälp av styrdiagram. Det finns speciella rutiner framtagna för vad som ska göras om det uppkommer avvikelser i processen. Om något hus avviker ska processen stoppas och batchen kontrolleras så att inga andra hus avviker. Policyn i *The Haldex Way* är att man inte ska skicka vidare en felaktig produkt till efterföljande förädlingssteg.

3.6 Kvalitetsuppföljningen

För att öka kvalitetssäkerheten i produktionen så har Haldex rutiner för att följa upp kvalitetsavvikelse som uppkommer i produktionen. Vid avvikelser mindre än 20 detaljer registreras avvikelserna i ett uppföljningssystem och placeras i en avgränsad yta i produktionen som kallas *gula rutan*. Operatören skriver en gul lapp som felkoden till problemet skrivs på och fästes på huset. Vid rutan finns det personal som analyserar varje detalj och beslutar om de ska skrotas eller ska omarbetas. Om det uppkommer fler än 20st avvikelser på ett ställe ska en avvikelserapport skrivas och skickas till kvalitetsavdelning för utredning. Haldex har tagit fram ett program som operatörerna kan använda och registrera avvikelser i, där kan de också gå in och söka efter avvikelserapporter som utreds och vilken åtgärd som vidtagits.

4. ANALYS

I föreliggande kapitlet redovisas de två SPA (Systematisk Produktions Analys) som genomförts på produktionslinan. Resultat från TES (TillverkningsEkonomisk Simulering) kommer också att redovisas.

4.1 Anpassning av kostnadsmodell

Kostnadsmodellen har anpassats till produktionslinan där uppföljningen skett. Materialspillfaktorn har avlägsnats från modellen, trots att det finns materialspill vid produktionslinan i form av spånor. Spånorna genererar en intäkt när det säljs som skrot. Intäkten från spånorna har dragits av från materialpriset. Taktförlusten har plockats ut ur modellen då den inte har varit mätbar under den manuella uppföljningen. Underhållkostnaden per timme k_u har beräknats med hjälp av kostnaderna för material lön och extern service för underhållet från föregående år. I ekvation 4.1 visas kostnadsmodellen som används under analysen av produktionskostnaden.

$$k = \frac{k_A}{N_0} \left[\frac{N_0}{1-q_Q} \right]_a + \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{1-q_Q} \right]_b + \frac{\kappa_C k_{CP}}{60N_0} \left[\frac{x_p t_0 N_0}{1-q_Q} \right]_{c1} + \frac{\kappa_C k_{CS}}{60N_0} \left[\frac{x_p t_0 N_0}{1-q_Q} * \frac{q_S}{1-q_S} + x_{SU} T_{SU} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} * T_P \right]_{c2} + \frac{k_D}{60N_0} \left[\frac{x_p t_0 N_0}{1-q_Q} * \left(1 - \frac{q_S}{1-q_S} \right) + x_{SU} T_{SU} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} * T_P \right]_d + \frac{k_U}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{1} \right]_u$$

Ekvation 4. 1

4.2 Uppbyggnad av Produktionssäkerhetsmatriser

Vid uppbyggnad av produktionssäkerhetsmatrisen har data samlats in enligt metodiken beskriven i avsnitt 2.1. Identifiering av processfaktorer har åstadkommit genom observationer vid produktionslinan och diskussion med ansvarig personal. En PSM har utvecklats till varje station. De två första maskinerna har genererat de största matriserna pga. att de är mer komplexa och innehåller fler bearbetningsmoment. Uppdelning av insamlad data med hög upplösning måste ske med precision eftersom information annars kan förloras. Processfaktorerna bör utarbetas noggrant genom omfattande studie av processen. Resultatparametrar blir planerade och oplanerade stillestånd för att inte göra matrisen obefogat komplicerad. Kassationer delas upp i dimensionsfel och egenskapsfel efter diskussion med personal ansvariga för kassationshantering.

4.3 Uppföljning före ombyggnad

De ekonomiska indata som erfordras för att kunna analysera detaljkostnaden är relativt omfattande. För att ta fram information om kostnader har flera personer på Haldex kontaktats från olika avdelningar. Indata före och efter ombyggnad är relativt lika, det som skiljer kostnadsposterna åt är investeringskostnaden för ombyggnaden.

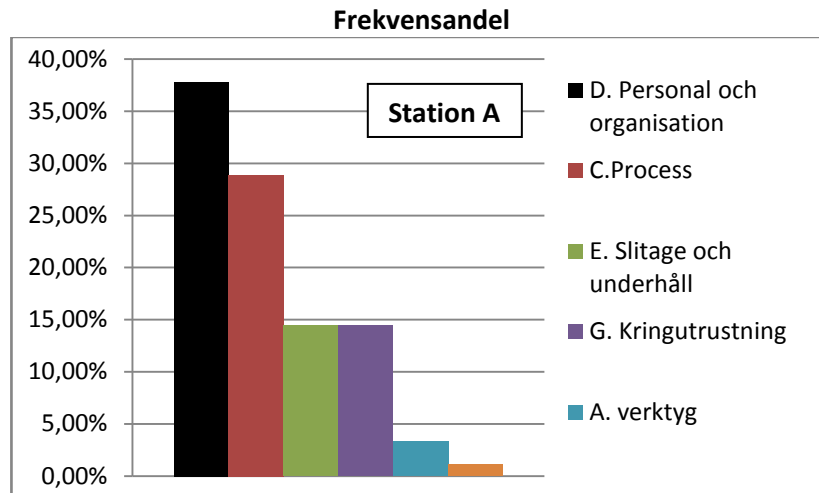
4.3.1 Produktionsuppföljning

Första produktionsuppföljningen omfattar åtta dagars produktion. Det blir totalt en uppföljningstid på totalt 68 timmar. Under uppföljningen erhålls information av operatörerna som berättar vad stoppen beror på. Registrering av stopptider skedde i hela minuter, det var svårt att notera kortare stopp än så. Inledningsvis analyserades de två första bearbetningsstationerna i Process 1 för de är styrande i produktionslinjelayouten före ombyggnaden. Efter ombygganden skedde uppföljning av den sista stationen för att undersöka hur bra den nya automatiska robotcellen fungerar. Insamlingen skedde med penna och papper för att det var det enklaste sättet att registrera stillestånd i produktionen. En mall togs fram för att förenkla insamlingen, den finns i Bilaga F. Efter varje förmiddagsskift så fördes insamlade värden in i ett Excel-dokument. Det dokumentet kunde sedan användas för att ta fram produktionssäkerhetsmatrisen.

4.3.2 Frekvens och tidsanalys

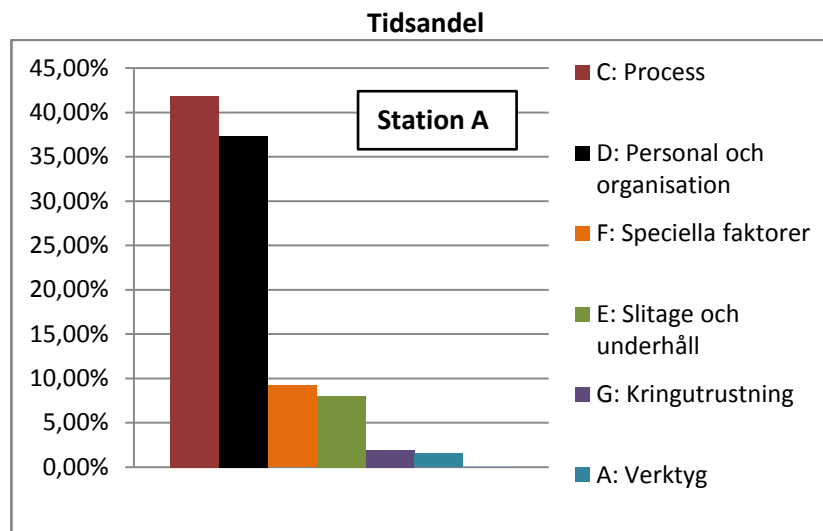
Eftersom de två första maskinerna i linjen är styrande så har en analys gjorts på fördelning av stillestånden på de olika faktorgrupperna. Analysen för dessa stationer ger tydliga indikationer på vilka delar av produktionen som kan förbättras. Vad som är orsaken till merparten av stillestånden innan ombyggnaden har även analyserats.

Figur 4.1 visar utfallet i Station A där frekvensen beskriver i hur stor andel av de registrerade stillestånden som orsakats av faktorgrupperna. Figuren visar att stopp som orsakats av faktorgrupperna C och D har en högre frekvensandel än övriga faktorgrupper. Det totala antalet stopp under uppföljningsperioden var 90 stycken.



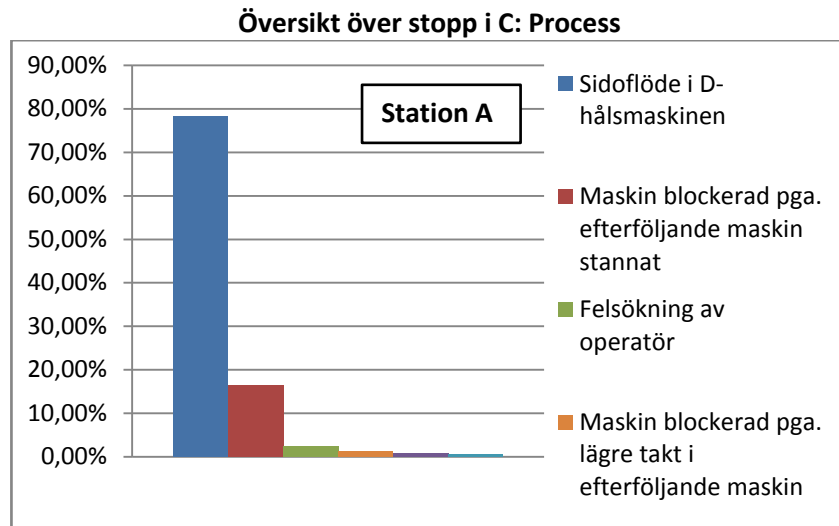
Figur 4. 1 - Frekvensandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Genom att även registrera hur långa stoppen är i processen kan faktorgrupper med störst inverkan på stilleståndstiden att urskiljas. Figur 4.2 visar att faktor C har störst inverkan tätt följt av faktor D. Andra faktorer i processen har inte lika stor inverkan vilket leder till att djupare analys av C och D genomförs. Den totalt tillgängliga produktionstiden under uppföljningen är 4080 minuter varav 1486 minuter är stillestånd.



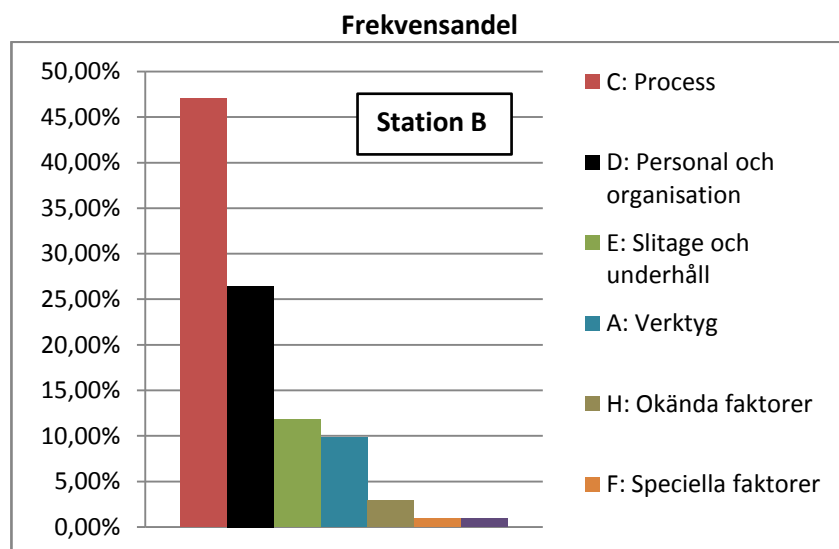
Figur 4. 2 – Tidsandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Eftersom faktor C är störst delas den upp i mer detaljerade faktorer för att urskilja vilken faktor som påverkar mest. Som figur 4.3 visar så är sidoflödet det som påverkas stillståndstiden i störst utsträckning.



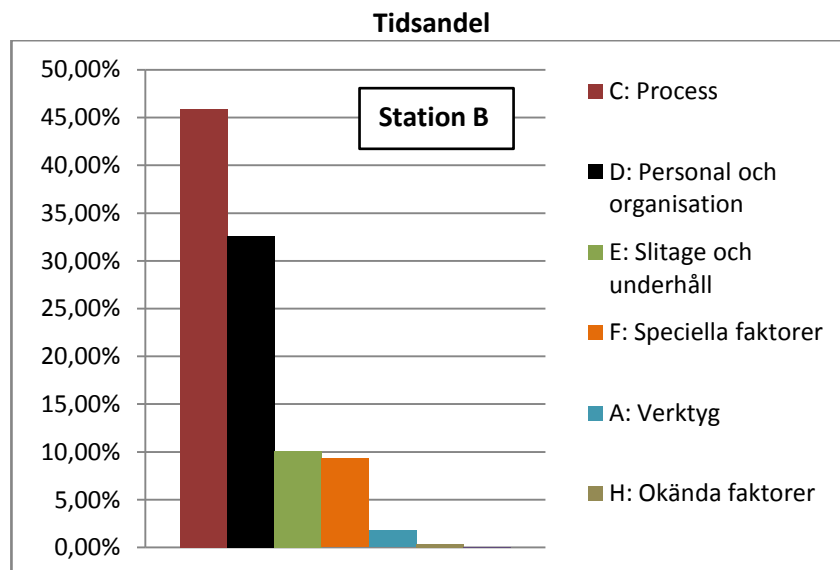
Figur 4. 3 - Orsaker till stopp i processen

När analys av frekvensen av Station B genomförs så kan figur 4.4 genereras . Det visar att fel i processen är den orsaken som inträffar mest frekvent. I Station B inträffade totalt 102 stopp.



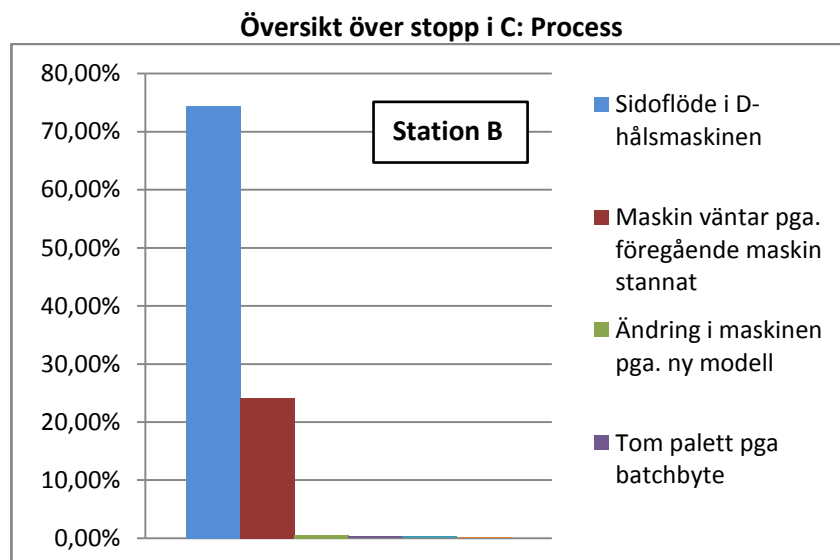
Figur 4. 4 - Frekvensandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Även i tidsandelen av stillestånden är faktor C vara den mest urskiljbara enligt figur 4.5. Den totala stilleståndstiden var 1471 minuter. C: Process stod för 479 minuter.



Figur 4. 5 - Tidsandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Även för Station B så är det sidoflöde som bidrar till den största stilleståndstiden. Figur 4.6 visar att över den faktorn är helt dominerade i faktor C.



Figur 4. 6 – Orsaker till stopp i processen

Man kan utläsa ur figurerna att två faktorgrupper dominerar när det gäller stillestånd i produktionen. Den ena är grupp *C: Process* vilket kan förklaras i att innan ombyggnaden stoppar sidoflödet de två första maskinerna ofta. Sidoflödet beskrivs i tidigare kapitel 3.1.2. Den andra gruppen är *D: Personal och organisation* pga. att personalen har rast och möten som gör att maskinerna kommer att stå stilla. Inverkan från de andra faktorerna har inte så stort inflytande på stilleståndstiden som figurerna visar. Det kan också utläsas att faktorgruppen *A: Verktyg* orsakar liten del av den totala stilleståndstiden. Det visar på att verktygen i maskinerna är pålitliga och ger inte några större problem om de byts efter bestämda intervall. Slutsats efter denna analys är att fokus vid förbättringsarbete bör inriktas på dessa två faktorgrupperna C och D.

4.3.3 Resultatparameter

När produktionssäkerhetsmatrisen sammanställts från den första uppföljningen summeras kassationer och stillestånd där resultat återfinns i tabell 4.1. Värdena finns även i bilaga H.

Tabell 4. 1 - Tabell över kassationer, stillestånd och fri kapacitet.

	ΣQ_1	ΣQ_2	ΣS_{1Plan}	ΣS_{2Oplan}	T_{SFK}
Station A	1	0	416	1070	0
Station B	0	0	457	1014	0
Station C	28	0	0	1000	1599
Station D	3	0	0	1000	2114

Kvalitetsparametern Q_1 står för felaktiga dimensioner och Q_2 representerar felaktiga egenskaper. Under uppföljningstiden inträffade flest kassationer i Station C på grund av felaktigt placerade hål. Q_2 som står för felaktiga egenskaper inträffade inte vid Process 1 under uppföljningstiden. Ett exempel på felaktiga egenskaper är felaktig materialstruktur. Stillestånden delas in i planerade stillestånd och oplanerade stillestånd. De planerade stillestånden består av möten och raster övriga stillestånd förs in som oplanerade. T_{SFK} vilket är tid som utgör fri kapacitet. Tid för fri kapacitet uppstår i Station C och D eftersom det dessa maskiner har kortare cykeltid.

4.3.4 Beräknade nyckeltal

Det finns flera alternativa sätt att räkna ut nyckeltalen för en produktion. Teori från kapitel 2.1 används vid beräkningarna. I tabell 4.2 visas nyckeltal som har räknats ut genom att använda all tillgänglig produktionstid under uppföljningen. Tabell 4.2 visar även att stilleståndsandelen är den faktor som har störst inverkan på kostnaderna i produktionen. Parametern U_{RB} betecknar kapacitetsutnyttjande, det finns inte någon outnyttjad kapacitet i de två första stationerna för de är styrande och producerar då med maximal produktionskapacitet. Istället har *medelstilleståndstiden för ett fel* (MDT) och *medeltiden mellan fel* (MTBF) räknats fram för att få en insikt hur processen fungerar. Däremot kunde inte MTBF och MDT beräknas för de två sista stationerna eftersom beläggningen var ojämn under uppföljningsperioden, alltså kunde inte alla stopp registreras. För de två sista stationerna har U_{RB} beräknats, maskinerna utnyttjas inte till 100 % utan de får vänta stora delar av den tillgängliga produktionstiden på de styrande maskinerna.

Tabell 4. 2 - Nyckeltal över all tillgänglig tid

	q_s	q_Q	MDT (min)	MTBF (min)	U_{RB}
Station A	36.42%	0.02%	9.40	49.69	100%
Station B	36.05%	0.00%	7.36	40.49	100%
Station C	24.51%	0.49%	X	X	60.81%
Station D	24.51%	0.07%	X	X	48.18%

Totaleffektivitet

Totaleffektiviteten beräknas på den styrande Station B, kassationerna har summerats från hela linan. Tabell 4.3 och 4.4 visar även att nyckeltalen skiljer sig åt beroende på vilket beräkningsmetod som väljs. Om man som i detta fall antar att rast och möte inte räknas med i den tillgängliga produktionstiden så fås ett bättre värde eftersom det ger en mindre stilleståndsandel.

Tabell 4. 3 - Totaleffektiviteten för Process 1

	$(1-q_Q)^3$	$(1-q_s)^2$	$(1-q_p)$	E_q
All tillgänglig tid	98.27%	40.90%	100.00%	40.19%
Rast borttaget från tillgänglig tid	98.27%	46.87%	100.00%	46.06%

OEE

Beräkningarna av OEE görs även på den styrande Station B.

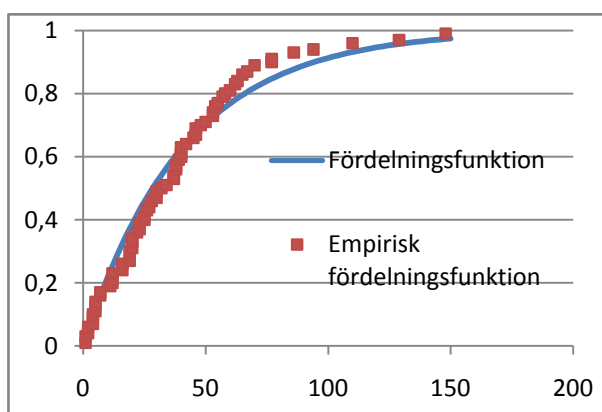
Tabell 4. 4 - OEE för Process 1

	T	A	K	OEE
All tillgänglig tid	<i>Sekretessbelagt material</i>			
Rast borttaget från tillgänglig tid				

Det kan konstateras att stilleståndsandelen är relativt hög vilket gör att produktionsutrustningen inte utnyttjas optimalt och produktionskostnaden blir hög. Tabell 4.2 visar även att kassationsandelen är låg vilket har en positiv inverkan på produktionskostnaden.

4.3.5 Exponentialfördelade störningar

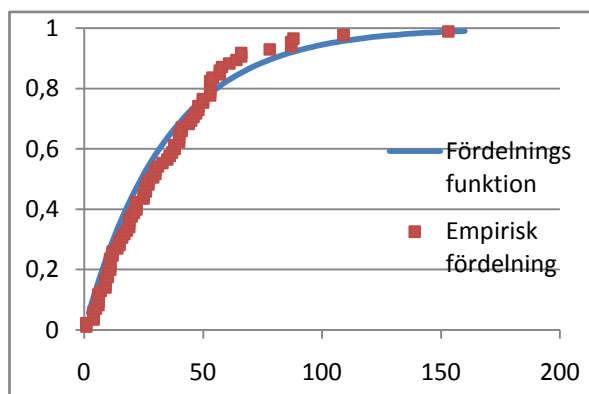
Tidsanalysen av stillestånden visar att en stor del av stillestånden innefattar raster och möten då maskinerna stängs av. För att kunna bedöma hur länge maskinerna kan producera under obemannad tidsperiod beräknas medelfunktionstiden under en specificerad tidsperiod t för systemet enligt *ekvation 2.18*. För att undersöka om exponentialfördelad felsannolikhet kan användas så jämförs värdena med fördelningen enligt figur 4.7. Eftersom värdena följer fördelningen så kan den exponentialfördelade medelfunktionstiden användas för att beräkna genomsnittliga funktionstiden under en rast eller ett möte.



Figur 4. 7 - Exponentialfördelningen för tid mellan fel vid **Station A** baserat på beräknat MTBF jämfört med den empiriska fördelningsfunktionen.

Tabell 4. 5 - Sannolikheten att det blir fel under en given tidsperiod för **Station A** med exponentialfördelad TBF och MTBF=49,69

Tid (min)	Felsannolikhet	Medelfunktionstid	Tidsutnyttjande
5	9,57%	4,76	95,20%
12	21,45%	10,66	88,83%
18	30,39%	15,10	83,88%
30	45,32%	22,52	75,07%
40	55,29%	27,47	68,68%
60	70,10%	34,84	58,07%
100	86,63%	43,05	43,05%



Figur 4. 8 - Exponentialfördelningen för tid mellan fel vid **Station B** baserat på beräknat MTBF jämfört med den empiriska fördelningsfunktionen.

Tabell 4. 6 - Sannolikhet att ett fel uppstår under en given tidsperiod för **Station B** med exponentialfördelad TBF och MTBF=40,49 min

Tid (min)	Felsannolikhet	Medelfunktionstid	Tidsutnyttjande
5	11,49%	4,71	94,20%
12	25,40%	10,40	86,67%
18	35,40%	14,56	80,89%
30	51,94%	21,27	70,90%
40	62,35%	25,53	63,83%
60	76,90%	31,49	52,48%
100	91,30%	37,39	37,39%

Tabell 4.5 och 4.6 visar att Station A och B har ungefär samma felsannolikheter. Felsannolikheten är sannolikheten att maskinen stannar under en specificerad tidsperiod. Sannolikheten för att station B stannar under en lunch på 12 minuter är 25,4 % och stationen skulle i genomsnitt producera under 10,40 minuter. Under frukostrasten som är 18 minuter lång är felsannolikheten högre eftersom tidsperioden är längre. De beräknade medelfunktionstiderna används senare i analysen för att beräkna kostnadsbesparingen vid om utrustningen lämnas på vid rastkörning.

4.4 Detaljkostnadsanalys, del 1

Vid detaljkostnadsanalysen beräknas detaljkostnaden efter varje station i produktionslinan. Den totala kostnaden delas upp för att kunna urskilja vilka delar av produktionen som infattar de största kostnadsandelarna. Effektiviteten på produktionslinan beräknas för att kunna jämföra produktionen före och efter ombyggnaden. Vid beräkningar av detaljkostnaden åskådliggörs effekterna av att använda olika tillvägagångssätt för att beräkna maskintimkostnaden. Nedan kommer tre analyser av maskintimkostnaden redovisas för olika avskrivningsmetoder.

4.4.1 Kostnadstermer

Följande kostnadstermer är beräknade för första uppföljningen:

Tabell 4.7 - Tabell över kostnadsposter, k_{cp} och k_{cs} är beräknade med annuitetsmetoden med en livslängd på 20 år och en internränta på 10 %.

	k_A (kr/st)	k_B (kr/st)	k_{cp} (kr/h)	k_{cs} (kr/h)	k_D (kr/h)	k_U (kr/st)
Station A	<i>Sekretessbelagt material</i>					
Station B						
Station C						
Station D						

Verktygskostnad k_A

I verktygskostnaden k_A har kostnaden beräknats efter uppgifter som hämtats från affärssystemet som används på Haldex. Det används flera olika typer av bearbetningsverktyg som fräsverktyg, hårdmetallborr, gängverktyg m.m. Antagande har gjorts att vändskären på fräsverktygen byts efter bestämt intervall och används maximalt antal gånger. Detta stämmer inte riktigt med verkligheten för vissa skär kan haverera mycket tidigare. Antagande har också gjorts att verktygshållarna byts en gång per år pga. slitage och glapp.

Materialkostnaden k_B

Utgångsmaterialet till Process 1 utgörs av ett gjutet segjärnsämne. Materialkostnaden k_B har tagits fram genom att beräkna ett genomsnittligt pris på gjutgodset som köps in. Priserna har hämtats från Haldex inköpssystem där ett medelvärde viktat mot förra årets försäljning räknats fram. Eftersom Process 1 är en förädlingskedja där värdet på detaljen stiger efter varje steg så ökar materialkostnaden som tabell 4.7 visar. Vissa modeller köps in i stora kvantiteter och andra i mindre så priset skiljer en del, storleken på rågodsen varierar också.

Maskintimkostnaden k_{CP} och k_{CS}

Maskintimkostnaden k_{CP} är beräknad med hjälp av avskrivningar på inköpspriset för maskinerna samt kostnaderna för el, vatten, olja, skärvätska, värme och lokal. Lokalkostnad knuten till Process 1 baseras på en beräknad hyra per kvadrat meter plus en kostnad för städning och underhåll av den delen av fastigheten som Process 1 allokerar. Maskintimkostnaden vid stillestånd k_{CS} avviker lite från k_{CP} eftersom energikostnaden är omkring noll vid stillestånd.

Det är relativt svårt att rent praktiskt fastställa den tekniska maskintimkostnaden när man äger utrustningen själv. Om utrustningen hade hyrts hade det varit betydligt lättare att ta fram maskintimkostnaden. På Haldex skrivs nya maskiner av på tio år även om maskinen används under en betydligt längre tid. Detta innebär att maskintimkostnaden sjunker drastiskt efter 10 år. Maskintimkostnaden beräknas här genom att dela upp maskinernas grundinvestering med annuiteter med ränta för att ta hänsyn till kapitalbindningen. I ekvation 4.8 nedan är a årliga kostnaden för lokalhyra, olja, skärvätska, el, fjärrvärme och vatten. G är maskinens inköpspris och maskinens restvärde är försummat.

$$A = G * \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+r)^k}} + a \quad \text{Ekvation 4.2}$$

A = annuitet, G = grundinvestering, n = antal år, r = internränta, a = årliga omkostnader.

För att åskådliggöra skillnaderna mellan de olika beräkningssätten har tre olika maskintimkostnader beräknats, vid den första är räntan satt till noll och maskinens grundinvestering skrivs av på 10 år. Det andra fallet beräknas maskintimkostnaden efter avskrivningsperioden vilket betyder att endast de löpande kostnaderna för maskinerna och fastigheterna räknas med. I det tredje fallet beräknas annuitetsmetoden över en period 20 år och en internränta på 10 %.

Fall 1.1: k_{CP} och k_{CS} under avskrivningstiden på 10 år:

$k_{CP} = xxx$ och $k_{CS} = xxx$ kr/h.

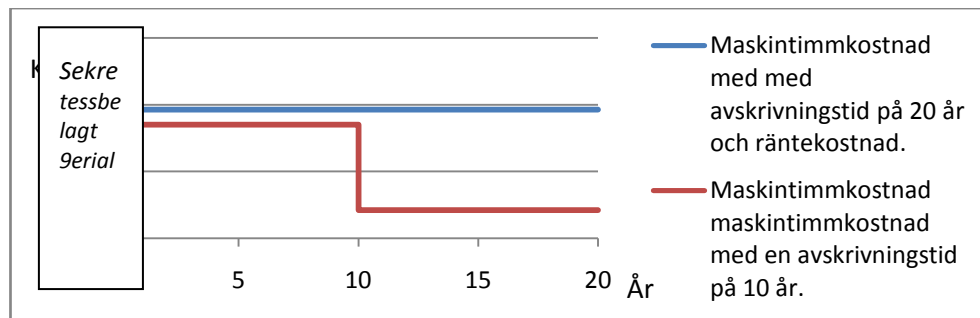
Fall 1.2: k_{CP} och k_{CS} efter avskrivningstiden:

$k_{CP} = xxx$ och $k_{CS} = xxx$ kr/h.

Fall 2: k_{CP} och k_{CS} med annuitetsmetoden 20 år och 10 % ränta:

$k_{CP} = xxx$ och $k_{CS} = xxx$ kr/h.

Figur 4.9 illustrerar två olika typer av avskrivningar och hur maskintimkostnaden ändras efter att avskrivningsperioden.



Figur 4.9 - Jämförelse mellan olika avskrivningstider

Avskrivningen av maskinerna sker på 10 år på Haldex vilket innebär att de aktuella maskinerna är avskrivna pga. att de tog i drift redan 1995. Det gör att maskintimkostnaden är lägre nu än tidigare år. Författarna har beslutat att använda annuitetsmetoden eftersom det ger en rättvis och långsiktig bedömning av produktionsutrustningens kostnader.

Personalkostnaden k_D

Personalkostnaden k_D innefattar lönekostnad både för de operatörer som är knutna till Process 1 samt produktionsteknisk personal, verktygsställare och verkstadschef. Antalet operatörer på linan är fyra personer. Vid analysen placeras en operatörs lönekostnad vid varje station. Ett antagande har gjorts att en produktionstekniker, verkstadschef, ställare och truckförare lägger 25 % av sin tid på aktiviteter med anknytning till Process 1. Enligt vårt antagande motsvarar den totala lönekostnaden för Process 1 fem operatörslöner. Detta antagande anses rimligt av ansvariga chefer i produktionen.

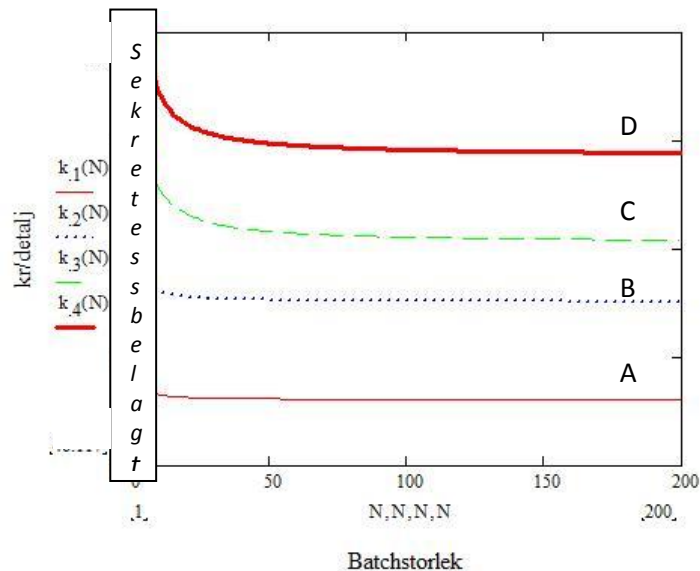
Underhållskostnaden k_U

Underhållskostnaden k_U står under en egen kostnadspost, den beräknas med hjälp av uppgifter om totalkostnad för underhåll år 2007. Detta inkluderar kostnad för material och lön.

4.4.2 Detaljkostnad

Detaljkostnaden efter hela produktionslinan vid en batchstorlek på 150 detaljer blir xx kr/detalj under avskrivningstiden. Den vanligaste batchstorleken i produktionen är 150 detaljer varför den batchstorleken används vid beräkningarna. Efter avskrivningstiden sjunker detaljkostnaden till xx kr/detalj. När maskintimkostnaden har räknats ut med hjälp av annuiteter blir detaljkostnaden xx kr/detalj. Med det traditionella sättet där man använder sig av en tio årig avskrivningsperiod för att beräkna maskintimkostnaden sjunker detaljkostnaden från xx kr/detalj till xx kr/detalj eller med 12 % i samma stund

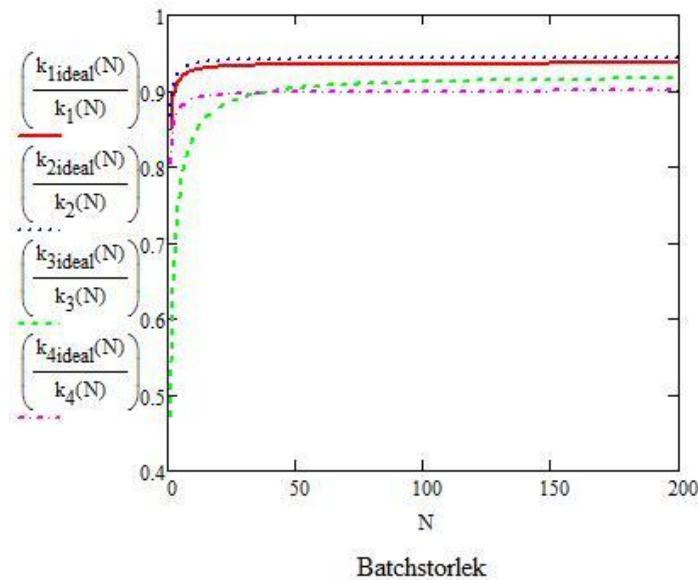
som utrustningen är avskriven. Vilket visar att man sänker sina produktionskostnader över en natt utan att göra några förbättringar i produktionen. Författarna har valt att använda annuiteter för det anses stämma bäst med verkligheten när man använder maskiner längre än 10 år vilket är en vanligt förekommande avskrivningsperiod för ekonomisk livslängd. Figur 4.10 visar detaljkostnadens beroende av batchstorleken och avskrivningsmetod med annuiteter. Diagrammet visar att för mindre batcher än 50 detaljer så ökar tillverkningskostnaden drastiskt, eftersom ställtiderna utgör en större del av produktionstiden vid små batcher. Det finns fyra kurvor i diagrammet som illustrerar hur detaljernas förädlingsvärde höjs efter varje maskin i linan. Detaljkostnaden som redovisas i inledningen är alltså den totala detaljkostnaden för samtliga 4 stationer, vilket representeras av den övre röda kurvan i figur 4.10. Variablerna på vänster sida av figuren betecknar detaljkostnaden för varje station beroende av batchstorleken som betecknas med N.



Figur 4. 10 - Detaljkostnaden som funktion av batchstorleken med maskintimkostnaden uträknad med annuiteter med en livslängd på 20 år och en internränta på 10 %.

Tillverkningsekonomiska verkningsgraden definieras enligt ekvation 2.10 som kvoten mellan den verkliga detaljkostnaden och den ideala detaljkostnaden. Den tillverkningsekonomiska verkningsgraden är en funktion av resultatparametrarna ställtid, kassationer och den fria kapaciteten. Station A och Station B har hög tillverkningsekonomisk verkningsgrad eftersom de har låga stilleståndsandelar, en kort ställtider och ingen fri kapacitet. Den lägre tillverkningsekonomiska verkningsgraden vid station C och D är ett resultat av att dessa två maskiner har mycket fri kapacitet och har längre ställtid mellan batcherna. Eftersom

maskinerna är sammankopplade i en produktionslina kommer en totala tillverkningsekonomisk verkningsgraden på hela linan att bli ca 73 %.



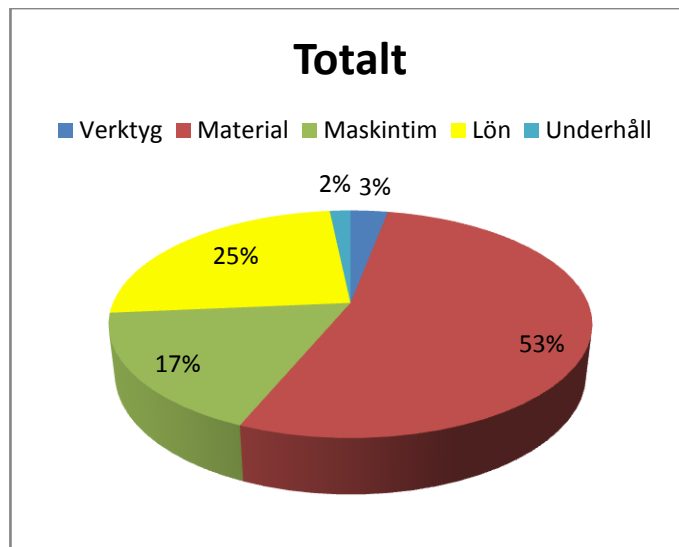
Figur 4. 11 - Tillverkningsekonomisk verkningsgrad för de fyra olika maskinerna i Process 1

Tabell 4. 8 - Tillverkningsekonomiska verkningsgraden för de fyra olika stationerna vid Process 1 vid batchstorlek på 150 detaljer

Station	Tillverkningsekonomisk verkningsgrad
A	93,60%
B	94,40%
C	91,50%
D	90,00%
Totalt	72,80%

4.4.3 Kostnadsandelar

Kunskap om hur den totala detaljkostnaden är fördelad på de olika kostnadsposterna i kostnadsekvationen ger indikationer på vilka delar som är mest kostnadsdrivande. Figur 4.12 visar hur detaljkostnaden är fördelad på samtliga stationer från A till D.



Figur 4. 12 - Procentandel av den totala detaljkostnaden i Process 1

Som kan utläsas ur figur 4.12 så står råmaterialet för mer än hälften av tillverkningskostnaden. Denna kostnad är svår att påverka för produktionsavdelningen på Haldex, utvecklingspotentialen finns istället på lönekostnader och maskintimkostnad. För att öka lönsamheten i produktionen är det på dessa två kostnadsposterna som bör prioriteras. Underhåll och verktygskostnaden är en liten del och bidrar inte så mycket till detaljkostnaden. Verktygen fungerar när de byts efter bestämda intervall och livslängden på verktygen är lång.

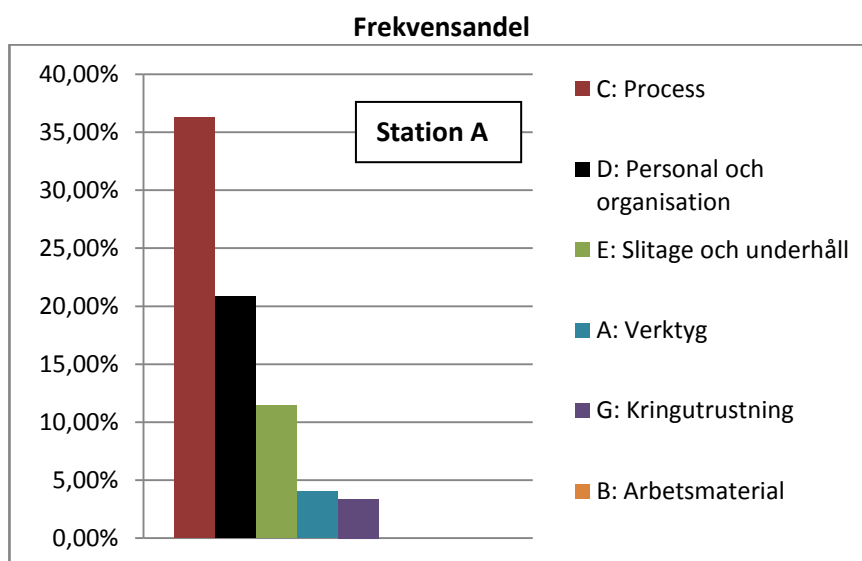
4.5 Produktionsuppföljning efter ombyggnaden

I föreliggande kapitel används utvecklad modell och metodik för att analysera hur genomförd ombyggnad påverkar detaljkostnaden. Den andra uppföljningen genomförs på likande sätt som tidigare och varar i 8 dagar och totalt 65 timmar. Under produktionsuppföljningen kan hela Process 1 övervakas eftersom station C och D har mindre fri kapacitet vilket medför en tillförlitlig stilleståndsuppföljning. Det leder till att den andra uppföljningen blir mer omfattande.

4.5.1 Frekvens och tidsanalys av Station A och B

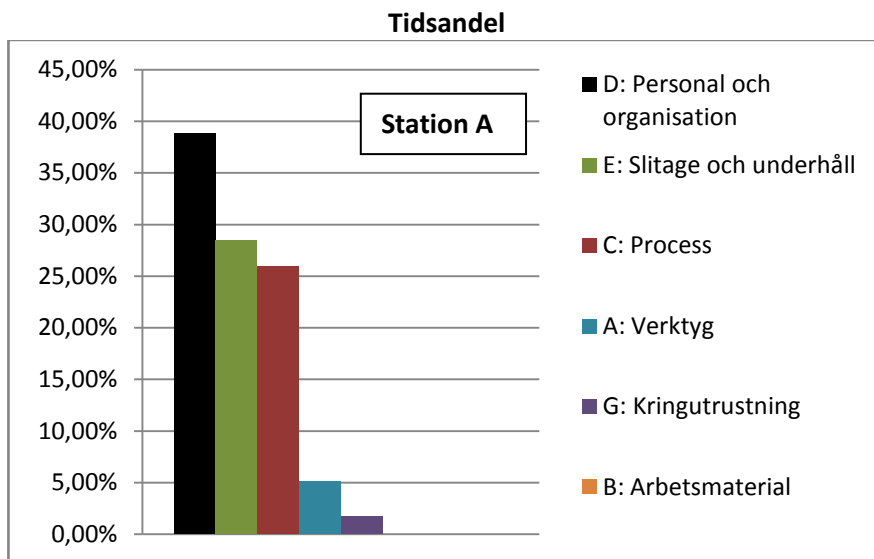
Vid den andra frekvens- och tidsanalysen kan man se att det skett en del förändringar efter ombyggnaden. Den största förändringen är att sidoflödet in i Station C har tagits bort efter uppdelningen av produktionslinan.

I figur 4.13 visas antalet stopp orsakade av respektive faktor. Processen står för merparten av antalet stillestånd. Figur 4.13 visar fördelningen av antal stillestånd på de olika faktorgrupperna.



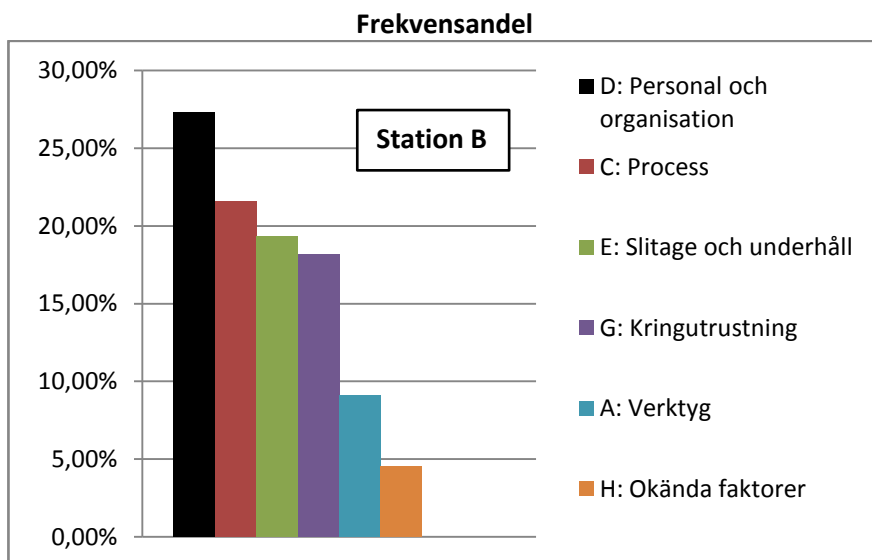
Figur 4. 13 - Frekvensandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Tidsanalysen i figur 4.14 visar att det inte är processen som står för den största tidsandelen efter ombyggnaden. Det är faktorn *D: Personal och organisation* som står för den största tidsandelen av stillestånden i Station A. Även faktor *E: Slitage och underhåll* har vuxit och visar att det finns förbättringspotential även där.



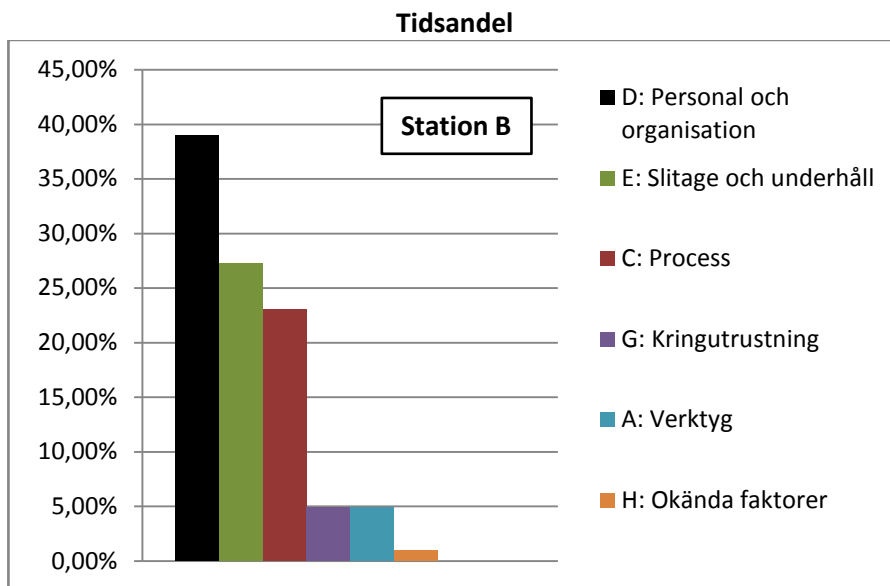
Figur 4. 14 - Tidsandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Analys av Station B visas i figur 4.15 att faktor D står för den största frekvensen.



Figur 4. 15 - Frekvensandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

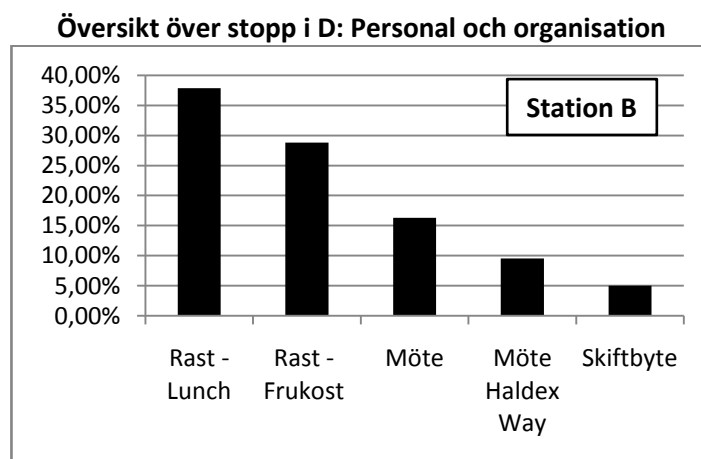
Däremot kommer figur 4.16 visa ett likande mönster för Station B som för Station A. Det betyder att även den stationen har största stillestånds faktorn vid faktor *D: Personal och organisation*.



Figur 4. 16 - Tidsandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

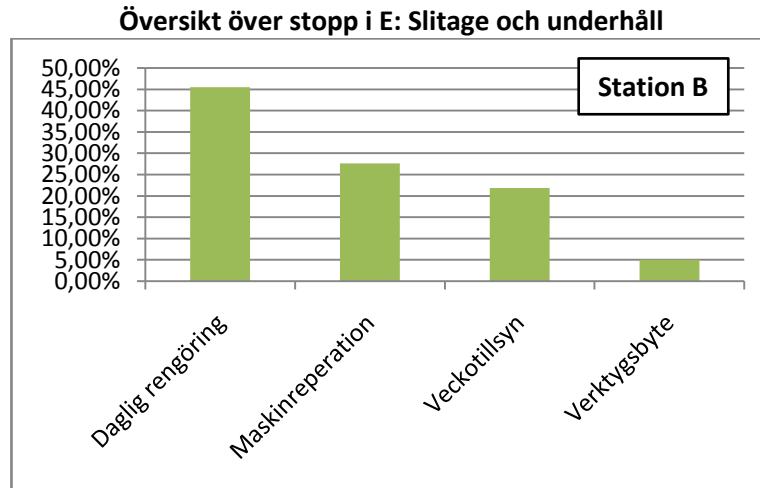
Som diagrammen visar så har tidsandelen av stillestånden minskat från ca 42 % till ca 26 %. Den som har den största andelen representeras efter ombyggnaden av *D: Personal och Organisation* som innefattar raster och möten. För att visa vad de stora faktorerna innehåller kommer faktor C, D och E brytas upp för att urskilja bakomliggande underfaktorer. Utbrytning av faktorerna sker från Station B eftersom den har den styrande cykeltiden.

Figur 4.17 visar att de stora stilleståndsandelarna i faktor D är rast och möten.



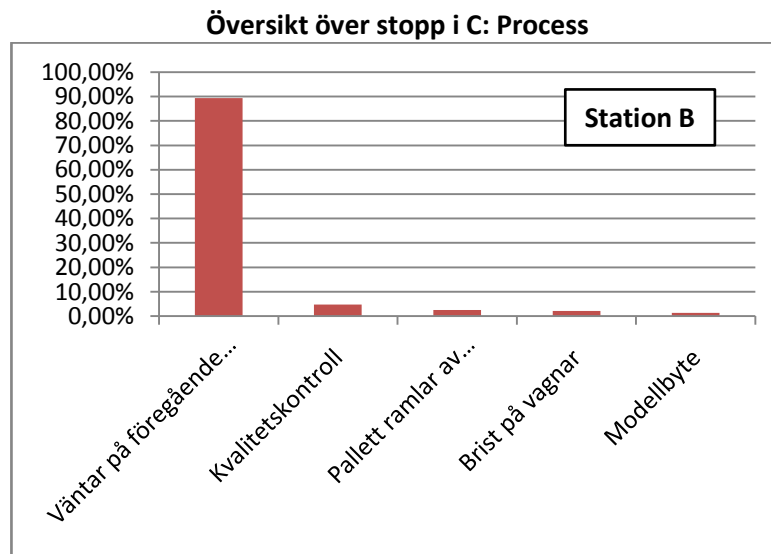
Figur 4. 17 - Orsaker till stopp i D: Personal och organisation

I faktor E som visas i figur 4.18 är det den dagliga rengöringen och maskinreparationerna tar upp störst del av stillestånden.



Figur 4. 18 - Orsaker till stopp i E: Slitage och underhåll

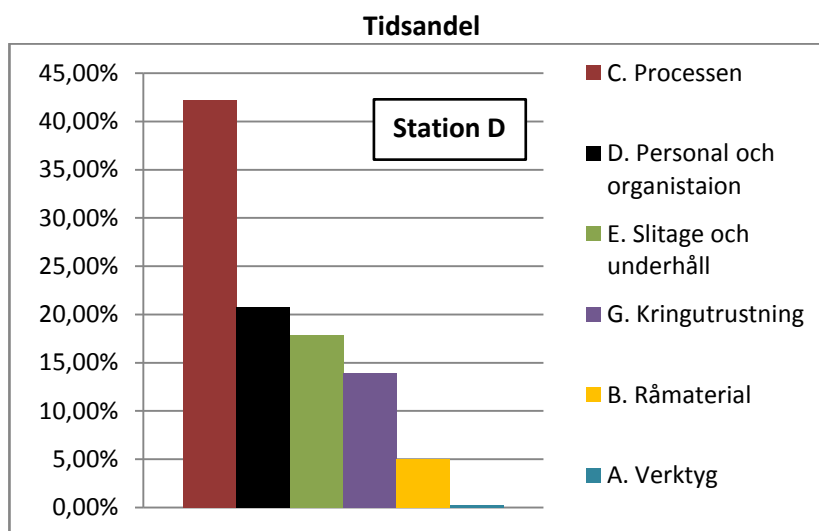
I den avslutande uppdelning av faktorer som visas i figur 4.19 är det faktor C som studerats. I den faktorn är det en underfaktor som avviker från de övriga, det är väntan på material från föregående Station A som har längre cykeltid än Station B.



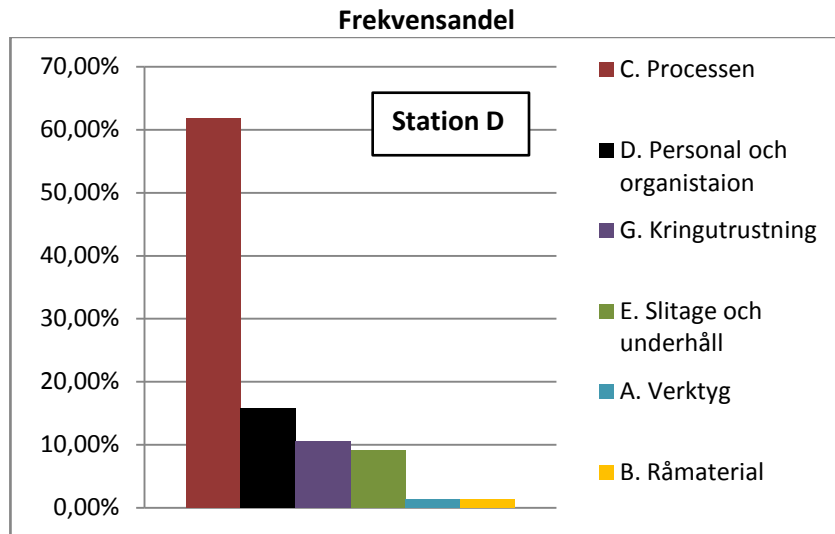
Figur 4. 19 - Orsaker till stopp i C: Process

4.5.2 Analys av Station C och Station D

Efter ombyggnaden har Station C tillsammans med Station D bildat en egen produktionslina där Station D har den styrande cykeltiden. Eftersom Station B ej längre är styrande för hela linan analyseras även C och D. Den nya roboten som hanterar in- och utlastning vid Station D gör att den också blir mer komplex. Station C har överkapacitet vilket gör att små störningar vid denna maskin inte påverkar produktionstakten nämnvärt. Därför har vi valt att endast göra en systematisk produktionsanalys på Station D vilket har fungerat eftersom stillestånd i Station D som beror av Station C har varit lägre än en procent. Under uppföljningstiden har det varit flera längre perioder av stillestånd vid Station D då den nya roboten har blivit reparerad eller omprogrammerad. De dagar som dessa reparationer och programmering av roboten har ägt rum har tagits bort ur uppföljningen eftersom detta skulle ge en felaktig bild av kapaciteten i systemet. Trots att fyra dagarna tagits bort då maskinen i princip stod helt still på grund av omprogrammering av robot eller reparation är stilleståndsandelen inklusive ställtid relativt hög 43,04%. Den totala stilleståndstiden under hela uppföljningsperioden på 8 dagar exklusive ställtiden var 54 % på grund av inkörningsproblemen med roboten.

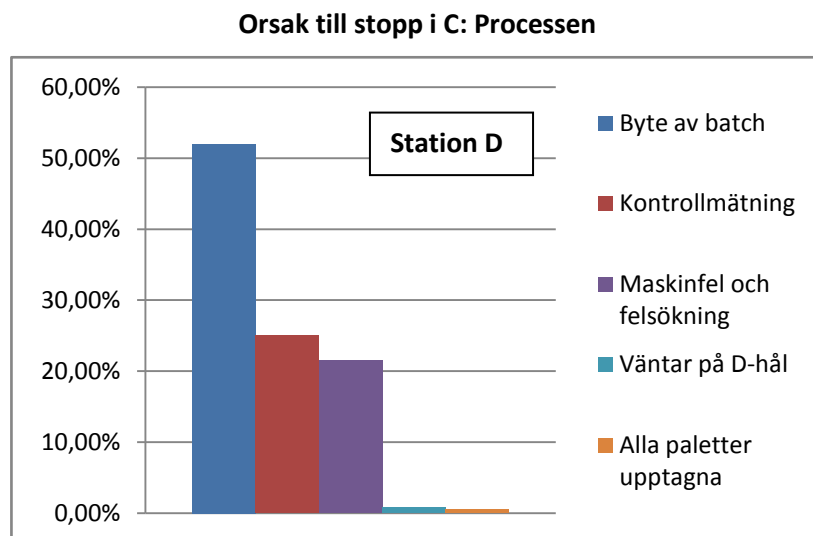


Figur 4. 20 - Tidsandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper



Figur 4. 21 - Frekvensandel av stillestånden fördelade på faktorgrupper

Figur 4.20 och 4.21 över tids- och frekvensandel visar att faktor C: *Processen* står för den största andelen av stillestånden. Vi har därför analyserat processfaktorn vidare vilket visar att aktiviteter mellan batcherna samt kontrollmätning har tagit upp en stor del av produktionstiden. Batchbyten har utgjort ca 10 % av den totala produktionstiden kontrollmätning ca 5 % och maskinfel och felsökning ca 4 %.



Figur 4. 22 - Orsaker till stopp i processen

Vid detaljkostnadsberäkningarna kommer stillestånden mellan batcherna att behandlas som ställtid T_{SU} och inte räknas in i stilleståndsandelen q_S .

4.5.3 Kostnadstermer

Följande kostnadsposter räknas fram från de insamlade data.

Tabell 4.9 - Kostnadstermer efter ombyggnaden

	k_A (kr/st)	k_B (kr/st)	k_{CP} (kr/h)	k_{CS} (kr/h)	k_D (kr/h)	k_U (kr/st)
Station A	Sekretessbelagt material					
Station B						
Station C						
Station D						

Som tabell 4.9 visar så är flera av kostnadstermerna lika jämfört med tabell 4.7 som visar kostnadstermerna före ombyggnaden. Maskintimkostnaderna påverkas av ombygganden eftersom de investeringskostnader som genomförs på vissa delar av processen medräknas. Investeringskostnaden vid Station A uppgick till ca x miljoner kronor och den andra investeringen vid Station D uppgick till x miljoner kronor.

4.5.4 Resultatparametrar

Vid den andra uppföljningen noteras stor skillnad i oplanerat stillestånd vid de två första maskinerna. Ingen taktförlust registrerades vid denna uppföljning. Enbart en kassationstyp förekommer vilket är måttfel vid bearbetningen. Inga fel på material från tillverkaren har noterats.

Tabell 4.10 - Resultatparametrar över kassationer och stillestånd

	$\sum Q_1$	$\sum Q_2$	$\sum S_{1Plan}$	$\sum S_{2Optan}$	$\sum P$	T_{SFK}
Station A	19	0	675	502	0	0
Station B	0	0	574	450	0	0
Station C	0	0	152	150	0	448
Station D	30	0	152	726	0	0

4.5.5 Beräknade nyckeltal

Efter ombygganden beräknas samma nyckeltal som tidigare för att analysera de förändringar som ägt rum. Tabell 4.11 visar att skillnaden före och efter ombyggnaden är att stilleståndsandelen har minskat i de två första stationerna. Även stilleståndsandelen och utnyttjandegraden i de två sista stationerna har förbättrats. Det beror i huvudsak på att sidoflödet från övriga bearbetningslinjer har tagits bort med hjälp av det nya mellanlagret.

Tabell 4. 11 - Nyckeltal över all tillgänglig tid

	q_s	q_q	MDT (min)	MTBF (min)	U_{RB}
Station A	29.44%	0.37%	6.52	40.68	100.00%
Station B	25.94%	0.00%	8.33	59.85	100.00%
Station C	14.80%	0.00%	X	X	78.57%
Station D	37.09%	0.70%	X	X	100.00%

För att visa att MTBF har förändrats så visar tabell 4.12 medelfunktionstiden för den styrande maskinen på den övre delen av produktionslinan. Det beror delvis på att det har tagits bort ett utmatningsmoment till pallett som tidigare orsakade oplanerade stillestånd.

Tabell 4. 12 - Medelfunktionstiden vid Station B

Tid (min)	Felsannolikhet	Medelfunktionstid	Tidsutnyttjande
5	8,01%	4,80	96,00%
12	18,17%	10,87	90,58%
18	25,97%	15,55	86,39%
30	39,42%	23,59	78,63%
40	48,74%	29,17	72,93%
60	63,30%	37,89	63,15%
100	81,19%	48,59	48,59%

Totaleffektivitet

Totaleffektiviteten beräknas även efter ombygganden för att jämföra resultaten, som visar på en 10 % ökning efter ombyggnaden, vilket visas i tabell 4.13. Det grundar sig i att linan har blivit avdelad med ett mellanlager som förhindrar att de två första stationerna ska bli blockerade av de två efterföljande.

Tabell 4. 13 - Totaleffektivitet efter ombyggnaden

	$(1-q_q)^3$	$(1-q_s)^2$	$(1-q_p)$	E_q
All tillgänglig tid	96.82%	54.85%	100.00%	53.11%
Rast borttaget från tillgänglig tid	96.82%	66.86%	100.00%	64.73%

OEE

OEE har ökat med närmare 10 % vilket är en förbättring som skett på grund av ombyggnaden. Det är samma orsak som till ökningen av totaleffektiviteten.

Tabell 4. 14 - OEE efter ombyggnaden

	T	A	K	OEE
All tillgänglig tid	<i>Sekretessbelagt material</i>			
Rast borttaget från tillgänglig tid				

Ställtid vid Station D

Vid beräkningar av genomsnittliga ställtiden för Station D så har den sammanlagda tiden för alla orderbyten under uppföljningstiden delats med antal orderbyten under uppföljningen. Tabell 4.15 visar också den längsta och den kortaste uppmätta ställtiden under uppföljningen. Detta för att visa på spridningen i ställtiderna för att påvisa förbättringspotentialen vid detta moment. De aktiviteter som ingår i ställtiden är följande: Hämtning av vagn, kontroll av vagn, justering av vagn, maskininställningar, byte av vagn och start av maskin.

Tabell 4. 15 - Genomsnittlig ställtid för Station D

	Medel (min)	Längst (min)	Kortast (min)
T_{su}	9,19	28	4

Stilleståndsandel i Station D

Beräkningar har även genomförts på Station D efter ombyggnaden. Stilleståndsandelen visas i tabell 4.16 och är beräknade på de 4 dagarna som stationen fungerade utan avbrott för inkörningsproblem.

Tabell 4. 16 - Stilleståndsandel i Station D

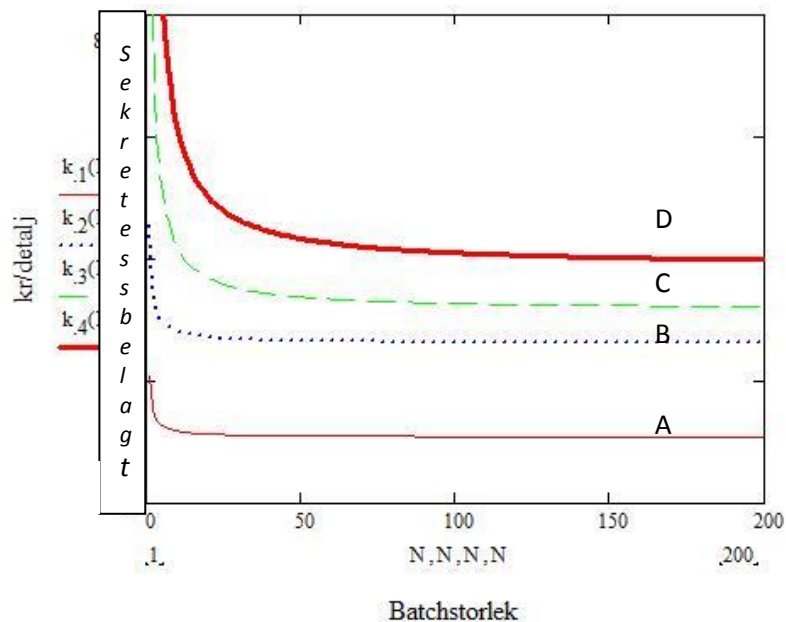
	All tillgänglig tid
q_s	37,09%

4.6 Detaljkostnadsanalys, del 2

Med de data som insamlats och sammanställts under den andra uppföljningen genomförs analyser för att studera ombyggnadens påverkan på processen. Ytterligare analyser genomförs senare i kapitel 5 på olika förbättringsförslag för att visa effekten av dem.

4.6.1 Analys av data

Detaljkostnaden som redovisas i figur 4.23 är den totala detaljkostnaden för samtliga 4 stationer, vilket representeras av den övre röda kurvan. Variablerna på vänster sida av figuren betecknar detaljkostnaden för varje station beroende av batchstorleken som betecknas med N .

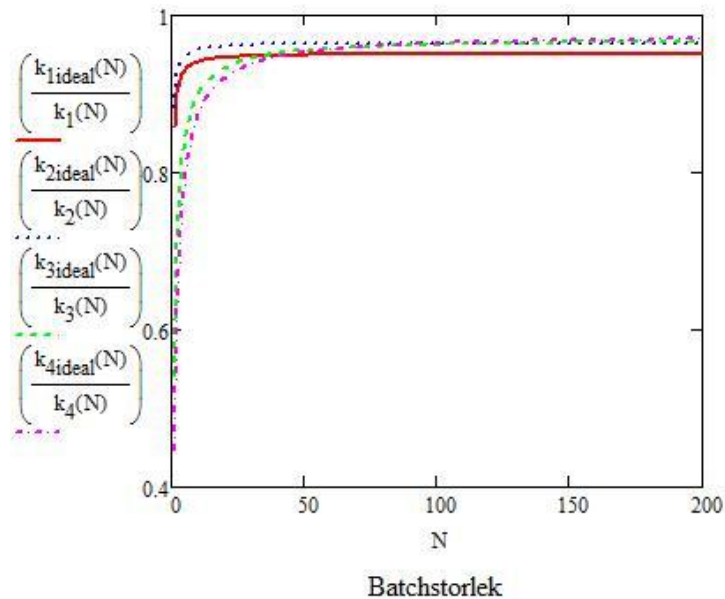


Figur 4. 23 - Detaljkostnaden som funktion av batchstorleken med maskintimkostnaden uträknad med annuiteter med en livslängd på 20 år och en internränta på 10 %.

Vid analysen räknas en detaljkostnad fram till x kr/detalj vid en batchstorlek på 150 detaljer. Ur figuren ovan kan det noteras att produktionskostnaden i Station C och Station D har minskat pga. att ett större genomflöde av detaljer efter ombyggnaden. Ett minskat stillestånd i de två första maskinerna har också bidragit till en minskad produktionskostnad.

Tillverkningsekonomisk verkningsgrad

Vid simulering av den tillverkningsekonomiska verkningsgraden så har verkningsgraden ökat jämfört med figur 4.11 på grund av ett bättre utnyttjande av maskinerna och ett minskat stillestånd. Den tillverkningsekonomiska verkningsgraden är hög eftersom kassationsandelen, som ger störst påverkan på utfallet, är låg.



Figur 4. 24 - Tillverkningsekonomisk verkningsgrad för maskinerna i Process 1

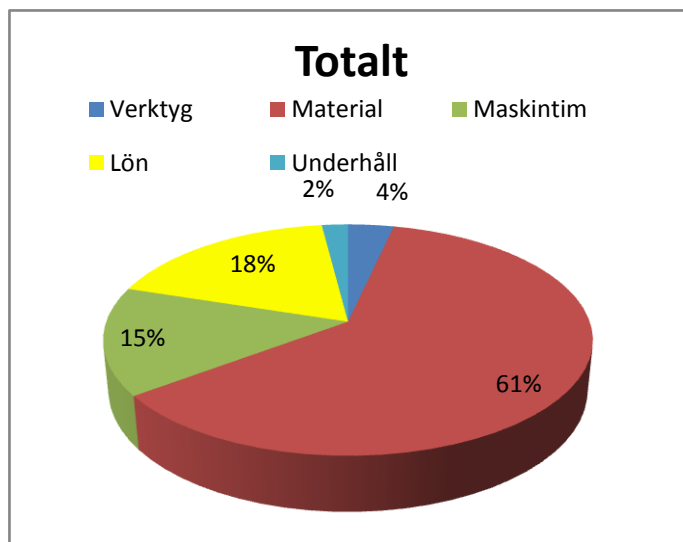
Tabell 4.17 visar tillverkningsekonomisk verkningsgrad för respektive maskin i Process 1.

Tabell 4. 17 - Tillverkningsekonomisk verkningsgrad för maskinerna i Process 1

Station	Tillverkningsekonomisk verkningsgrad
A	95,10%
B	96,50%
C	96,50%
D	96,80%
Totalt	85,70%

4.6.2 Kostnadsandelar

Kostnadsandelarna räknas ut på samma sätt som tidigare och beskriver hur stor del av den totala tillverkningskostnaden vid Process 1 som utgörs av respektive kostnadspost.



Figur 4. 25 - Procentandel av den totala detaljkostnaden i Process 1

Som figur 4.25 visar så har materialkostnadens inverkan på den totala produktionskostnaden ökat, detta pga. att maskintimkostnaden och lönekostnaden har minskat med hjälp av förbättringarna som åstadkommit vid ombyggnaden. Detta gör att det blir svårare att göra stora förändringar i produktionskostnaden eftersom materialet är svårt att påverka som nämnts i tidigare kapitel.

4.6.3 Stilleståndskostnad per tidsenhet

Simuleringar har genomförts för att visa hur mycket ett stillestånd kostar för produktionen på Process 1 har simuleringar genomförts. För att få en rättvis siffra på hur mycket det kostar har bara delar av kostnadsformeln använts. D.v.s. delar som är påverkade av stillestånd. De som påverkas av stillestånden är maskintimkostnaden och lönekostnaden. Beräkningar har genomförts på både före och efter ombyggnaden för att visa skillnaden på stilleståndskostnaden. Tabellerna 4.19 och 4.21 visar resultatet.

Före ombyggnaden

Tabell 4. 18 - Stilleståndskostnad per minut före ombyggnation

	Maskinkostnad per detalj	Lönekostnad per detalj
Station A	<i>Sekretessbelagt material</i>	
Station B		
Station C		
Station D		
Totalt		

För att få fram kostnaden per minut ska kostnaden per detalj multipliceras med takten i produktionslinan. Före ombyggnaden hade hela linan en styrande cykeltid på ca 32 sekunder, det ger en takt på 1,88 hus/min.

Tabell 4. 19 - Total stilleståndskostnad före ombyggnation

Kostnad per minut	<i>Sekretessbelagt</i>
Kostnad per timme	

Efter ombyggnaden är linan avdelad med ett mellanlager, det betyder att det är två olika takter på linan eftersom de två sista stationerna producerar fler detaljer när de tar in hus från andra linjer. Den ideala takten för de två första maskinerna ligger på maximalt 2 hus/min och den nedre delen av linan har en takt på 4 hus/min. Det kommer att ge kostnader enligt tabell 4.20.

Efter ombyggnaden

Tabell 4. 20 - Stilleståndskostnad per minut efter ombyggnation

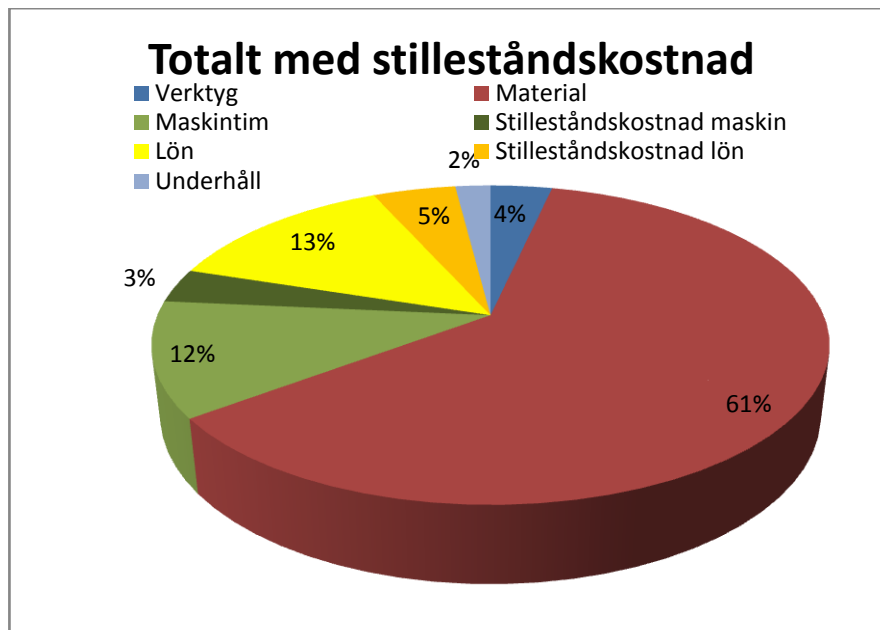
	Maskinkostnad per detalj	Lönekostnad per detalj
Station A	<i>Sekretessbelagt material</i>	
Station B		
Summa för övre delen av linan		
Station C		
Station D		
Totalt		

Tabell 4. 21 - Total stilleståndskostnad efter ombyggnation

	Övre delen av linan	Nedre delen av linan
Kostnad per minut	<i>Sekretessbelagt</i>	
Kostnad per timme		
Totalt hela linan		

De kostnader som är redovisade i tabell 4.21 styrs av stillestånd, kassationer, fri kapacitet, cykeltid och ställtiden som samlats in under uppföljningarna. Det gör att dessa värden förändras ytterligare om man t.ex. sänker cykeltiden i maskinerna. De värden som är beräknade för dagens prestanda kan användas för att beräkna hur mycket företaget förlorar under längre oplanerade stillestånd i processen. Det kan noteras att en liten ökning av stilleståndskostnaden efter ombyggnaden eftersom Process 1 producerar mer är fler detaljer beroende av linan vilket gör att man förlorar mer inkomst om den står stilla. Den beräknade stilleståndskostnaden tar inte hänsyn till förlorad intäkt, leveransböter, expresstransport och förlorat anseende hos kunder vilket gör att stilleståndskostnaden är högre i verkligheten.

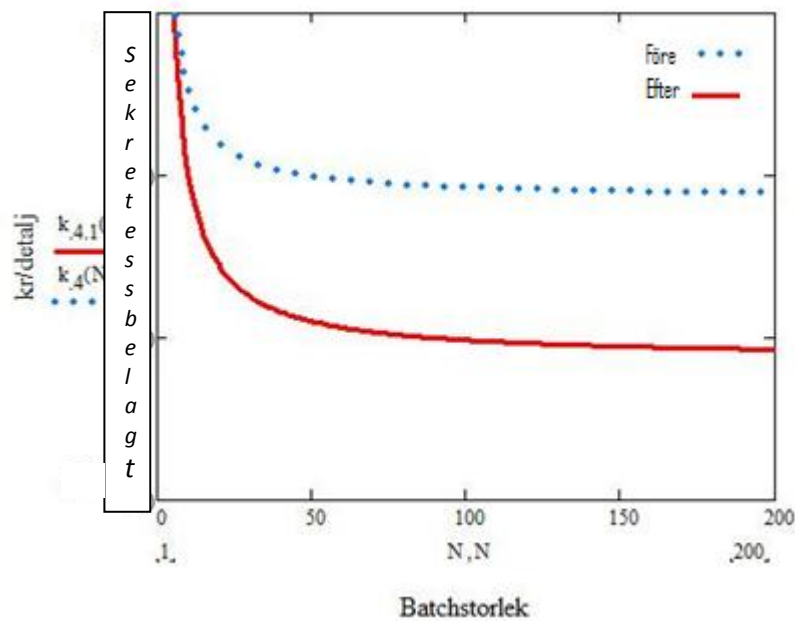
Figur 4.26 visar kostnadsandelar där stilleståndskostnaderna är uppdelade på olika kostnadsposter. Av den totala tillverkningskostnaden står stilleståndskostnaden för 8 % efter ombyggnaden.



Figur 4. 26 - Kostnadsandelar inklusive stilleståndskostnad

4.7 Jämförelse av resultat

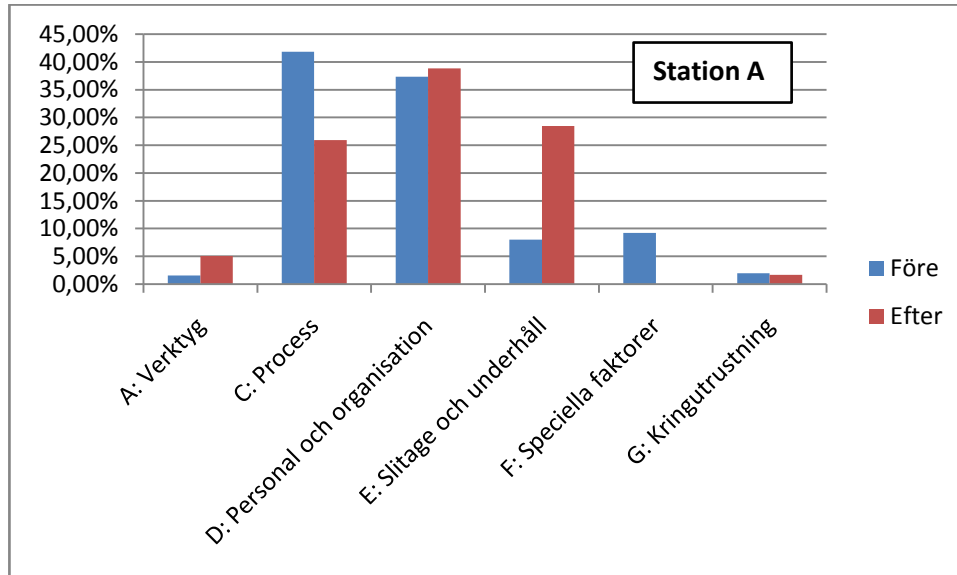
En jämförelse mellan detaljkostnaden före och efter ombyggnaden av har gjorts för att visa kostnadsbesparingen. Figur 4.27 visar detaljkostnaden före ombyggnaden med den blå linjen och den röda linjen beskriver detaljkostnaden efter ombyggnaden. Detaljkostnaden har sjunkit med ca 13 % från xx kr/hus till xx kr/hus vid en batchstorlek på 150 detaljer. Figuren visar även att efter ombyggnaden har detaljkostnaden blivit mer känslig för mindre batchstorlekar pga. att det blir längre ställtider vid de två sista stationerna på linan. Därför är det viktigt att om möjligt undvika små batchstorlekar för att reducera kostnaderna.



Figur 4. 27 - Jämförelse med detaljkostnad före och efter ombyggnaden

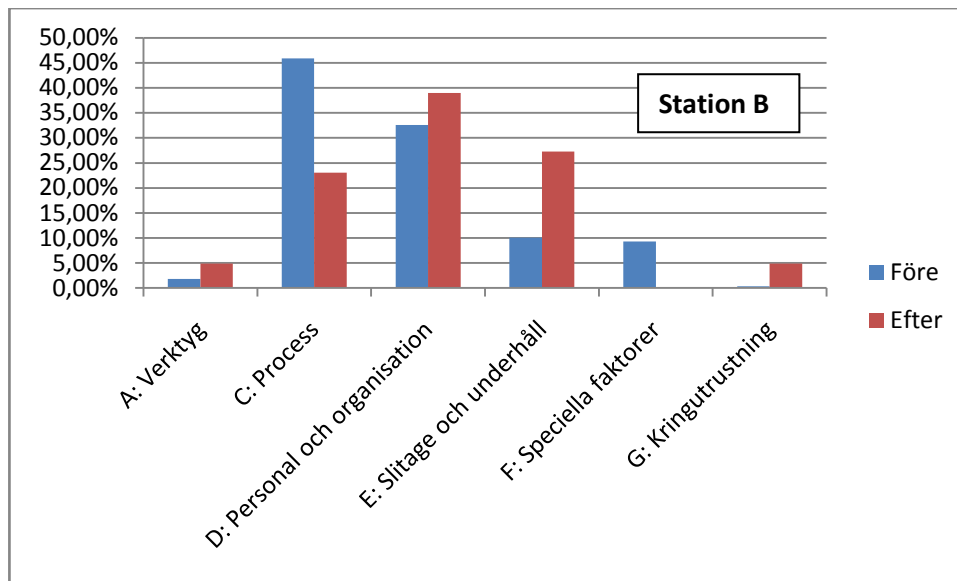
Detaljkostnaden blir xx kr/hus jämfört med xx kr/hus när de fyra dagar som initialt avlägsnades ur uppföljningen för Station D medräknas vid beräkning av detaljkostnaden. Dessa dagar karakteriserades av inkörningsproblem och ojämn produktion vilket resulterar i en högre detaljkostnad.

Jämförelse av faktorernas tidsandel för stillestånd före och efter ombyggnaden för de två första stationerna visas i figur 4.28 och 4.29.



Figur 4. 28 – Jämförelse av faktorernas tidsandel för stillestånd vid Station A före och efter ombyggnaden

Figur 4.28 visar att faktor C: *Processens* andel av stilleståndstiden har minskat från 41 % till 26 % eftersom sidoflödet inte blockerar station A och B efter ombyggnaden. Det ska även noteras att det är en jämförelse i procent vilket betyder att faktorernas sammanlagda värden i procent före och efter ombyggnaden är 100 %. Men den totala stilleståndstiden har dock minskat efter ombyggnaden. När faktor C minskar ökar de andra faktorernas andel av stillestånden. Det betyder att mindre fel som hade en liten inverkan före ombyggnaden blir synliga och visar var nästa förbättringsåtgärd ska satsas. Figuren visar att faktor D och E:s betydelse har ökat.



Figur 4. 29 - Jämförelse av faktorernas tidsandel för stillestånd vid Station B före och efter ombyggnaden

Även Station B har analyserats i figur 4.29, och visar ett likande mönster som Station A. Det betyder att samma insatser kommer ge likande utfall i båda stationerna vilket är positivt eftersom det kan spara resurser vid att samordnat projekt.

4.8 Årlig besparing efter ombyggnaden

Vid detaljkostnadsanalysen konstateras det att kostnaden per detalj har minskat efter ombyggnaden. Det förutsätter att den fria kapaciteten som frigörs på grund av det minskade stilleståndet används till produktion. Om marknaden skulle bli sämre finns det även möjlighet att gå ner ett skift för att fortfarande ha en bra utnyttjandegrad på kvarvarande skiften vilket gör att produktiviteten fortfarande kan hållas på en hög nivå.

Det genomförs en enkel beräkning på den årliga besparingen där antagandet är att det tillverkas xx detaljer per år på linan. Besparingsuträkningen ska enbart användas som riktvärden för hur utfallet av besparingarna blir. Det är svårt att exakt veta hur mycket som kommer att tillverkas under ett år, det gör att det är först i efterhand som man kan se vad det blev för utfall på besparingen. Under den första produktionsuppföljningen låg detaljkostnaden på xx kr och vid den andra produktionsuppföljningen så låg den på xx kr. Det blir alltså en skillnad på xx kr per detalj som är en stor andel av produktionskostnaden. Även om hänsyn tagits till ökade investeringskostnader så kunde denna sänkning trots allt genomföras. Totalt innebär det en sänkning på 13 %. Om en tillverkning verkställs på xx som nämnts ovan så blir det en besparing på cirka xx kronor.

5. FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG

Ett antal förbättringsförslag kan identifieras med utgångspunkt från genomförda uppföljningar och kostnadsberäkningar. Dessa ger idéer om vilka förbättringsaktiviteter som kan öka produktiviteten ytterligare. Med hjälp av Produktionssäkerhetsmatrisen har fler punkter kunnat identifieras genom att urskilja de som orsakar störst stilleståndsandel. Diskussion har även förts med personal som arbetar på Process 1, det har givit insikt i vad som kan förbättras och vad personalen har för tankar om vidare utveckling av processen.

Obemannad produktion under raster

Beskrivning

Vid produktionsanalysen framkom det att faktor: *D. personal och organisation* stod för den största andelen av stillestånden. Efter att utvärdering av maskinernas tillförlitlighet noterades att maskinerna kan producera obemannade under relativt långa stunder. Vid de två första stationerna finns det en buffert som medför en kontinuerlig bearbetning i ca 20 minuter utan påfyllning. Vårt förslag är att man inte stänger av maskinerna vid rasterna utan låter de fortsätta producera för att minska stillestånden. Om operatören fyller på bufferten precis innan rasten så har maskinerna material tillräckligt länge för att operatören kan ta sin rast i lugn och ro. Vanligtvis skadas maskinerna inte när ett fel uppkommer och operatören inte är närvarande.

Förändringar av indata

Genom att använda maskinernas beräknade tillförlitlighet från avsnitt 4.3.5 beräknas den minskande stilleståndsandelen genom att lämna utrustningen på under raster och kortare möten. De nya stilleståndsandelarna blir då följande:

Tabell 5. 1 - Modellerade värden på totala stilleståndsandelen vid obemannad produktion under rast.

	Station			
	A	B	C	D
q _s	22,5 %	19 %	10 %	33 %

Resultat

Simulering har genomförts på obemannad produktion under rast och det gav resultatet att ca xx kr/detalj kunde sparas.

Robotiserad materialhantering vid Station A

Beskrivning

Den genomförda ombyggnaden innebär mer manuellt arbete med fler lyft vilket gör att personalen belastas mer än tidigare. Det finns planer på att en robot ska placeras vid den första maskinen för att avlasta personalen, roboten ska kunna plocka direkt från en osorterad pall med rågods. Vi anser att det är en investering som kommer att frigöra mer kapacitet från personalen. Vidare utveckling på de två första maskinerna vore att en automatisering även skedde efter Station B, det skulle medföra att maskinerna skulle klara sig självständigt under längre perioder. Efter automatiseringen av linan så har författarna kommit fram till att personalbehovet på linan kommer att sjunka. Det behöver inte betyda att Haldex behöver säga upp personal utan man frigör kapacitet som eventuellt kan användas till efterbearbetningen när belastningen ökar.

Förändringar av indata

Stillestånd är hämtade från tabell 4.11. Den nya maskintimkostnaden och lönekostnaden vid Process 1 som används för beräkningen av detta förbättrings förslag. Redovisas i tabell 5.2.

Tabell 5. 2 - Förändrade kostnader vid förbättringsförslaget

	k_{CP} (kr/h)	k_{CS} (kr/h)	k_D (kr/h)
Station A	<i>Sekretessbelagt material</i>		
Station B			
Station C			
Station D			

Resultat

Med en investering för roboten på xx miljon och ett antagande att det behövs tre operatörer på linan. Det ger en besparing på ca xx kr/detalj.

Reducering av den styrande cykeltiden

Beskrivning

Tidsanalysen i kapitel 4.5.1 visar att Station A blockeras av Station B. Vid ombyggnaden infördes ett nytt styrsystem vid Station A på linan, det gjorde att den fick snabbare styrsignaler som medförde att den får lägre cykeltid än Station B. För att förbättra balanseringen bör Station B få ett nytt styrsystem. För att reducera cykeltiden vid Station B måste tiden för in- och utmatningen reduceras. Det underlättar för personalen att ha likadana system för att snabbare ställa in maskinerna.

Förändringar av indata

Den styrande cykeltiden reduceras till 28 sekunder för Station A och B. Investeringskostnaden uppskattas till xx miljoner kronor. Vilket ger en ökad maskintimkostnad som redovisas i tabell 5.3 Stillestånd är hämtade från tabell 4.11 och lönekostnaden från tabell 4.7

Tabell 5. 3 - Maskintimkostnad efter investeringar i styrsystem och in- och utmatningen.

	k_{CP} (kr/h)	k_{CS} (kr/h)
Station A	<i>Sekretessbelagt material</i>	
Station B		
Station C		
Station D		

Resultat

Vid genomförande av samtliga förbättringsförslag och uppskattade investeringskostnader blir detaljkostnaden ca xx kr/detalj Detta innebär en besparing jämfört med detaljkostnaden direkt efter ombyggnaden att bli xx kr/detalj. Det skulle ge en besparing om produktionen fortfarande ligger på ca xx detaljer/år på ca xxx kronor.

	Löne-kostnad	Maskintim-kostnad	Cykeltid	Stillestånd	Detalj-kostnad
Körning under raster och möten.	→	→	→	↘	xx kr
Robot i början linan och minskad personal	↘	↗	→	→	xx kr
Sänkning av cykeltiden	→	→	↘	→	xx kr
Alla ovanstående simuleringar kombinerat	↘	↗	↘	↘	xx kr

Figur 5.1 - Översikt över förändringar av parametrar i kostnadsformeln pilarna som pekar nedåt visar en sänkning, pilarna som pekar rakt fram visar en oförändrad nivå och pilarna som pekar uppåt visar en ökning.

6. DISKUSSION

I kapitlet *Diskussion* kommer resultat och egna erfarenheter av projektet att diskuteras. Stora delar av projekttiden spenderades på Haldex vilket har bidragit till ett antal intryck och iakttagelse. Kopplingen mellan utfört arbete och förbättringsfilosofin *The Haldex Way* kommer också att diskuteras.

6.1 Resultat diskussion

När Process 1 delades i två mindre linjer skapades en mer funktionsindeldad layout, till skillnad från den gamla layouten som var mera flödesinriktad. Detta har fått effekter som stämmer väl överens med teorin om de olika layouttypernas påverkan på genomloppstid, produkter i arbete, störningskänslighet, kapacitetsutnyttjande och planeringsbehov. Resultaten från våra uppföljningar visar att störningskänsligheten har minskat och kapacitetsutnyttjandet har ökat när linan delats upp till två mindre linor. Den teoretiska genomloppstiden har ökat eftersom detaljerna måste lastas på vagn och transporteras manuellt från första till andra delen av linan, där de lastas av för hand. Produkter i arbete från Process 1 kommer också att öka på grund av det nya mellanlagret. Funktionaliteten i det nya kanbansystemet har i skrivande stund ännu ej testats.

Förslag på att utnyttja maskinernas kapacitet under raster och kortare möten visar på en tydlig besparingspotential. Den största delen av stillestånden i nuläget beror på D: faktorn *personal och organisation*. Fördelen med denna förbättring är att den inte kräver någon investering i utrustning då författarna har observerat att utrustningen klarar av att gå obemannat under tidsperioder som överstiger de föreslagna perioderna. Det är viktigt att kvaliteten inte blir eftersatt eftersom kvalitetsförlusterna har en större inverkan på detaljkostnaden än stilleståndsandelen.

Det andra förbättringsförslaget är att utöka automationen i början av linan för att frigöra personal. Investeringskostnaden för automatiseringen innebär att maskintimkostnaden kommer att öka. Om investeringen skall ge en besparing behöver personalkostnaderna vid linan minskas. Det är också viktigt att den nya automationen inte höjer cykeltiden och att den är robust så att stillestånd och kvalitetsnivån håller sig på en stabil nivå. En sådan automatisering ger potential för framtida sänkning av personalkostnaden som är en betydande del av detaljkostnaden i dagens läge.

Det finns faktorer som påverkar tillförlitligheten i de indata som tagits fram till kostnadsmodellen. Vissa data är baserade på antagande, vilket exempelvis gäller

energikostnader, förbrukningsmaterial, lokalhyra m.m. Dessa uppgifter finns idag endast tillgängliga som sammanställda värden för hela produktionssystemet och inte specifikt för maskinerna i Process 1. Det gör att antagande har varit nödvändiga för att få fram en detaljkostnad utan detaljerade studier och uppföljningar under långa perioder. Ovan nämnda faktorer står för ca 25 % av den totala utrustningskostnaden.

Produktionsvolymerna är också en post som är svår att förutse i förväg under ett år, därför har gamla uppgifter använt för att ta fram ett värde på hur mycket som produceras. Den årliga besparingen som författarna beräknat kommer att skilja sig från det riktiga utfallet efter ett års produktion eftersom kommande årets produktionsvolym är okänt.

Eftersom arbetet genomförs under en begränsad tidsperiod har uppföljningstiden varit 8 dagar per uppföljning. Under första uppföljningen noterade 90 stopp vid Station A och 102 stopp vid Station B. Andra uppföljningen gav 113 stopp vid Station A och 88 stopp vid Station B.

6.2 Eegna erfarenheter av TESSPA

Eftersom största delen av examensarbetet tillbringats i närheten av produktionen på Haldex har en bred bild av hur arbetet kring produktionslinan fungerar insamlats. Även raster har tillbringats med personalen med direkt anknytning till produktionen, en djupare bild av dagliga problem i produktionen har då kunnat diskuteras. En erfarenhet som författarna har fått insikt i är att det är svårt att kartlägga alla faktorer som kan inträffa innan uppföljningen har startat. Det krävs en god kännedom om processen alternativt nära kontakt med personer med kunskap om processen.

De ekonomiska indata som TESSPA-modellen kräver är svåra att få direkt i rätt format, det krävs oftast omräkningar. En av anledningarna är att många tillgängliga ekonomiska data är angivet för hela avdelningar och årsvis när man i TESSPA-modellen behöver ekonomiska indata för enskild produktionsutrustning eller produktionslinje. Den ena delen i TESSPA är SPA (Systematisk ProduktionsAnalys) som vi tycker är ett kraftfullt verktyg för att kategorisera störningar som stillestånd och kvalitetsförluster.

Även miljöparametrarna är svåra att införa i produktionsanalysen eftersom de är svåra att knyta samman med övriga parametrar. Kassationer ingår i en egen parameter så det blir fel om den belastar två parametrar i produktionssäkerhetsmatrisen. Som förslag för att miljöparametrarna ska kunna

användas på ett effektivt sätt så bör de vara i en separat matris som enbart är inriktad på att ta fram kostnaden för miljöbelastning i produktionen.

Den andra delen i TESSPA är TES (TillverkningsEkonomisk Simulering) där många faktorer påverkar detaljkostnaden. Det gör att det är viktigt att få fram all data så exakt som möjligt för att åstadkomma en exakt detaljkostnad i slutändan. Positivt med modellen är det effektiva verktyg den utgör för att simulera hur utfallet på detaljkostnaden blir vid exempelvis en investering. Även simulering där olika förbättringsförslag testas är TES ett bra verktyg. Simuleringen med TES ger också en klar bild över hur batchstorleken inverkar på detaljkostnaden.

Den manuella produktionsuppföljningen har uppfattats som tidsödande och som ett moment som bör genomföras mer automatiskt och kontinuerligt.

6.3 Resultat kopplade till The Haldex Way

Som beskrivits i avsnitt 2.4 har Haldex infört en förbättringsfilosofi i koncernen. Filosofin ska ligga till grund för beslut om förbättringsåtgärder. Ett långsiktigt syfte med examensarbetet är att skapa stabila produktionsprocesser, något som även stöds av *The Haldex Way*-filosofin. Grunden i filosofin är *kunden först* vilket betyder att det är viktigt att tillfredställa kundens behov. En koppling kan då dras till vårt arbete genom att det handlar mycket om interna kunder eftersom produktionen måste uppfylla monteringsbeställningar. För att lyckas med det så har ombyggnaden givit en mer förbrukningsstyrd produktion som kommer att kunna leverera produkter till monteringen med kortare ledtider. Det betyder att utvecklingen av Process 1 är en anpassning till kundens önskemål. Syftet är också att bygga upp ett fungerande kanbansystem efter uppdelningen av produktionslinan.

En annan del av grundprinciperna i *The Haldex Way* är *eliminering av slöseri*. Resultaten efter ombyggnaden visar på en mer effektiv process med mindre stillestånd vilket leder till ett mindre slöseri pga. högre kapacitetsutnyttjande av maskinerna och personalen. Ett av våra förbättringsförslag, rastkörning kommer att ge bättre utnyttjande vilket leder till ytterligare reducering av slöseri.

Ständiga förbättringar är en mycket viktig punkt som ligger som tak för huset i filosofin (figur 1.6). Även miljö och säkerhet är viktiga punkter som kommer att tas upp i kapitel 6.4. En tillfredställd personal är också viktigt vilket betyder att det är viktigt att visa att man är beredd att satsa resurser. Exempel på det är efterbearbetningen som innehåller mycket monotona arbetsmoment och är därför en viktig del att utveckla för att uppfylla målen med *respekt för individen* i *The Haldex Way*.

The Haldex Way filosofin kan även sammankopplas med TESSPA genom att ställtider kan mätas och simuleras med TESSPA vilket leder till att batchstorleken inverkan på detaljkostnaden kan åskådliggöras. Även takttidens inverkan på detaljkostnaden kan tydliggöras genom simulering av investering som leder till ökad takt i processen. När en SPA genomförs kommer data från analysen att ligga till grund för beräkningar av nyckeltal i processen. Nyckeltalen är i både *The Haldex Way* och TESSPA en mycket viktig del för att få fram värden på processens prestanda. Syftet med nyckeltalen är att ligga till grund för förbättringsarbeten vid arbete med ständiga förbättringar. Författarna har tagit fram förbättringsförslag i kapitel 5 som analyserats och visar på förbättrade nyckeltal i processen, exempel på förslag är rastkörning. Balanseringen av flödet i processen ingår också i TESSPA genom att påverka kapacitetsutnyttjandet i processen. Det har konstaterats att efter ombyggnationen har kapacitetsutnyttjandet ökat vilket har medfört ett mer balanserat flödet vilket ligger i linje med *The Haldex Way* filosofin.

6.4 Förslag till fortsatta studier

För att kunna göra uppföljningar med bättre precision av produktionslinan så ger författarna förslag på att inför automatisk uppföljning som gör det enkelt för operatören att beskriva vad som inträffat. Det skulle medföra att mönster lättare kan urskiljas och förbättringsåtgärder kan vidtas där den ekonomiska effekten blir som störst. Haldex har redan ett automatiskt uppföljningssystem kopplat till vissa maskiner. Först när de systemen är utvärderade så kan det vara aktuellt att införa i andra delar av produktionssystemet.

Vid Station A och B finns en förbättringspotential gällande statuslamporna som visar om något är fel vid maskinerna. I dagens läge lyser lamporna inte tillräckligt starkt för att göra operatörerna uppmärksamma på att något har hänt. Flera stillestånd kan kortas ner om operatören blir uppmärksam direkt när något händer i maskinerna. Ett förslag för framtiden är ett system som uppmärksammar operatören på stillestånd i varje maskin var han än befinner sig. Detta kan var en sökare som operatören har på sig och som meddelar operatören att något har hänt. En sådan lösning ökar flexibiliteten hos personalen som kan befinna sig på en annan del av produktionslinan och arbeta utan att behöva övervaka de andra maskinerna.

Ur arbetsmiljösynpunkt finns det en del förbättringsmöjligheter för att få en trevligare arbetsplats, den första punkten är luftkvalitén vid produktionslinan. Trots monterade utsugningssystem bildas lukt och dis runt maskinerna pga. oljefylld luft. Att täcka maskinerna med ett tak, skyddar mot stänk och styr luften ut till utsugningssystemet. Tabell 6.1 ger exempel på tre antagna

investeringskostnader för en ombyggnad av maskinerna, tabellen visar också hur investeringen påverkar detaljkostnaden.

Tabell 6. 1 - Investeringskostnadsförslag för tak över maskin A och B och påverkan på detaljkostnaden.

	Station A	Station B	Ökning av detaljkostnad
Investering 1	<i>Sekretessbelagt material</i>		
Investering 2			
Investering 3			

En annan punkt är att det stänker skärvätska från sidan av maskinerna, kontinuerlig kontroll av vilka platser som läcker kan införas för att kunna åtgärda problemen på ett effektivt sätt. En sådan investering bidrar till en trevligare arbetsplats med mindre städning och det bidrar också till en minskad förbrukning av skärvätska.

Mot bakgrund av att produktionstakten i Process 1 ökat efter den senaste ombyggnaden, är en frågeställningen om efterbearbetningen hinner med i det högre tempot. Om inte så tvingas bearbetningslinjerna att stanna pga. att det bildas kö i efterbearbetningen. Kostnadsbesparingarna som uppkommit på grund av det högre tempot kommer då att gå förlorade. Vi föreslår därför att man gör en djupare analys av vad som kan göras för att förbättra produktionstakten vid efterbearbetningen. Med förbättring av produktionen avses förbättring i arbetsmiljön som karakteriseras av mycket lyft av detaljer, även produktionsflödet berörs av förbättringarna. En möjlig förbättringspotential är att kartlägga efteroperationerna och analysera om maskinerna kan grupperas om för att minska totala antalet lyft och transporter per detalj. Ett annat alternativ är att undersöka möjligheterna att automatisera efterbearbetningen. Det bör också undersökas om det går att minska antalet efteroperationer genom att förändra produkten eller förändra rågodset.

Eftersom den procentuella kostnadsandelen av faktorn *E: Slitage och underhåll* har ökat efter ombyggnaden finns det potential att förbättra den delen i processen. Förslag som kan sänka stilleståndet är förberedelse och samarbete när operatörerna genomför verktygsbyten. Det finns även en möjlighet att byta flera verktyg inom samma intervall eftersom verktygskostnaden är enbart 4 % av den totala detaljkostnaden enligt figur 4.26. Även en taktutjämning mellan verktygsbytesintervallen mellan Station A och B är möjlig att genomföra. Anledningen är att om Station A står stilla för verktygsbyte är det tidseffektivt att även byta verktyg i Station B.

Efter ombygganden i Station D har det uppstått en ställtid mellan batcherna eftersom roboten måste betjäna med en tom vagn. Roboten ska även tömma maskinen på detaljer innan nästa batch kan påbörjas. Problemet som uppstått är att vagnarna får slag och stötar under hanteringen vilket leder till att positionen på räcken där detaljerna placeras ändrar läge. Robot kan då kollidera med räcken vilket leder till dyra reparationer. För att undvika detta och för att få en kort ställtid måste förberedelse före batchbyte genomföras. Förbättringspotential finns i att konstruera stabilare vagnar.

Effekter som uppkommer på grund av den delade produktionslinan kan också studeras vidare, bland annat vilka lagernivåer som är lämpliga för att undvika brister men samtidigt inte binda upp onödigt mycket kapital.

Kommunikation inom produktionen är viktigt för att undvika kassationer och stillestånd pga. missförstånd. Det kan lätt uppkomma brister i kommunikationen mellan skiften. Därför föreslås det att en whiteboardtavla finns vid varje station där föregående skift kan upplysa efterföljande skift vad de ska var uppmärksamma på.

7. SLUTSATS

I detta kapitel kommer författarnas resultat från examensarbetet sammanfattas och slutsatser om dessa att kommenteras som en avslutning på arbetet.

Metoden TESSPA har kunnat användas för att beräkna detaljkostnaden vid Process1 både för och efter ombyggnaden. Kostnadsmodellen i TESSPA har anpassats för Haldex produktionsprocess och ger en detaljkostnad på xx kr/detalj efter ombyggnaden. Det är en besparing på 13 % jämfört med detaljkostnaden xx kr/detalj före ombyggnaden. Med hjälp av Produktionssäkerhetsmatrisen har stillestånd och kassationer som identifierats under produktionsuppföljningen kunnat kategoriseras. De största orsakerna till stillestånd identifierats vilket innan ombyggnaden var problem med att hantera ett sidoflöde av material till den nedre delen av Process 1. Efter ombyggnaden var den största orsaken till stillestånd raster och möten. Med hjälp av att räkna ut maskinernas tillförlitlighet kunde en besparing på xx kr/detalj erhållas om maskinerna lämnas obevakade under raster. Resultaten som författarna beräknat visar en stor positiv påverkan på detaljkostnaden efter den av Haldex genomförda ombyggnaden. Våra förslag på förbättringar har också visat ett positivt utslag på produktionskostnaden.

	Besparing
• Obemannad rastkörning	xx kr/detalj
• Robotiserad materialhantering, Station A	xx kr/detalj
• Reducering av den styrande cykeltiden	xx kr/detalj

Haldex har genomfört ett förbättringsprojekt som bidragit till en effektivare produktion i riktlinje med *The Haldex Way* filosofin. Haldex kommer att kunna göra fler effektiviseringar då förbättringsarbetet fortsätter. Det har konstaterats att produktionsavsnittet på Haldex där arbetet utförts har fungerat bra. Självklart finns det förbättringspotential i fler delar av processen men Haldex har rört sig i rätt riktning.

8. REFERENSER

Böcker

Höst, M., Regnell, B., & Runesson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Författare och Studentlitteratur.

Ståhl, J.-E. (2007). *Industriella Tillverkningssystem - Länken mellan teknik och ekonomi*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet.

Bo Bergman, B. K. (2007). *Kvalitet - från behov till användning* (4:1 ed.). Författare och Studentlitteratur.

Dennis, P. (2002). *Lean Production Simplified*. New York: Productivity Press

Informationsmaterial

Haldex Brake Products AB. (2006). Sverige: JS Gruppen AB.

The Haldex Way - Andra utgåvan. (2006). Sverige: Svensk Information.

Internet

Commercial Vehicle Systems. (den 18 04 2007). Hämtat från Haldex.com: http://www.haldex.com/sv/Var_verksamhet/CommercialVehicleSystems/ den 17 06 2008

Garphyttan Wire. (den 04 12 2007). Hämtat från Haldex.com: http://www.haldex.com/sv/Var_verksamhet/Garphyttan_Wire den 17 06 2008

Gruppen, Fordons Komponent. (den 08 04 2005). Hämtat från [fordonskomponentgruppen.se](http://www.fordonskomponentgruppen.se): http://www.fordonskomponentgruppen.se/dokument/den_globala_fordonsindus_trin.doc den 24 06 2008

Haldex Historia. (den 08 05 2006). Hämtat från [haldex.com](http://www.haldex.com): http://www.haldex.com/sv/Om_Haldex/Historia/ den 17 06 2008

Hydraulic Systems. (den 11 05 2007). Hämtat från Haldex.com: http://www.haldex.com/sv/Var_verksamhet/Hydraulic_Systems/ den 17 06 2008

Landskrona Museum. (2005). Hämtat från [Landskronakultur.se](http://www.landskronakultur.se): www.landskronakultur.se/bilhistoria/pages/intro.html den 17 06 2008

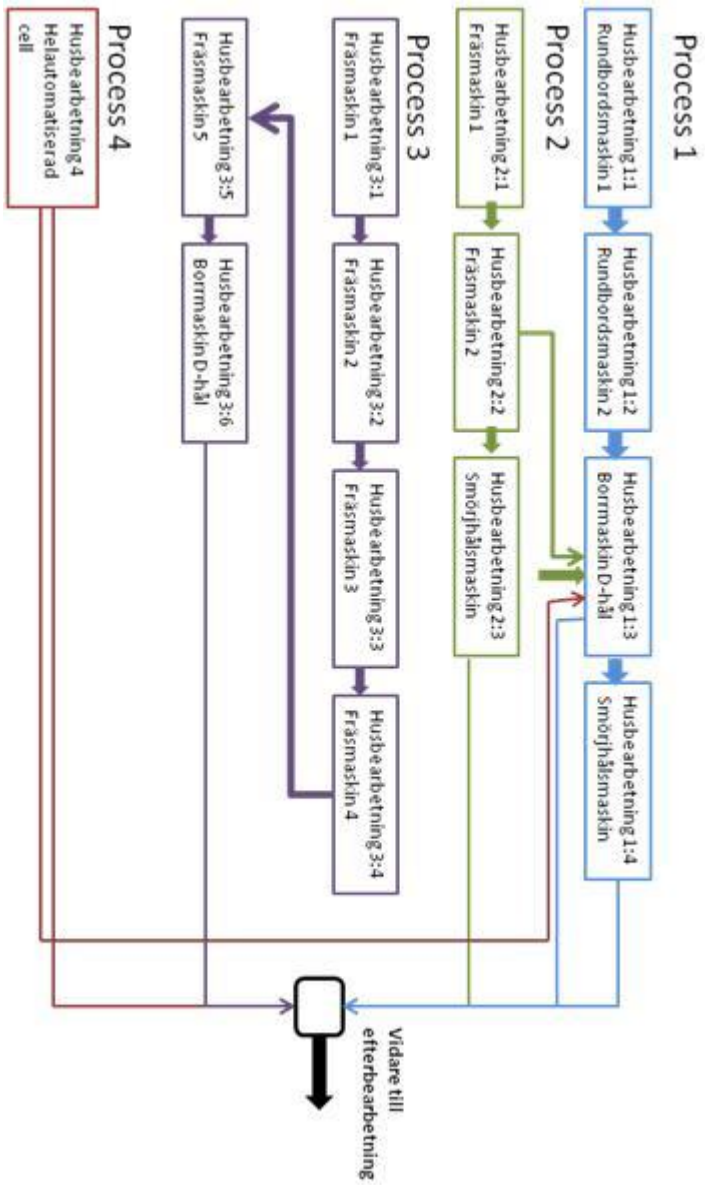
Traction Systems. (den 18 04 2007). Hämtat från Haldex.com: http://www.haldex.com/sv/Var_verksamhet/Traction_Systems den 17 06 2008

Bilder

Air brakes. (u.d.). Hämtat från <http://www.e-z.net/~ts/ts/BRAKE.GIF> den 16 06 2008

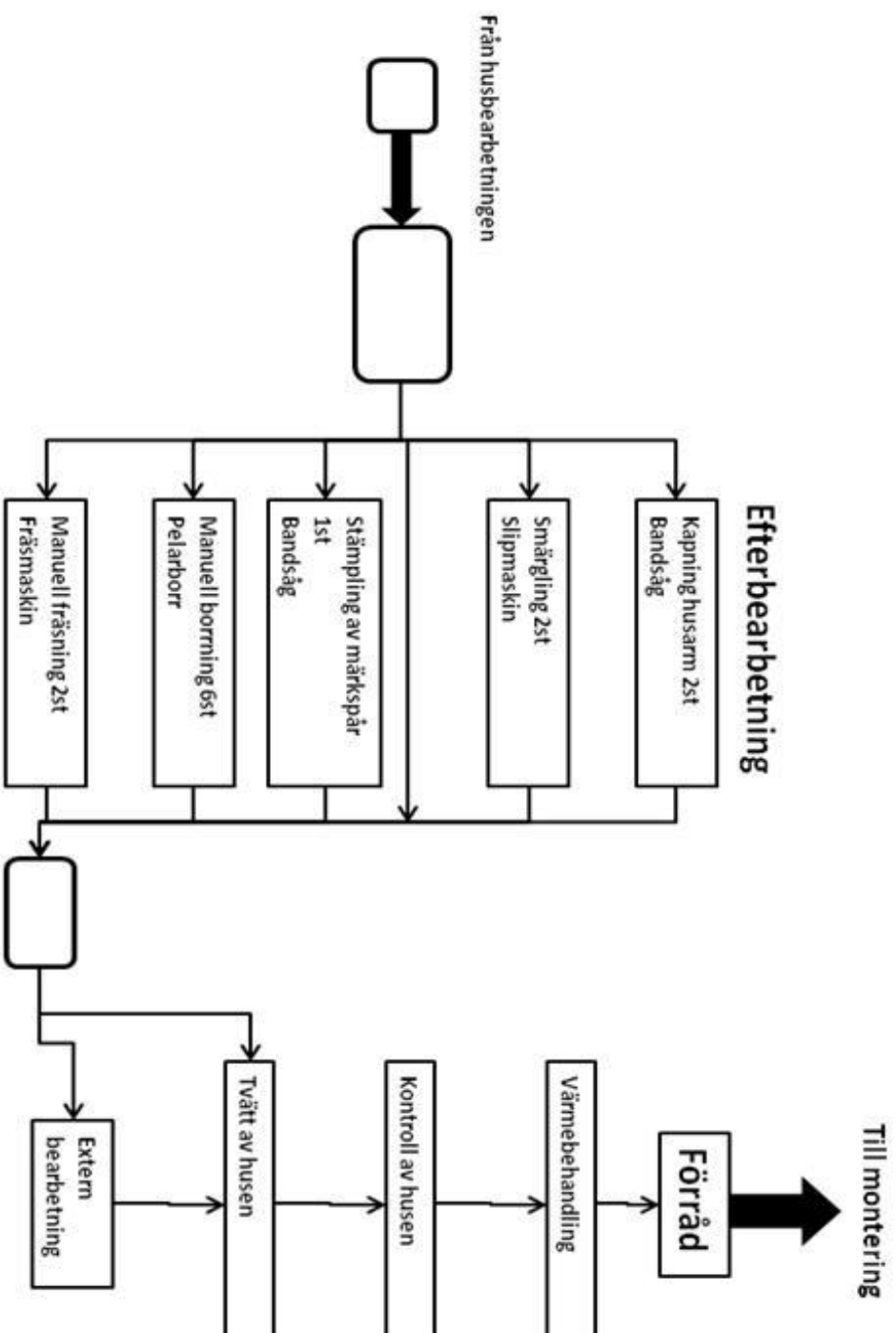
AB Thulinverken. (den 11 07 2007). Hämtat från [wikipedia.org: http://en.wikipedia.org/wiki/Thulin_A](http://en.wikipedia.org/wiki/Thulin_A) den 24 06 2008

Bearbetning av bromshävarmshus på Haldex Brake Products i Landskrona



9. BILAGOR

9.1 Bilaga A



9.2 Bilaga B

Översikt för ombyggnad

Sekretessbelagt material

9.3 Bilaga C

Översikt efter ombyggnad

Sekretessbelagt material

9.4 Bilaga D

Sprängskiss över bromshävarmen

Sekretessbelagt material

9.5 Bilaga E

Översikt över olika typer av hävarmar

Sekretessbelagt material

9.7 Bilaga G

Produktionssäkerhetsmatrisen PSM

Faktorgrupper	Q ₁ Dimensioner	Q ₂ Egenskaper	S ₁ Plan	S ₂ Oplan
A: Verktyg				
Haveri av borrh				
Haveri av gängtapp				
Haveri av fräsverktyg				
Haveri av brotsch				
Problem med verktyg				
B: Arbetsmaterial				
Porer i gjutgodset				
Fel dimension på gjutgodset				
Cementit i gjutgodset				
C: Process				
Station blockerad pga. efterföljande station stannat				
Maskin blockerad pga. lägre takt i efterföljande maskin				
Sidoflöde i D-hålsmaskinen				
Modellbyte				
Felsökning av operatör				
Kvalitetskontroll				
Laserkontroll av gjutgods				
Väntar på sensorsignal från M4				
Hus lossnat från fixtur				
Problem med nya programmet till styrsystemet				
Brist på vagnar				

D: Personal och organisation				
Rast - Frukost				
Rast - Lunch				
Möte				
Möte Haldex Way				
Skiftbyte				
Felaktig inställd maskin				
Felaktig inställt verktyg				
Väntan på reparatör				
Personal ej på plats				
Problem med ordrar, bristande kommunikation				
Feltolkning ritning				
Brandlarm				
E: Slitage och underhåll				
Verktygsbyte				
Daglig rengöring				
Veckotillsyn				
Maskinreparation				
F: Speciella faktorer				
Robottekniker på plats, förberedelse för ombyggnad				
G: Kringutrustning				
Transportband				
Spånutmatning				
Felaktig signal från palettgivare				
Stopp i inmatningen,				

sensorproblem				
H: Okända faktorer				
Okänt maskinstopp				

9.8 Bilaga H

Station A före ombyggnaden

Faktorgrupper	Q ₁ Dimensioner	Q ₂ Egenskaper	S ₁ Plan	S ₂ Oplan
A: Verktyg				
Haveri av borrh				
Haveri av gängtapp				
Haveri av fräsverktyg				
Haveri av brotsch				
Problem med verktyg				00:23
B: Arbetsmaterial				
Poror i gjutgodset				
Fel dimension på gjutgodset				
Cementit i gjutgodset				
C: Process				
Maskin väntar pga. föregående maskin stannat				
Maskin blockerad pga. efterföljande maskin stannat				01:42
Maskin blockerad pga. lägre takt i efterföljande maskin				00:08
Sidoflöde i D-hålsmaskinen				08:07
Modellbyte			00:04	
Felsökning av operatör				00:15
Kvalitetskontroll				
Laserkontroll av gjutgods				
Väntar på sensorsignal från M4				00:05
Hus lossnat från fixtur				00:01
D: Personal och organisation				

Rast - Frukost			02:16	
Rast - Lunch			02:11	00:39
Möte			00:35	
Möte Haldex Way			00:50	
Skiftbyte				00:53
Felaktig inställd maskin	1			
Felaktig inställt verktyg				
Väntan på reparatör				01:47
Personal ej på plats				
Problem med ordrar, bristande kommunikation				00:04
Feltolkning ritning				
E: Slitage och underhåll				
Verktygsbyte			00:13	00:27
Daglig rengöring			00:47	
Veckotillsyn				
Maskinreparation				00:32
F: Speciella faktorer				
Robottekniker på plats, förberedelse för ombyggnad				02:17
G: Kringutrustning				
Transportband				
Spånutmatning				
Felaktig signal från palettgivare				00:22
Hus låg fel på palett, stopp i inmatningen				00:07
H: Okända faktorer				
Okänt maskinstopp				00:01
Summa (tt:mm)			06:56	17:50

9.9 Bilaga I

Station B före ombyggnaden

Faktorgrupper	Q ₁ Dimensioner	Q ₂ Egenskaper	S ₁ Plan	S ₂ Oplan
A: Verktyg				
Haveri av borr				
Haveri av gängtapp				
Haveri av fräsverktyg				
Haveri av brotsch				
Problem med verktyg				00:20
Verktygskalibrering				00:06
B: Arbetsmaterial				
Poror i gjutgodset				
Fel dimension på gjutgodset				
Cementit i gjutgodset				
C: Process				
Maskin väntar pga. föregående maskin stannat				02:43
Maskin blockerad pga. efterföljande maskin stannat				
Sidoflöde i D-hålsmaskinen				08:22
Programfel				
Kvalitetskontroll				
Fel på utmatningen, lägger tillbaka huset snett				
Fel på ritning				
Tom palett pga batchbyte				00:02
Ändring i maskinen pga. ny modell				00:04
Hus lossnat från fixtur				00:02
Fel på inmatningen				00:01
Fel på utmatningen				00:01

D: Personal och organisation				
Rast - Frukost			02:18	
Rast - Lunch			02:11	00:39
Möte			00:35	
Möte Haldex Way			00:50	
Skiftbyte				00:56
Felaktig inställd maskin				
Felaktig inställt verktyg				
Väntan på reparatör				00:30
Personal ej på plats				
Feltolkning ritning				
E: Slitage och underhåll				
Verktygsbyte			00:06	00:05
Daglig rengöring			00:39	
Veckotillsyn			00:58	
Maskinreparation				00:38
Justering av kylvätskekanal, felriktat				00:02
F: Speciella faktorer				
Robottekniker på plats, förberedelse för ombyggnad				02:17
G: Kringutrustning				
Transportband				
Spånutmatning				00:01
Automatisk inmatningsutrustning				
H: Okända faktorer				
Okänt maskinstopp				00:05
Summa (tt:mm)			07:37	16:54

9.10 Bilaga J

Station A efter ombyggnaden

Faktorgrupper	Q ₁ Dimensioner	Q ₂ Egenskaper	S ₁ Plan	S ₂ Oplan
A: Verktyg				
Haveri av borrh				
Haveri av gängtapp				
Haveri av fräsverktyg				
Haveri av brotsch				
Problem med verktyg	19			01:00
B: Arbetsmaterial				
Porer i gjutgodset				
Fel dimension på gjutgodset				
Cementit i gjutgodset				
C: Process				
Maskin blockerad pga. efterföljande maskin stannat				02:13
Maskin blockerad pga. lägre takt i efterföljande maskin				02:17
Sidoflöde i D-hålsmaskinen				
Modellbyte				
Felsökning av operatör				
Kvalitetskontroll				00:11
Laserkontroll av gjutgods				00:02
Väntar på sensorsignal från M4				
Hus lossnat från fixtur				00:13
Problem med nya programmet till styrsystemet				00:04
Brist på vagnar				00:05
D: Personal och organisation				

Rast - Frukost			02:14	
Rast - Lunch			03:00	
Rast - Oplanerad				
Möte			01:08	
Möte Haldex Way			00:38	
Skiftbyte				00:20
Felaktig inställd maskin				
Felaktig inställt verktyg				
Väntan på reparatör				00:07
Personal ej på plats				
Problem med ordrar, bristande kommunikation				
Feltolkning ritning				
Brandlarm				00:10
E: Slitage och underhåll				
Verktygsbyte			00:49	
Daglig rengöring			02:25	
Veckotillsyn			01:01	
Maskinreparation				01:20
F: Speciella faktorer				
Robottekniker på plats, förberedelse för ombyggnad				
G: Kringutrustning				
Transportband				
Spånutmatning				
Felaktig signal från palettgivare				
Stopp i inmatningen, sensorproblem				00:20
H: Okända faktorer				
Okänt maskinstopp				
Summa (tt:mm)			11:15	08:22

9.11 Bilaga K

Station B efter ombyggnaden

Faktorgrupper	Q ₁ Dimensioner	Q ₂ Egenskaper	S ₁ Plan	S ₂ Oplan
A: Verktyg				
Haveri av borrh				
Haveri av gängtapp				
Haveri av fräsverktyg				
Haveri av brotsch				
Problem med verktyg				00:50
B: Arbetsmaterial				
Porer i gjutgodset				
Fel dimension på gjutgodset				
Cementit i gjutgodset				
C: Process				
Väntar på föregående maskin som har stannat				03:31
Sidoflöde i D-hålsmaskinen				
Modellbyte			00:03	
Felsökning av operatör				
Kvalitetskontroll				00:11
Laserkontroll av gjutgods				
Väntar på sensorsignal från M4				
Pallett ramlar av transportband				00:06
Problem med nya programmet till styrsystemet				
Brist på vagnar				00:05
D: Personal och organisation				

Rast - Frukost			01:55	
Rast - Lunch			02:31	
Möte			01:05	
Möte Haldex Way			00:38	
Skiftbyte				00:20
Felaktig inställd maskin				
Felaktig inställt verktyg				
Väntan på reparatör				
Personal ej på plats				
Problem med ordrar, bristande kommunikation				
Feltolkning ritning				
Brandlarm				00:10
E: Slitage och underhåll				
Verktygsbyte			00:14	
Daglig rengöring			02:07	
Veckotillsyn			01:01	
Maskinreparation				01:17
F: Speciella faktorer				
Robottekniker på plats, förberedelse för ombyggnad				
G: Kringutrustning				
Transportband				
Spånutmatning				
Stopp på utmatningen				00:12
Stopp i inmatningen, sensorproblem				00:38
H: Okända faktorer				
Okänt maskinstopp				00:10
Summa (tt:mm)			09:34	07:30