



**LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA**
Lunds universitet

Institutionen för teknisk ekonomi och logistik
Avdelningen för produktionsekonomi

Proaktivt underhåll

- Från brandkårsutryckning till planerade underhållsinsatser

Sašo Karanfilovski
Magnus Andersson

Förord

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av IAC group AB i Göteborg och utgör den avslutande delen av vår civilingenjörsutbildning inom maskinteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Vi vill tacka Bertil Nilsson, lektor vid LTH, samt Patrik Cederwall, underhållschef på IAC group AB, för ett gott samarbete under projektperioden. Vi vill även rikta vår uppskattning till Kristian Wendt, konsult på IFS, samt alla underhållstekniker på företaget.

Göteborg, november 2007

Magnus Andersson Sašo Karanfilovski

Sammanfattning

Detta examensarbete är utfört på uppdrag av IAC Group AB i Göteborg. Fabriken monterar och levererar instrumentpaneler i sekvens till Volvo Car Corporation.

Uppdraget bestod i att ta fram och implementera ett underhållssystem i affärssystemet IFS där alla underhållsprocesser såsom avhjälpande- samt förebyggande underhåll kan registreras. Syftet var att företaget skulle få en ökad insyn i underhållsorganisationens arbete. Men också att underhållspersonalen skulle få bättre förutsättningar för mätning och analysering av det egna arbetet i syfte att kunna förbättra sig själva.

För att få kunskap om hur ett underhållssystem bör vara uppbyggt och hur de lika processerna inom underhåll skall hanteras gjordes en omfattande litteraturstudie inom ämnena underhåll och underhållssystem. Litteraturstudien infattade också mer produktionsinriktade områden. Detta för att få en bild av hur effektiviteten och kostnaderna inom produktionen påverkas av underhållsarbetet. För att göra en ekonomisk simulering användes Tillverkningsekonomisk simulering framtagen vid Lunds Tekniska Högskola. Tillverkningsekonomisk simulering är en metod som i detta projekt användes för att bedöma vilka produktionsekonomiska konsekvenser som förändringar av underhållsarbetet medför.

Vid kartläggning och ekonomisk analys av produktionen visade det sig att lönekostnaderna stod för den klart största delen av produktionskostnaderna. Detta är inget ovanligt i monteringsprocesser som ofta är personalkrävande. Den höga personalkostnaden ledde naturligtvis till att kostnaden vid stillestånd var hög eftersom operatörerna då är sysslösa. Beräkningar visade bland annat att ett minskat stillestånd kan leda till besparingar på upp till en halv miljon kronor per månad i form minskade produktionskostnader.

Det nuvarande underhållsarbetet är snarare inriktat mot att snabbt åtgärda fel i produktionen än att försöka hindra uppkomsten av fel genom exempelvis förebyggande underhåll. Underhållsorganisationen arbetar alltså enligt så kallad brandkårsutryckning vilket betyder att underhållsteknikerna mer eller mindre väntar på att oplanerade produktionsstopp skall inträffa innan de utför erforderat arbete.

Arbetet med att ta fram underhållssystemet inleddes med en kartläggning och kategorisering av anläggningen. Information samlades in dels från ritningar men även genom information från leverantörerna till specifik utrustning. Informationen användes sedan för att skapa en teoretisk modell av anläggningen i programvaran. Modellen som togs fram innehöll alla objekt (t.ex. motorer och robotar) som berörs av underhållsteknikernas arbete. Åtgärder för förebyggande underhåll togs därefter

fram baserade på underhållsteknikernas erfarenheter samt från leverantörernas rekommendationer.

För att ta fram effektiva mätetal för underhållsutveckling ansågs det för statistiskt att bara titta på tillgängligheten. Ett försök gjordes därför att ta fram ett alternativt nyckeltal. Grundtanken är att tillgängligheten viktas mot en ekonomisk faktor. Detta för att särskilja vilka maskiner, produktionsavsnitt eller anläggningar som har störst ekonomiska fördelar av en hög tillgänglighet. På detta sätt kan beslutsunderlag tas fram för var i processen förbättringar bör göras och vikta hur effektivt underhållet bedrivs samt till vilket pris. Med ekonomiskt viktad tillgänglighet som målvärde kommer underhållsorganisationen sträva både mot en hög tillgänglighet och ett effektivt, resurssnålt underhållsarbete

Examensarbetet resulterade i att IAC fick ett underhållssystem utvecklat, implementerat och driftsatt för avhjälpande och förebyggande underhåll. Personalen fick utbildning i programvaran och även i en del underhållstekniska begrepp för att underlätta användningen av systemet. Det togs även fram modeller för att mäta och utvärdera resultaten av underhållsinsatser.

Eftersom systemet driftsattes i slutskedet av projektet fanns det ingen möjlighet att utvärdera resultatet inom ramen för detta examensarbete. Efter ett kontinuerligt arbete med underhållssystemet kommer mängder av data så småningom att registreras vilket ger bra möjligheter att analysera och utvärdera resultatet. Som förslag till fortsatta studier inom detta område kan därför föreslås att underhållssystemets uppbyggnad och struktur analyseras och vid behov modifieras. Det kvarstår även mycket arbete med att vidareutveckla mätetalet för ekonomiskt viktad tillgänglighet som fortfarande kan anses vara på idéstadiet

Abstract

This master thesis was commissioned for the company IAC Group AB in Gothenburg. The factory assembles and delivers instrument panels in sequence to Volvo Car Corporation.

The task was to create and implement a maintenance system where all maintenance processes such as preventive maintenance and corrective maintenance can be registered. The purpose was to give the company a deeper knowledge of the work that was to be performed by the maintenance organization. But also to give the maintenance staff better conditions to measure and analyze their own work with the main purpose to improve themselves.

Knowledge was obtained through literature studies of how a maintenance system is generally built and how different processes within maintenance are managed. The studies also helped with the understanding of how efficiency and costs within the production is affected by the maintenance work. Manufacturing economical simulation, developed at Lund Institute of Technology, is a method that (in this project) was used to determine which economical consequences improved maintenance would result in.

After an economical analysis and mapping of the production it became obvious that the labor costs would stand for the majority of the production expenses. This is not something unusual since assembling productions often have a larger demand of personnel. The high labor cost therefore makes it crucial to keep the production running at all costs. The economical calculations showed that a reduced stoppage time in the production could result in savings up to half a million swedish crowns a month due to reduced production costs.

Today's maintenance organization is working after emergency discharges and the work can be resembled of being more reactive than proactive. In other words this means that the maintenance technicians more or less await a problem to occur in the production site before actually doing something about it.

The first step to be made to implement the maintenance system was to map and categorize the production site. Information about specific equipments was gathered from supplier manuals. This information was then used to create a theoretical model of the production site in the computer system. The model contained all necessary objects which needed maintenance such as robots and motors. Measures for preventive maintenance were then created based on the experience of the maintenance technicians but also from supplier recommendations.

To only look at the availability of the production equipment when measuring maintenance improvements was considered static. An attempt was therefore made to develop an alternative formula that combined availability with economical

consequences in the production for analyzing maintenance improvements. The main purpose of the formula was to provide better knowledge of which production sections or equipment that has largest economical advantages when having a high availability. This can be a powerful tool when deciding where in the production investment should be pointed. It can also be used to evaluate different production sites where the difference in stop costs makes it impossible to compare them by using availability as a measurement.

The thesis resulted in a maintenance system which was developed, implemented and deployed for preventive and corrective maintenance. The repair technicians were educated in the developed maintenance program as well as in theories regarding maintenance. Models were also developed for measuring and evaluating the results of maintenance modifications.

Since the system was deployed at the end of the project it was never included to review the result of the maintenance system. After continuous work with the maintenance system there will be a lot of data available which will help with analyzing and evaluating the result. It is therefore suggested that the design and structure of the maintenance system is further analyzed and evaluated in a follow-up study. There is also more work to be done by further developing and testing the economical availability formula that could be considered to be in a test phase.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	V
ABSTRACT	VII
1 INLEDNING.....	1
1.1 FÖRETAGSBESKRIVNING.....	1
1.2 PROBLEMFÖRMULERING.....	1
1.3 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING.....	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	2
1.5 METODIK.....	2
1.5.1 Informationskällor	3
1.5.2 Litteraturstudie	3
1.5.3 Simulering	3
1.5.4 Överförbarhet	4
2 TEORI.....	5
2.1 UNDERHÅLL.....	5
2.1.1 En överblick.....	5
2.1.2 Driftsäkerhetsteknik.....	8
2.1.3 Underhållets ekonomiska betydelse.....	10
2.1.4 Traditionell syn – underhåll en kostnad.....	11
2.1.5 Ny syn – lönsamt underhåll	12
2.1.6 Planerade underhållsinsatser – en målsättning.....	12
2.1.7 Totalt Produktivt Underhåll (TPU)	14
2.2 UNDERHÅLLSSYSTEM.....	15
2.2.1 Anläggningsregister	18
2.2.2 Förebyggande underhåll.....	20
2.2.3 Arbetsorder och planering	21
2.2.4 Reservdelar och lager.....	21
2.2.5 Inköp.....	22
2.2.6 Dokumenthantering	22
2.2.7 Uppföljning och statistik	23
2.3 PRODUKTIONSSYSTEM.....	23
2.3.1 Lean Production.....	23
2.3.2 Montering	25
2.3.3 Ekonomistyrning	27
2.3.4 Effektiva produktionssystem	29
2.3.5 Tillämpbara kvalitetsverktyg.....	35
2.3.6 Tillverkningsekonomisk simulering	38
2.3.7 Diskret tillverkning med begränsad buffert	40
3 NULÄGESANALYS.....	43
3.1 DATAINSAMLING.....	43
3.1.1 Produktionsdata	43
3.1.2 Anläggningsdata	43
3.1.3 Underhållsdata	44

3.2	PROCESSBESKRIVNING	44
3.3	TID- OCH KOSTNADSEFFEKTIVITET	45
3.4	UTVECKLINGSPOTENTIAL FÖR UNDERHÅLL.....	47
3.4.1	<i>Simulering</i>	49
3.4.2	<i>Resultat och utvärdering av scenarier</i>	51
3.5	UH - ORGANISATIONEN	54
3.6	IFS – AFFÄRSSYSTEM	54
4	GENOMFÖRANDE	57
4.1	ARBETET I IFS - MODULEN	57
4.1.1	<i>Anläggningsregister</i>	57
4.1.2	<i>FU</i>	60
4.1.3	<i>AU</i>	63
4.1.4	<i>Arbetsorderhantering</i>	64
4.1.5	<i>Kostnadsanalys</i>	70
4.1.6	<i>Utbildning</i>	71
5	RESULTAT OCH DISKUSSION.....	73
5.1	UPPFÖLJNING AV UNDERHÅLLSSYSTEMET	73
5.2	PRODUKTIONSUTJÄMNING.....	73
5.3	FÖRSLAG TILL MÅTETAL.....	75
5.4	FRÅGESTÄLLNING KRING UNDERHÅLLSSYSTEMET	77
5.5	ORGANISATORISKA MÖJLIGHETER.....	78
5.6	DEN NYA ANLÄGGNINGEN	81
5.7	FÖRSLAG TILL FORTSATTÄ PROJEKT	83
5.8	VAD KUNDE HA GJORTS ANNORLUNDA?	83
6	LITTERATURFÖRTECKNING	85

1 Inledning

1.1 Företagsbeskrivning

IAC (International Automotive Components) group AB bildades år 2006 genom en sammanslagning av Collins & Aikman Europa samt Lear Interiör och har idag över 21 000 anställda världen över. Företaget utvecklar och tillverkar högkvalitativa komponenter åt den globala fordonsindustrin, och har med sina 70 anläggningar i 16 olika länder ett starkt fotfäste på marknaden.

Detta projektarbete är utfört åt IAC group i Göteborg vilka monterar och levererar instrumentpaneler i sekvens till Volvo Car Corporation, Torslandaverken.

1.2 Problemformulering

Underhållsorganisationen på IAC arbetar enligt så kallad brandkårsuttryckning vilket betyder att underhållsteknikerna mer eller mindre väntar på att oplanerade produktionsstopp skall inträffa innan de utför erforderat arbete. Det föreligger även vissa potentialer i den organisatoriska delen av deras arbete och dess uppföljning. Ett mer önskvärt tillvägagångssätt vore alltså att effektivare planera och uppfölja sina arbetsinsatser genom förebyggande åtgärder.

Företaget använder sig i dagsläget av affärssystemet IFS. Modulen i affärssystemet med vilken ett underhållssystem kan skapas var något företaget inte nyttjade vid projektstarten. Detta berodde till stor del på okunskap inom den delen av programmet.

1.3 Syfte och målsättning

Syftet med projektet var att skapa en bättre dokumentation, en bättre styrning samt ett mer standardiserat arbetssätt för underhållsorganisationen. Detta för att på sikt få en högre tillförlitlighet och driftsäkerhet i produktionen. Mer konkret kan målsättningen med projektet delas upp på två uppgifter:

1. Att, inom ramen för det befintliga affärssystemet, ta fram och implementera ett underhållssystem och på så vis införa ett nytt arbetssätt för underhållsorganisationen på IAC
2. Att analysera befintliga och vid behov ta fram nya nyckeltal, metoder och mätetal för det framtida underhållsarbetet.

1.4 Avgränsningar

Resultatet som detta arbete har lett till skapade en gedigen grund för underhållsorganisationen att stå på inför det framtida underhållsarbetet. Men att ta fram och implementera ett underhållssystem är bara början på ett arbete som egentligen aldrig tar slut, då det alltid finns förbättringsmöjligheter. Det finns därför inom ramen för detta arbete ingen möjlighet att utvärdera resultatet och uppföljningen av systemet.

Vidare bör det även nämnas att det finns begränsningar i själva datorprogrammet som användes för skapandet av underhållssystemet. Detta ledde naturligtvis till strukturella och funktionella avgränsningar av underhållssystemet i sig.

1.5 Metodik

För att uppfylla de mål som sattes upp för projektet togs ett antal delmål fram vilka även fungerade som en checklista för arbetet. Delmålen var att:

- Kartlägga och kategorisera anläggningen
- Ta fram instruktioner för förebyggande underhåll av produktionsutrustningen
- Utforma en arbetsplan bestående av en jämn fördelning av arbetsorder
- Utbilda underhållsteknikerna i programvaran och arbetsorderhanteringen
- Koppla samman underhållsprocesser med ekonomi- och inköpsfunktionen i affärssystemet
- Implementera och driftsätta underhållssystemet
- Simulera olika scenarier i produktionen för att hitta potentialer för underhållsutveckling
- Ta fram mätetal för uppföljning och beslutsunderlag för underhållsatsningar

1.5.1 Informationskällor

Det har skett en insamling av litteraturuppgifter och annan information (i form av samtal med företagets anställda) parallellt med det kontinuerliga projektarbetet.

En av de första stegen som togs för att få en ökad förståelse för problematiken var ett studiebesök på IAC Färgelanda, vilka formsprutar kåporna till instrumentpanelerna. Företagets underhållsorganisation är sedan en tid tillbaka bekant med underhållsmodulen i affärssystemet IFS. Ett möte hölls där det diskuterades och ställdes frågor om vilka problem och möjligheter som fanns vid implementeringen av ett underhållssystem.

I den senare delen av projektet hölls kontinuerliga möten med underhållschefen¹ på IAC samt en konsult² från IFS. Utbildning genomfördes i programvaran samtidigt som det resonerades kring hur implementeringen av underhållssystemet skulle realiserars.

Under hela arbetsgången fördes det även diskussioner med underhållsteknikerna hos uppdragsgivaren.

1.5.2 Litteraturstudie

För inhämtande av viss kunskap samt ökad förståelse för bakomliggande teorier inleddes projektarbetet med en litteraturstudie. Specifika delar valdes sedan ut vilka (utifrån projektets problemformulering) ansågs vara nödvändiga att skildra för att bättre ge en inblick i kopplingen mellan teori och praktik.

1.5.3 Simulering

För att på ett effektivt sätt påvisa vilka konsekvenser en förändring av underhållsarbetet kan medföra valdes det att simulera tre olika scenarier utifrån produktionsdata som var aktuella under projektperioden. Varje scenario beskriver olika tänkbara händelseförlopp, både positiva och negativa, där resultaten av dessa mycket väl skulle kunna användas som beslutsunderlag för framtida förändringsarbeten.

Simuleringen grundades på beräkningsmodeller, med anknytning till

¹ Cederwall, P.

² Wendt, K.

kostnadsekvationen (beskrivs i teoriavsnittet), vilka skapades i Excel. Genom att arbeta med beräkningsmodeller på detta sätt är det relativt enkelt att lägga in egna fiktiva värden och sedan låta modellen generera de tänkbara resultaten. Enkla grafiska bilder kan även skapas i samband med simuleringen vilka ger en bättre förståelse för hur olika produktionsparametrar beror av varandra.

1.5.4 Överförbarhet

Delar från resultatet av denna rapport kan användas inom ett brett område. Förslagsvis som en övergripande beskrivning på hur ett underhållssystem implementeras och följs upp i ett företag. De metoder för beslutsunderlag som tas upp kan exempelvis användas vid underhållsutvecklingsprojekt samt investeringar för andra typer av branscher med diskret tillverkning.

2 Teori

Detta kapitel är en litteraturstudie som ligger till grund för projektarbetet. Inledningsvis definieras begreppet underhåll samt dess generella indelning och struktur. Därefter belyser vi underhållets roll i företagen. Eftersom större delen av projektet berörde framtagandet av ett underhållssystem valdes att därefter beskriva strukturen för det generella underhållssystemet och hur ett sådant bör byggas upp. Avslutningsvis klarläggs den filosofi som ligger till grund för flertalet av dagens produktionssystem, med betoning på ekonomi, anläggningseffektivitet samt tillverkningsekonomisk simulering. Vi vill göra er observanta på att de teorier som följer inte alltid direkt applicerats under själva projektet. De har istället haft en indirekt påverkan vid idéer samt beslut som tagits.

2.1 Underhåll

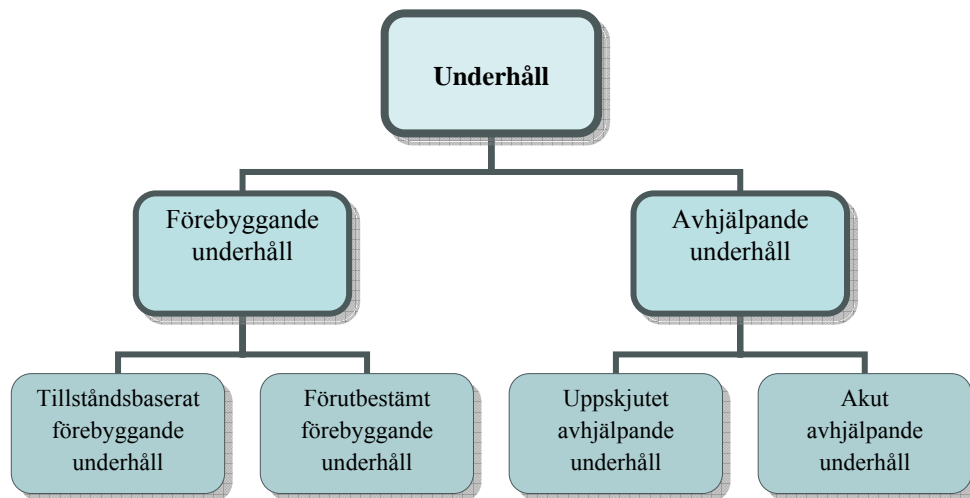
2.1.1 En överblick

Att fullt ut förstå begreppet underhåll och vad det verkligen innebär är grundläggande för den fortsatta läsningen av denna rapport. Begreppet har därför valts att noga definieras.

Underhåll – ”Kombination av alla tekniska, administrativa och ledningens åtgärder under en enhets livstid avsedda att vidmakthålla den i, eller återställa den till, ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion”.³

Begreppet underhåll kan i sin tur delas in i flera underbegrepp. Indelningen kan också ses en beskrivning för hur själva underhållsarbetet kan kategoriseras och illustreras i följande figur.

³ Swedish Standards Institute. 2001



Figur 2.1 Underhållets olika förgreningar och dess benämningar. ⁴

I regel är det önskvärt att gå från det avhjälpande underhållet till ett mer förebyggande. Med andra ord bör målet vara att stegvis få underhållets arbetskaraktär så långt till vänster som möjligt i figuren ovan.

Förr var underhållsverksamheter synonymt med reparationsinsatser efter att funktionsfel inträffat. Idag benämns detta som avhjälpande underhåll (AU).⁵

Avhjälpande underhåll – ”Underhåll som genomförs efter det att funktionsfel upptäckts och med avsikt att få enheten i ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion”.

Avhjälpande underhåll delas in i följande två begrepp.

Akut avhjälpande underhåll – ”Underhåll som genomförs omedelbart efter det att funktionsfel upptäcks för att undvika oacceptabla konsekvenser”.

Uppskjutet avhjälpande underhåll – ”Avhjälpande underhåll som inte genomförs omedelbart efter det att ett funktionsfel upptäcks utan senareläggs i enlighet med givna underhållsdirektiv”.⁶

Numera läggs större insatser för att minska fel och upptäcka fel så tidigt som

⁴ Swedish Standards Institute. 2001, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

⁵ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

⁶ Swedish Standards Institute. 2001

möjligt. Det talas då om ökad användning av förebyggande underhåll (FU).⁷

Förebyggande underhåll – ”Underhåll som genomförs vid förutbestämda intervaller och enligt förutbestämda kriterier och i avsikt att minska sannolikheten för fel eller degradering av en enhets funktion”.

Förebyggande underhåll delas in i följande två begrepp.

Förutbestämt förebyggande underhåll – ”Förebyggande underhåll som genomförs i enlighet med bestämda intervaller eller efter en bestämd användning, men utan att föregås av tillståndskontroll”.

Tillståndsbaserat förebyggande underhåll – ”Förebyggande underhåll som består av kontroll och övervakning av en enhets tillstånd avseende dess funktion och egenskaper, samt därav föranledda åtgärder”.⁸

Övervakningen av en enhets tillstånd är oftast parameterstyrd. Exempel på övervakningar är:

- Vibrationsanalys
- Temperaturmätning
- Tryckmätning
- Oljeanalys
- Ultraljudsanalys
- Mätning av elektriska storheter (spänning, motstånd m.m.)
- Optisk kontroll (med fiberoptik m.m.)

Bästa sättet att övervaka en parameter (exempelvis temperatur) är att följa de variationer som uppstår med hjälp av styrdiagram (se även avsnittet ”Statistisk Processtyrning, SPS”).

Nackdelarna med ett tillståndsbaserat förebyggande underhåll kan sammanfattas enligt följande punkter:

- Dyr utrustning
- Det krävs i många fall en unik kompetens vid mätningen och analysen vilken kan vara svår att upprätthålla
- Övåntade fel kan inte fångas upp
- Svårigheter vid mätning samt analys av konditionsnivå⁹

⁷ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

⁸ Swedish Standards Institute. 2001

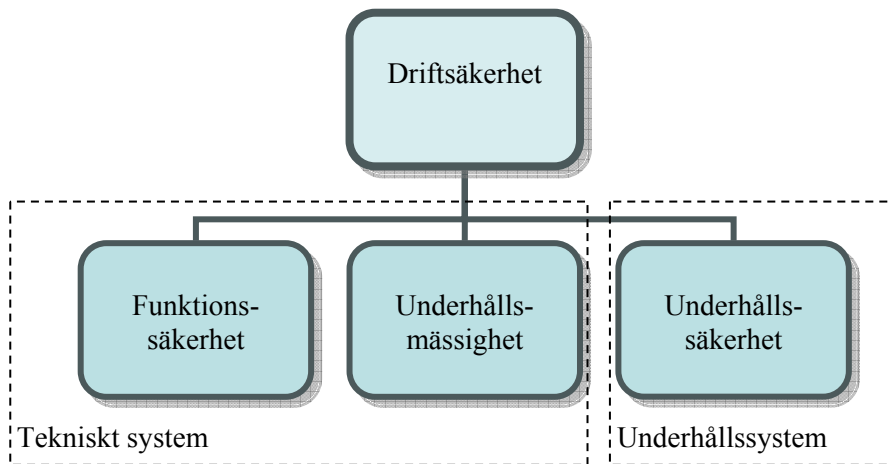
⁹ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

2.1.2 Driftsäkerhetsteknik

Målet med allt underhåll är naturligtvis att skapa en hög driftsäkerhet i anläggningen där begreppet driftsäkerhetsteknik kan definieras enligt nedan.

Driftsäkerhet – ”Förmågan hos en enhet att kunna utföra krävd funktion under angivna betingelser vid ett givet tillfälle eller under ett angivet tidsintervall, förutsatt att erforderliga stödfunktioner finns tillgängliga”.¹⁰

Detta betyder således att driftsäkerheten bestäms av hur snabbt underhållssystemet kan åtgärda uppkomna fel men även av det tekniska systemet (i många fall en maskin), se figur 2.2.



Figur 2.2 Driftsäkerhetsmodell.¹¹

Det tekniska systemet kan enligt figuren indelas i funktions-säkerhet samt underhållsmässighet, vilka bestämmer systemets förmåga att uppfylla driftsäkerheten.¹²

Funktions-säkerhet

Funktions-säkerhet – ”Förmåga hos en enhet att utföra krävd funktion under givna förhållanden under ett angivet tidsintervall”.¹³

Vanliga mått på funktions-säkerhet är MTBF (Mean Time Between Failures) och R(t) (funktionssannolikhet).

¹⁰ Swedish Standards Institute. 2001

¹¹ Johansson, K-E. 1997, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

¹² Johansson, K-E. 1997

¹³ Swedish Standards Institute. 2001

MTBF anger medeltiden mellan fel som uppstår vid givna drift- och miljöförhållanden.

Funktionssannolikhet $R(t)$ anger sannolikheten för att en enhet skall fungera som avsett under ett visst tidsintervall vid givna drift- och miljöförhållanden.

$$R(t) = P(\tau > t) = 1 - F(t)$$

Tidsintervallet börjar vid en angiven tidpunkt och har längden t . Vid angivande av funktionssannolikhet förutsätts att förebyggande underhåll ej förekommit. Felsannolikheten $F(t)$ för en specifik komponent bestäms av dess felfördelning och kan därför variera mellan olika komponenter.¹⁴

Underhållsmässighet

Underhållsmässighet – ”Förmågan hos en enhet, som används enligt angivna betingelser, att vidmakthållas i, eller återställas till ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion, när underhållet utförs under angivna betingelser och underanvändning av fastställda förfaringssätt och resurser”.¹⁵

Ett vanligt förekommande mått för underhållsmässighet är medelreparationstid, MTTR (Mean Time To Repair).¹⁶

Underhållssäkerhet

Underhållssäkerhet – ”Förmågan hos underhållsorganisationen att tillhandahålla de rätta underhållsresurserna på erforderlig plats, för att utföra krävda underhållsåtgärder på en enhet, vid en angiven tidpunkt eller under ett angivet tidsintervall”.¹⁷

Underhållssäkerheten bedöms oftast genom medelväntetiden, MWT (Mean Wait Time). Det vill säga den tid då inga underhållsåtgärder kan utföras på grund av väntan på erforderliga underhållsresurser, körtid samt administrativ väntan.¹⁸

¹⁴ Johansson, K-E. 1997

¹⁵ Swedish Standards Institute. 2001

¹⁶ Johansson, K-E. 1997

¹⁷ Swedish Standards Institute. 2001

¹⁸ Johansson, K-E. 1997

2.1.3 Underhållets ekonomiska betydelse

Idag satsas allt större resurser på att förbättra företagens konkurrenskraft. Detta gäller kanske i ännu större utsträckning för de nya högteknologiföretagen vars tillväxt med största sannolikhet kommer att öka i framtiden. En betydande del i konkurrensanalysen mellan utländska och svenska företag består i att jämföra deras totala produktionskostnader.

Förr var den svenska arbetskraften oftast mycket dyrare jämfört med andra konkurrensländer. Rationaliseringar, förändrad skattepolitik samt nedskrivning av kronan har dock på senare tid bidragit till att det skett en kraftigare utjämning i detta avseende. Men trots detta är Sverige fortfarande ett högkostnadsland när det gäller industriell verksamhet. För att förbli konkurrenskraftiga krävs det att svenska företag är bättre än konkurrenterna på andra delar av produktionssystemen samt den ekonomiska verksamheten. Viktigt är då att företagen kan frigöra rörelsekapital samtidigt som kvalitetsförbättrande åtgärder införs för att erhålla bättre leveransprecision samt lägre produktionskostnad. Men för att dessa åtgärder skall bli effektiva måste en hög och jämn produktionssäkerhet uppnås med samtidig fokus på ett bättre utnyttjande av utrustningen. En viktig del för att nå dit är att förbättra underhållsverksamheten i företagen.¹⁹

De flesta känner till att människans förmåga att få förståelse och acceptans för ett förslag ökar om förslaget kan uttryckas i monetära termer. Om det endast talas om tillgänglighetsprocent eller stopptimmar minskar chanserna att få en dialog om underhållets betydelse. För att en underhållsverksamhet skall kunna utvärderas ekonomiskt måste det studeras vilken nytta verksamheten gör men också vilka resurser den kräver. Det krävs således att intäkter såväl som kostnader studeras.²⁰

Direkta UH-kostnader

Direkta UH-kostnader omfattar arbete, material, köpta tjänster, omkostnader etc. Det vill säga samtliga kostnader vilka fordras för att vidmakthålla funktionsduglig utrustning.²¹

Indirekta UH-kostnader

Kostnader vilka påverkas av underhållsbehovet men som inte är att betrakta som direkta UH-kostnader. Antingen är det kostnader som uppkommer som ett resultat av att försöka minska eller förhindra direkta UH-kostnader (t.ex. produktbuffert och utrustningsreduktioner), eller kostnader vilka är konsekvenser av inträffade fel (t.ex. kassationer eller övertidsproduktion).²²

¹⁹ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

²⁰ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (3)

²¹ ibid

²² ibid

Uteblivna intäkter

Effekter av underhållsbehovet som ger intäktsförluster för företaget på grund av minskad försäljningsvolym eller en negativ prispåverkan genom exempelvis försämrade kvalitetsnivå och leveransprecision.²³

2.1.4 Traditionell syn – underhåll en kostnad

Traditionellt sett har fokus snarare legat på underhållspersonalens tekniska kompetens samt snabbhet i reparationsarbeten (och därmed förmågan att minska stopptider) än förmågan att undvika stopp. Därför betraktas företagets underhållsresurser generellt som någon slags beredskapsstyrka vid krissituationer. Det är däremot uppenbart att flera haverier kan undvikas och livslängden på produktionsutrustningen förlängas om ett väl fungerande förebyggande underhåll upprätthålls. Förändringsarbeten i underhållsverksamheter har därför medfört att de gått från oplanerade åtgärder till planerade och systematiska insatser. Emellertid har ett sådant förändringsarbete efterhand orsakat att dessa underhållsorganisationer blivit mindre uppmärksammade i företagen eftersom antalet stopp minskat i produktionen. Konsekvenserna blir då att underhållet i utbyte ses som någonting kostsamt utan att vara produktivt. Istället för att optimera underhållsverksamheten har den alltså minimerats för att öka lönsamheten i företaget, vilket olyckligtvis är vad som händer i många företag idag.²⁴

Denna utveckling blir extra påtaglig då underhållschefer ofta belönas mer om kostnaden för underhåll kan sänkas, än om de bidragit till ökad produktionskvalitet, produktionsvolym eller tillförlitlighet. Den vanliga synen är att ett bra underhåll är ett underhåll med låg kostnad vilket medför att underhållscheferna hamnar i ett ”budgetfångelse”, då de tvingas fokusera mer på kostnader än på resultat. Under en tidsperiod på ett till två år är det relativt lätt att skapa ett underhåll med låga kostnader. Men vill varaktiga resultat uppnås krävs stora förändringar i både tankesätt och kultur. Det är viktigt för underhållscheferna att övertyga ledningen om att en ökad produktionssäkerhet leder till lägre produktionskostnader. Svårigheten ligger dock i att med siffror kunna översätta hur mycket ett förbättrat underhåll hade påverkat produktionssäkerheten.²⁵

²³ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (3)

²⁴ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

²⁵ Internet: Idhammar, C

2.1.5 Ny syn – lönsamt underhåll

Varför bör då underhållet optimeras? Många företag satsar idag på att hålla en så hög kvalitet som möjligt samtidigt som de vill hålla nere kapitalbindningen. Resultatet blir då att produktionen blir mer störningskänslig. Underhållsinsatserna blir således en viktig faktor för att eliminera påföljderna av dessa störningar och måste därför bedömas utifrån en helhetssyn med utgångspunkt i deras totala effekt på företagets ekonomi. Satsning på ett bättre underhåll medför också en ökande kapacitet i produktionen och kan i många fall även vara ett komplement till dyrbara investeringar. Underhållsinsatser skulle helt enkelt kunna betraktas som en förädling av hela anläggningens kapacitet. Intäkten som uppstår genom ökad såld volym kan oftast räknas fram som marknadspris minus kostnaden per enhet.

Kortfattat kan fördelarna med att utnyttja förebyggande underhåll, framförallt tillståndsbaserat underhåll, beskrivas enligt:

- Förbättrad driftsäkerhet
- Ökad tillgänglighet
- Längre livslängd på maskiner och maskindelar
- Minskade underhållskostnader
- Bättre reservdelsplanering
- Ökad säkerhet för personal
- Effektivare drift av anläggningen²⁶

2.1.6 Planerade underhållsinsatser – en målsättning

I många företag läggs mycket fokus på förhållandet mellan FU och AU, vilket förvisso ger en intressant fingervisning. Men det de istället bör lägga mer energi på är att öka planeringsgraden av alla underhållssituationer. Vilket alltså betyder att de då hade strävat efter optimalt planerade insatser vare sig det handlar om AU, FU, tillståndsbaserat underhåll, modifieringar eller installationer.

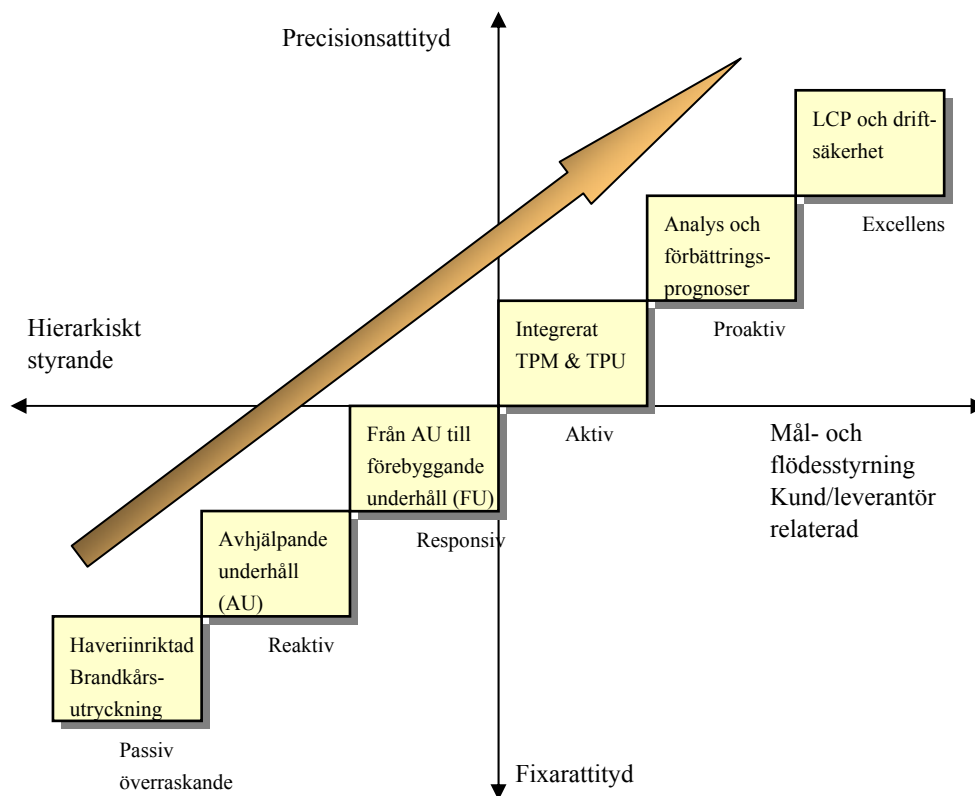
Planerade underhållsinsatser handlar främst om att:

- Köpa rätt från början (ställ krav på funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet)
- Skapa rätt driftförhållanden (installation, uppriktning osv.)
- Köra utrustningen rätt (utbilda operatörerna)
- Sköta utrustningen optimalt (instruktioner för rengöring, löpande tillsyn m.m.)
- Göra FU, helst tillståndsbaserat förebyggande underhåll (kontroller och felrapporter)

²⁶ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

- Förbereda AU-insatser (kompetens, reservdelar, ritningar, verktyg o dyl.)
- Aktivt uppfölja och analysera (produktions- och störningsuppföljning med sammanställning och analys)
- Modifiera vid behov (utveckla förbättringar)²⁷

Ett illustrativt exempel på hur företaget kan utvärdera dess läge i underhållets utvecklingstrappa visas i figur 2.3. Syftet är alltså att stegvis gå från fixarattityden till en mer precisionsattityd genom delvis uppsatta mål



Figur 2.3 Vägen till driftsäkerhet.²⁸

Många företag är inte medvetna om att övergången från ett avhjälpande till ett mer förebyggande underhåll enbart betyder att de kommit halvvägs på underhållets utvecklingstrappa.²⁹

²⁷ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007

²⁸ Ahlmann, H. 2001, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski S

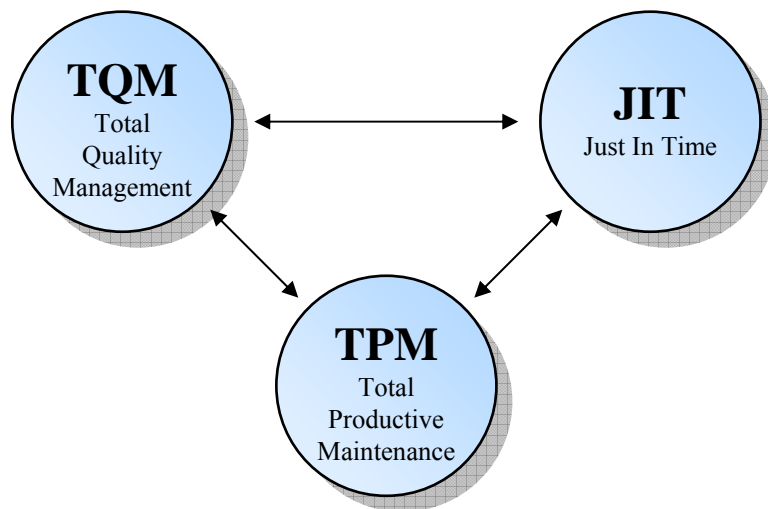
²⁹ Ahlmann, H. 2001

2.1.7 Totalt Produktivt Underhåll (TPU)

Totalt produktivt underhåll är ett arbetssätt som i små steg leder till kontinuerliga förbättringar och inriktar sig på att skapa störningsfria processer genom varje medarbetares engagemang. Med *totalt* menas att arbetssättet omfattar all verksamhet, dvs. maskiner, utrustningar, människor och hur dessa samverkar totalt när det gäller att producera. Det finns inga generella lösningar för hur TPU skall implementeras i ett företag, utan måste skräddarsys för de förutsättningar som råder i den enskilda organisationen. Det viktigaste med TPU är själva uppstarten och hur väl denna lyckas. Ledningen måste utbildas och därmed bli väl förtrogna med vad TPU verkligen innebär. Det är viktigt att poängtera att TPU är ett ständigt pågående arbete och inte ett projekt, vilket generellt har en början och ett slut. TPU är ett arbetssätt vilket förbättrar följande delar:

- Produktivitet
- Kvalitet
- Kostnader
- Leveranssäkerhet
- Säkerhet och miljö
- Motivation³⁰

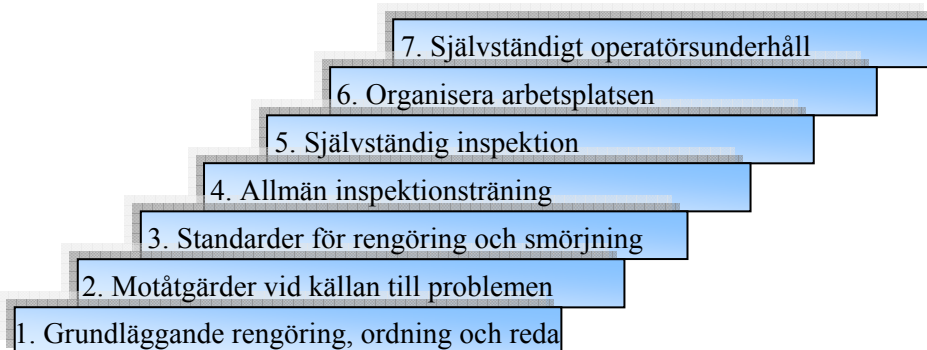
Som figur 2.4 skildrar intar TPU, eller TPM som det egentligen heter, en betydelsefull del i den japanska produktionsfilosofin och har därför en självklar koppling till begreppen TQM (kvalitetssatsningar) och JIT.



Figur 2.4 Det finns ett naturligt samband mellan TPM, TQM och JIT.³¹

³⁰ Johansson, K-E. 1997

Med TPU arbetas det bl.a. med att öka samarbetet mellan olika yrkeskategorier för att uppnå ett bra underhållsresultat. Speciellt viktigt är detta vid situationer med upprepande störningstillfällen och likartade insatser av enkel karaktär. Integrerat underhåll införs genom så kallat operatörsunderhåll vilket bl.a. innebär att operatören skall lära känna sin utrustning, kunna sköta det dagliga underhållet, upptäcka fel och brister samt avhjälpa dessa. Arbetsmetoden enligt figur 2.5 följer en sjustegstrappa och tar vanligtvis lång tid att införa.



Figur 2.5 Sjustegstrappan mot självständigt operatörsunderhåll.³²

Förändringsarbetet enligt figuren ovan leder så småningom till att underhållsavdelningens ordinarie arbetsuppgifter läggs över på operatören, och därmed friläggas resurser. Detta leder i sin tur till att underhållspersonalen kan ägna mer tid åt specialunderhåll och utvecklingsarbete för ytterligare förbättringar i utrustningen.^{33 34}

Beskrivningen av TPU utgör i sig underlag för en hel bok, varför det har valts att inte vidare skildra förfarandet i denna rapport.

2.2 Underhållssystem

Möjligheterna att kunna öka planeringsgraden av underhållsarbetet, och därmed få ut så mycket som möjligt av det, är i hög grad beroende av insamlad data, val av hjälpmedel samt analysmetod. Dagens underhållssystem är en vidareutveckling av flertalet moduler vilka togs fram för specifika kunder och deras krav under mitten

³¹ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (5), omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

³² Nilsson, B. Marklund, J. Henriksson, T, 2007, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

³³ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (5)

³⁴ Ståhl, J-E. 2007

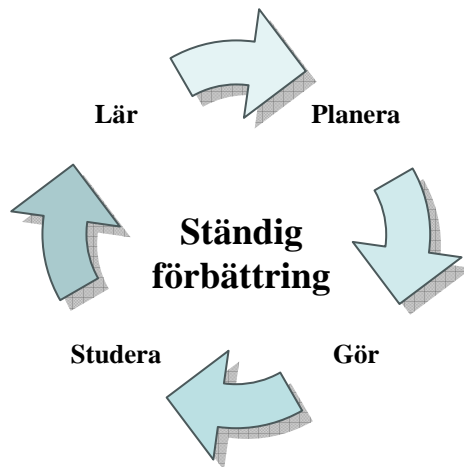
av 70-talet. Idag är dessa moduler mer generaliserade och fungerar därför i olika branscher. De kan sammanfattas enligt nedanstående punkter:

Anläggningsuppgifter:	Anläggningsregister Ingår i/består av analyser Anläggningshistorik Ritningsregister Utredningar
Förebyggande underhåll:	FU-plan Instruktionsregister FU-lista Generering av FU-arbetsordrar
Reservdelar:	Förrådsnoteringar Inköpsrutiner Artikel- och inköpsstatistik ABC-analyser Beräkningshjälpmedel
Planering:	Beredning Planering Arbetsordersystem
Uppföljning:	Uppföljning av underhållsinsatserna Feluppföljning Driftsäkerhetsdata Ekonomisk uppföljning

Alla underhållssystem är i grund och botten stora registerhanterare för bl.a. anläggningsdata, FU-planer, stycklistor m.m. Möjligheten att kvalitetssäkra sådan information skulle exempelvis kunna leda till att minska felsökningstiderna, hitta rätt reservdelar snabbare, minimera stopptiderna för planerade och oplanerade arbeten samt minska störningsfrekvensen. Det är därför oerhört viktigt att all insamlad information håller en hög kvalitet, vilket är en förutsättning för underhållsverksamhetens arbete mot ständig förbättring. Det är även minst lika viktigt att samla in, tolka och analysera samt redovisa uppgifter om störningar och produktionsbortfall.³⁵

De aktiviteter som alltid bör ingå i ett underhållssystem framgår i figur 2.6.

³⁵ Henriksson, T. Marklund, J. Nilsson, B. 2007



Figur 2.6 Arbetscykel för underhållsverksamheten.³⁶

Arbetet genom ständiga förbättringar är en förutsättning för att ett underhållssystem skall utvecklas kontinuerligt. Underhållsarbeten planeras och utförs därefter. I samband med detta studeras resultatet av det utförda arbetet och på så sätt erhålls bättre kunskap om processen.

Planera:

- Bedöma omfattning
- Bestämma tidpunkt
- Reservera, anskaffa resurser

Gör:

- Avhjälpande underhåll
- Förebyggande underhåll
- Tillståndsövervakning
- Modifiering
- Byte av utrustning
- Insamlad data om felutfall, stillestånd, kostnader m.m.
- Bearbetning och resultatpresentation

Studera:

- Fastställa höga underhålls- och stilleståndskostnader
- Fastställa tekniska orsaker
- Utarbeta förslag till åtgärder
- Värdera ekonomiskt utbyte

³⁶ Johansson, K-E. 1997, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

Lär:

- Genom att upprepa cykeln flera gånger blir förbättringsarbetet bestående

Underhållssystem kan antingen vara manuella eller datorbaserade. Vanligast är att användaren först nyttjar det manuella systemet för att sedan övergå till ett datorbaserat sådant. Datoriseringen i sig löser inga problem och därför är fakta och kunskap sådant som måste tas fram innan ett datorsystem implementeras. Just realiseringen av sådana datorsystem är det många företag som misslyckats med och i de fallen hade det kanske varit bättre om följande förutsättningar varit uppfyllda:

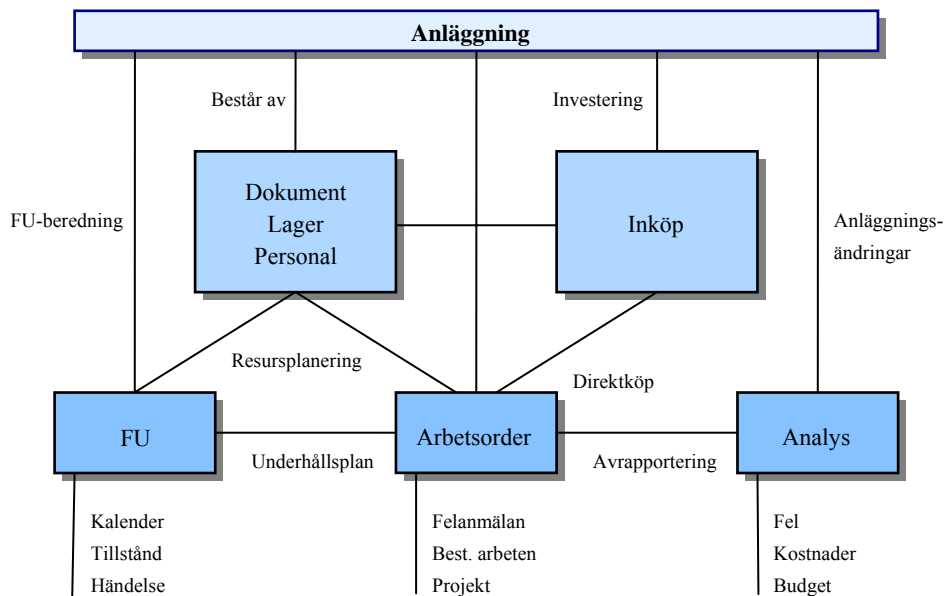
- Fakta om underhållsobjekt måste vara dokumenterade
- Systemet bör vara användarvänligt
- Alla berörda skall vara med från början
- Personalen skall vara motiverad
- Systemet skall hela tiden kunna förbättras genom god återföring av uppnådda resultat

Ett viktigt moment vid uppbyggnaden av ett underhållssystem är att bestämma hur strukturen för systemet skall se ut och därmed dela in det i ett antal delfunktioner. Fel struktur kan ta väldigt lång tid att ändra i efterhand.³⁷

2.2.1 Anläggningsregister

Anläggningen byggs upp av ett anläggningsregister vilket fungerar som en bas för att snabbt kunna hitta information om produktionsanläggningar, byggnader, transportsystem etc. Anläggningsregistret är med andra ord en beskrivning av den fysiska anläggningen och används främst för att skapa länkar mot andra informationsmängder (se figur 2.7) för snabb åtkomst av information.

³⁷ Johansson, K-E. 1997



Figur 2.7 Samverkan mellan underhållssystemets olika moduler.³⁸

Figuren ovan exemplifierar således inte hur ett anläggningsregister ser ut, utan skildrar hur ett sådant samverkar med andra moduler i systemet.

Typiskt för många anläggningsregister är att de är hierarkiskt uppbyggda för att skapa möjlighet att bryta ner olika anläggningsdelar i t.ex. funktioner, platser, delar och komponenter. Detta gör att användaren ganska enkelt kan hitta specifik data, som exempelvis tekniska specifikationer samt reservdels- och dokumentlistor, bland relativt stora datamängder.³⁹

I registret bör bl.a. följande data, kopplingar samt möjligheter finnas:

- Anläggnings-, linje- och maskinidentifiering
- Geografisk placering
- Tekniska specifikationer
- Koppling till kostnader för förebyggande underhåll och avhjälpande underhåll
- Referenser till ritningar och felsökningschema
- Kopplingar till ekonomifunktioner
- Reservdelar, lager
- Inköp
- Arbetsorder och planering
- Förebyggande underhåll

³⁸ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (7), omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

³⁹ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (7)

- Uppföljning, statistik och analys⁴⁰

2.2.1.1 Anläggningsstruktur

Anläggningsstrukturen skulle exempelvis kunna indelas på följande sätt:

Nivå 1 Verksamhetsområde	Verksamhetsområden ex Instrumentpanel, Montering
Nivå 2 Anläggning	Geografisk avgränsning ex Monteringsfabrik i Göteborg, Biskopsgården
Nivå 3 System	Sammankopplade produktionsenheter ex Monteringslinje
Nivå 4 Apparat	Komplett avgränsad utrustning ex Robot
Nivå 5 Komponent	Undernivå till apparat ex Drivmotor

Nivåerna ligger till grund för de identitetsnummer som datorsystemet sedan använder sig av. Vid mindre företag kan det hända att några av nivåerna avlägsnas.⁴¹

2.2.2 Förebyggande underhåll

I underhållssystemet byggs det förebyggande underhållet upp kring en eller flera periodiskt återkommande aktiviteter för varje anläggningsobjekt. Dessa aktiviteter styrs oftast av kalender, tillstånd eller grupperas i paket (så kallat händelsestyrt FU). Den kalenderstyrda underhållsplanen kan delas in i ronder och separata arbeten. Genom datorns möjligheter att gruppera och presentera information skapas utgångspunkter för att arbeta med resursutjämnning samt ständig korrigering och finslipning av det förebyggande underhållet. Det är alltså inte önskvärt att ha ett statiskt förebyggande underhåll då anläggningens förutsättningar ständigt ändras genom exempelvis ökad kapacitet samt föråldring.⁴²

⁴⁰ Johansson, K-E. 1997

⁴¹ ibid

⁴² Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (7)

2.2.3 Arbetsorder och planering

Arbetsordersystemet utgör basen för all planering av underhållsverksamheten. Här kan organisationen felanmäla och beställa arbeten och därmed även identifiera samt sammanställa framtida behov i form av exempelvis resurser och kompetenser. Modulen är ett kraftigt verktyg för att planera och prioritera underhållsverksamheten och bidrar dessutom till möjligheten att snabbt agera vid olika händelser. Därutöver genererar modulen även historik vilket är en viktig del för en fortsatt uppföljning av den tekniska och ekonomiska analysen.⁴³

En arbetsorder bör bl.a. innehålla:

- Automatisk arbetsorderhantering
- Felorsak (gärna kodad)
- Felbeskrivning
- Arbetsinstruktioner
- Dokumenthänvisningar
- Kostnadsbärare
- Resursåtgång (personal, verktyg, reservdelar)
- Tid (reparationstid, stilleståndstid)
- Status på arbetsorder (t.ex. väntar på reservdel)
- Fria fält för kommentarer

Återrapporteringen bör förslagsvis innehålla:

- Åtgärd
- Utförd av
- Resursåtgång (verklig åtgång av personal, verktyg, reservdelar)
- Tid (verklig reparationstid, stilleståndstid)
- Tid mellan felupptäckt och åtgärdande av fel
- Kostnad

Dessutom skall planerade, pågående, försenade samt historiska arbetsorder kunna fås genom listning i systemet.⁴⁴

2.2.4 Reservdelar och lager

I reservdelsmodulen bör det finnas ett förrådsregister som i princip är

⁴³ ibid

⁴⁴ Johansson, K-E. 1997

reservdelarnas anläggningsregister. Systemet bör exempelvis innehålla:

- Artikelidentifiering
- Saldo
- Pris
- Förrådsplats
- Leverantör
- Kostnadsbärare
- Senaste uttag
- Beräknad inleverans
- Larm vid beställningspunkter⁴⁵

Säkerställandet av en hög tillgänglighet på en anläggning har en stark koppling till förrådshanteringen. Detta beroende på att materialplaneringen kan ske mot förebyggande åtgärder vid så kallade planerade utbyten samt mot materialplanering och reservering mot arbetsorder. Kan lagersystemet dessutom hantera individer och spårbarhet mot leveranser är detta en viktig länk i den totala kvalitetssäkringen.⁴⁶

2.2.5 Inköp

Inköpsmodulen är väl integrerad med reservdelsmodulen och skall kunna hantera inköp av registrerade artiklar och förnödenheter samt användas för tillfälliga direktköp av material och tjänster. Lämpliga funktioner och upplysningar vilka bör finnas i systemet:

- Orderbekräftelse
- Leveransbevakning
- Fakturakontroll
- Leveransvillkor
- Betalningsvillkor
- Fraktvillkor
- Automatisk generering av inköpsanmodan⁴⁷

2.2.6 Dokumenthantering

Tillgänglighet och hantering av ritningar, scheman, instruktioner och andra typer av dokument spelar en central roll i företagets strävan efter kvalitetssäkring. För underhållet är det framförallt en förutsättning för både personalsäkerheten och anläggningens tillgänglighet. Olika dokument bör därför integreras med

⁴⁵ Johansson, K-E. 1997

⁴⁶ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (7)

⁴⁷ Johansson, K-E. 1997

underhållssystemets alla moduler vilket då ger en snabb åtkomst av rätt information.⁴⁸

2.2.7 Uppföljning och statistik

Historik från anläggning, maskiner och komponenter skall vara åtkomliga och man bör i första hand kunna hantera listor över fel frekvenser och kostnadsbärare. Det är även önskvärt att i det framtida arbetet kunna hantera nyckeltal så som funktionssäkerhetsmått (MTBF), underhållsmässighetsmått (MTTR) och underhållssäkerhetsmått (MWT), men kanske även egna framtagna nyckeltal vilka är skräddarsydda för den enskilda organisationen.⁴⁹

2.3 Produktionssystem

2.3.1 Lean Production

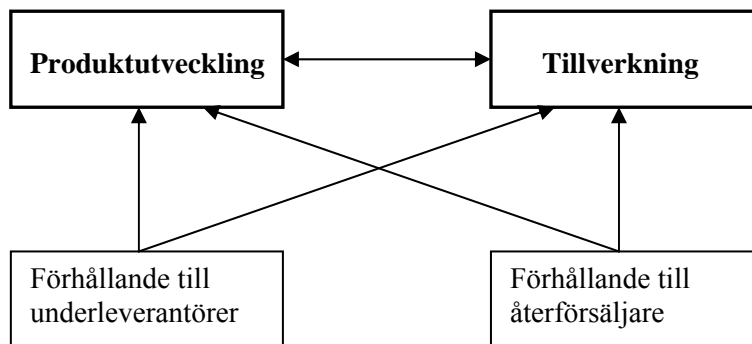
Lean production kan på svenska översättas till resurssnål eller snärt produktion och har sitt ursprung i Toyotas grundfilosofier om ständiga förbättringar. Uttrycket myntades 1988 av J. F Krafcik i artikeln ”Triumph of the Lean Production Systems”.

Genombrottet för Lean production kom dock i samband med att Womack, Jones och Roos 1990, efter en omfattande studie av världens bilindustrier, släppte boken ”The machine that changed the world”. De valde att dela in Lean production i de fyra områdena (se figur 2.8):

- Produktutveckling (Lean product development)
- Tillverkning (Lean manufacturing)
- Förhållande till underleverantörer (Lean suppliers)
- Förhållande till återförsäljare (Lean customer relation)

⁴⁸ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (7)

⁴⁹ ibid



Figur 2.8 Lean productions fyra beståndsdelar.⁵⁰

Enligt figuren skall produktutveckling och tillverkning ses som de två viktigaste delarna medan förhållandet till återförsäljare och leverantörer skall ses som stödfunktioner.⁵¹

Företag som arbetar efter Lean production strävar hela tiden mot att använda mindre av följande:

- Medarbetare
- Yta
- Investeringar
- Utvecklingstid
- Lager
- Genomloppstider
- Fel

Det enda företaget i fråga vill öka är kundens valmöjligheter, alltså produktionssystemets flexibilitet.⁵² För att kunna lyckas med detta krävs att aktiviteter som inte bidrar till produktens förädling och värdeökning elimineras. Här använder Lean production Toyotas idéer om att eliminera de sju slöserierna:

- Överproduktion
- Väntan
- Transport
- Bearbetning
- Lager
- Förflyttning
- Att göra felaktiga detaljer

⁵⁰ Ericsson, J. 1997

⁵¹ ibid

⁵² Skärvad, P-H. Olsson, J. 2003

Det handlar också om att jämna ut produktionen genom att använda sig av enstycksflöde, förbättra layouter, minska genomloppstider och ställtider eftersom detta också reducerar olika typer av slöseri.⁵³

2.3.1.1 Just In Time (JIT)

Just-In-Time är en av grundtankarna bakom Lean production och Toyotas produktionssystem. I sin ursprungliga form beskrivs JIT som att rätt detaljer anländer till rätt plats i förädlingsprocessen i precis rätt tid och i rätt antal. Det vill säga precis när behovet uppstår av precis det antal som efterfrågas. Detta medför att de direkta kostnaderna minskar genom att företagen slipper mellanlagring. Produktionen kan också snabbare svara på marknadens krav eftersom ledtiderna minskar. JIT kan också användas som ett visualiseringsverktyg eftersom små eller inga buffertar i produktionen synliggör eventuella problem och brister som annars döljs av stora buffertar.

Idag använder forskare ofta uttrycket JIT på ett bredare sätt än den ursprungliga definitionen. Den har då beskrivits på ungefär samma sätt som Lean production, alltså eliminering av allt slöseri.⁵⁴

Att arbeta efter JIT-principen är något företag bör eftersträva. Men det kan också medföra problem om de väljer att minimera sina buffertar och lager utan att ha kontroll på dess produktion. En professor⁵⁵ vid Lunds tekniska högskola beskriver detta på följande sätt:

”Företag som använder sig av Just-In-Time blir framgångsrika, om de överlever...”

Genom att minska lager och buffertar utsätts företaget för risker eftersom störningskänsligheten ökar i produktionen. Ett företag som tillämpar JIT skall, för att kunna leverera produkter i rätt tid, ha full kontroll över sin produktion, extremt hög tillgänglighet på sin utrustning, få kassationer samt ha ett integrerat samarbete med sina leverantörer.

2.3.2 Montering

Vid montering sammanfogas olika artiklar till en färdig produkt och det är ofta det

⁵³ Bellgran, M. Säfsten, J. 2005

⁵⁴ Ståhl, J-E. 2007

⁵⁵ ibid

slutgiltiga steget i en produktionsprocess. Alla problem som uppstår tidigt i produktionsprocesser, som till exempel dåliga toleranser, kan leda till stora konsekvenser vid själva monteringen. Eftersom de ingående artiklarna redan har genomgått bearbetningsprocesser eller andra typer av förädling är deras värde högt redan innan de når monteringen. Detta gör att misstag i monteringsprocessen leder till extra höga kostnader. För att monteringsprocessen skall vara möjlig krävs tillgång till både styrning och resurser.

Den vanligaste tillverkningstypen vid montering är linjeflöde. Det ger en relativt enkel materialhantering då flödet är väldefinierat och går med en konstant flödeshastighet. Tillverkningskapaciteten kan styras genom att hastigheten på linan höjs och sänks. Detta kräver dock att en viss överkapacitet finns vid varje station, alternativt möjlighet att öka eller minska antal stationer.⁵⁶

Förluster som uppstår i monteringsystem brukar delas upp i:

- Balanseringsförluster
- Systemförluster
- Hanteringsförluster
- Driftstörningar

Balanseringsförluster uppstår då operationstiden inte är exakt samma vid varje station. Detta medför ökade kostnader då resurserna inte utnyttjas till fullo.

Balanseringsförlusten definieras som:

$$d = \frac{nc - \sum_i t_i}{nc} \quad (1)$$

där: n = antal stationer
c = cykeltiden
t_i = operationstiden för operation i

Genom att balansera linan på ett korrekt sätt kan antalet arbetsstationer vid en given cykeltid minska, alternativt kan cykeltiden minimeras vid givet antal stationer.

Systemförluster uppstår när montörerna inte utför arbetet med samma hastighet, det vill säga när den verkliga cykeltiden varierar. Cykeltiden som används vid balansering av monteringslinan är ofta ett medelvärde, mätt under en viss tidsperiod, av de olika tider som erhålls för varje monteringsstation. Systemförlusterna kan minimeras med hjälp av buffertar mellan stationerna samt med hjälp av parallella monteringsstationer.

⁵⁶ Börjesson, P. Lundgren, A, 2003

En del av cykeltiden går åt genom hantering, som exempelvis hämtning av verktyg eller förändring av produktens placering. Om denna hanteringstid utgör en stor del av monteringstiden fås hanteringsförluster. Dessa förluster kan minskas genom att cykeltiden ökas.

Driftstörningar påverkar alla produktionssystem och delas upp i planerade samt oplanerade stopp. Exempel på planerade stopp är raster, omställningar och verktygsbyten medan oplanerade stopp kan vara maskinhaveri, reparationer och materialbrist. Genom att använda sig av buffertar kan dessa problem tillfälligt lösas även om det inte alltid är att föredra då kapitalbindningen ökar och brister i systemet blir svårare att upptäcka.^{57 58}

2.3.3 Ekonomistyrning

Ekonomistyrning är ett viktigt verktyg för att kunna styra, påverka och förändra företag. Det talas ofta om räntabilitetsmått, ansvarsenheter och investeringskalkylering. Men finns det brister i att styra företag enbart med finansiella mått? Och finns det bättre sätt att utvärdera och styra prestationer i företag?

2.3.3.1 Finansiella nyckeltal⁵⁹

Aktieägarvärde och ägarstyrning har påverkat sättet företag arbetar med styrning och utveckling. Företaget skall endast utföra aktiviteter som tillfredställer aktieägarna. Varje kvartal skall företagen redovisa en kvartalsrapport som analytiker och investerare analyserar i syfte att hitta vinstförväntningar och med detta företagets börsvärde. Detta gör att företagen tvingas styra sin verksamhet efter finansiella mått som kassaflöde, absoluta resultatmått eller avkastningsmått som till exempel räntabilitet på sysselsatt kapital. Dessa typer av prestationsmått har kritiserats för att vara kortsiktiga och lätta att manipulera. Till exempel kommer en avskriven utrustning att ge en bättre räntabilitet än nyinköpt utrustning trots att den har en sämre produktivitet. Tabell 1 visar hur räntabilitetsmålet förändras för en investering på 1 miljon kronor med en ekonomisk livslängd på 5 år och ett resultat på 100 000 kronor per år.

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5
Ingående	1 000 000	800 000	600 000	400 000	200 000

⁵⁷ Olhager, J. 2000

⁵⁸ Börjesson, P. Lundgren, A, 2003

⁵⁹ Bengtsson, L. Berggren, C. Lind, J, 2005

kapital					
Avskrivning/ år	-200 000	-200 000	-200 000	-200 000	-200 000
Resultat	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
R _{SYSS}	10 %	12,5 %	16,67 %	25 %	50 %

Tabell 1

Investeringen kommer alltså under första året att ge en räntabilitet på sysselsatt kapital på 10 % och sedan successivt öka för att vara 50 % år 5. Styrning genom finansiella mått kan alltså göra företagen rädda för att investera i dyr utrustning då denna investering kommer att försämra den nuvarande räntabiliteten. Detta synsätt kan på kort sikt vara framgångsrikt då låga avskrivningar kan göra att produktionen behåller sin konkurrenskraft. På längre sikt leder detta till att produktionen tappar sin konkurrenskraft då utrustningen blir för gammal. Företaget kommer då att stå inför valet att göra en kraftig satsning för att försöka återskapa produktionens konkurrenskraft eller att outsourca produktionen till ett annat företag.

Det finns även andra aspekter där de finansiella måtten inte är att rekommendera. Genom att minska det förebyggande underhållet på utrustningar och anläggningar kan företaget få en ökad räntabilitet eftersom kostnaderna minskas. Detta leder troligtvis inte till några problem på kort sikt men på lång sikt kommer de oplanerade stoppen att öka och detta leder till att kostnader ökar. Ytterligare ett sätt att manipulera resultatet är att låta tillverkningsvolymen överstiga försäljningsvolymen samt att öka lagernivåerna. De fasta kostnaderna kommer då fördelas över en större volym och självkostnaden för en produkt reduceras. Detta leder till att kostnaden per såld vara blir lägre trots att lagren har ökat.

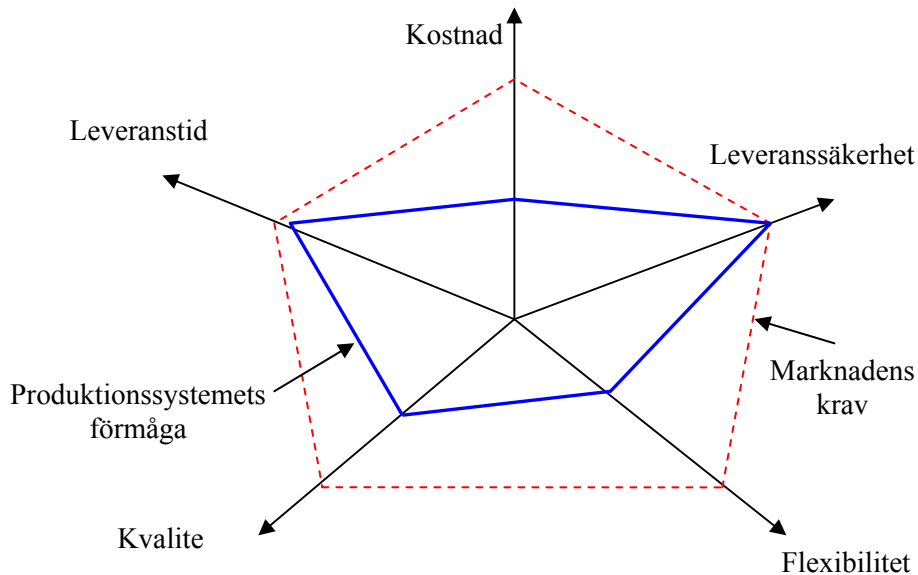
2.3.3.2 Icke finansiella nyckeltal

Genom att använda sig av icke-finansiella nyckeltal kan en bättre koppling mellan verksamheten och de finansiella måtten uppnås. Dessa nyckeltal används i det dagliga arbetet på de olika affärsenheterna. De ger en snabbare återkoppling och kommer vid positiv utveckling leda till ett bättre finansiellt resultat.

Genomloppstid är exempel på ett icke-finansiellt mått som är viktigt att mäta. Minskad genomloppstid leder till en förbättrad leveranssäkerhet och förenklad styrning av produktionen. Det medför även att kapitalbindningen minskar vilket i sin tur ökar räntabilitet på sysselsatt kapital. Andra övergripande icke-finansiella mått som används för att styra en produktionsenhet är effektivitet, produktivitet, kvalitet och leveranssäkerhet. Genom att styra verksamheten med hjälp av både finansiella och icke-finansiella mått kan målen bli förståeliga för samtliga

medarbetare, samtidigt som de bidrar till företagets övergripande lönsamhet.

Ett sätt att överblicka, styra samt förbättra företag är genom att rita upp ett polärddiagram där verksamhetens mål kan sättas mot företagets prestation och därigenom styra verksamhetens utveckling, se figur 2.9.



Figur 2.9 Polärddiagram med mål för verksamheten relaterad till prestation.⁶⁰

Ur figuren ser vi att det fiktiva produktionssystemet nästan når upp till marknadens krav när det gäller leveranssäkerhet och leveranstid. Men när det gäller kostnad, kvalitet och flexibilitet uppfylls inte kraven.^{61 62}

2.3.4 Effektiva produktionssystem

Det finns idag en rad olika mätmodeller och begrepp för att utvärdera effektivitet och störningsnivå i tillverkningsystem. Det finns även en utbredd begreppsförvirring om hur de olika begreppen skall tolkas och hur de definieras.⁶³ För att analysera effektiviteten hos olika tillverkningsystem studeras oftast tre

⁶⁰ Bellgran, M. Säfsten, J. 2005, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

⁶¹ Bengtsson, L. Berggren, C. Lind, J. 2005

⁶² Bellgran, M. Säfsten, J. 2005

⁶³ Ericsson, J. 1997

nyckeltal: tillgänglighet, anläggningseffektivitet och kvalitetsutbyte. Dessa nyckeltal ger en bild av hur effektiv produktionen är men också en indikation på var eller i vilka områden det finns brister.

2.3.4.1 Tillgänglighet

Ett produktionssystemets tillgänglighet beskriver hur stor del av tiden som produktionsutrustningen är tillgänglig för att producera och definieras som:

$$\text{Tillgänglighet (A)} = \frac{\text{tillgänglig tid} - \text{stopptid}}{\text{tillgänglig tid}} \quad (2)$$

Stopptider kan delas in i oplanerade stopp (haverier) och planerade stopp (omställningar, justeringar).⁶⁴

Ett annat vanligt sätt att räkna ut tillgängligheten är:

$$A = \frac{MTBF}{MWT + MTTR + MTBF} \quad (3)$$

där: $MTBF$ = Mean time between failure (medelvärdet av tiden mellan två stopp)
 $MTTR$ = Mean time to repair (medelvärdet av reparationstiden)
 MWT = Mean wait time (medelvärdet av tiden tills en åtgärd sätts in vid stillestånd)⁶⁵

Det är även möjligt att beräkna tillgängligheten med avseende på olika avbrottstyper. Det talas då om:

- Inneboende tillgänglighet
- Åstadkommen tillgänglighet
- Operationell tillgänglighet

Inneboende tillgänglighet A_i tar endast hänsyn till haverier och innefattar inte planerade stopp som till exempel väntetider eller stopp för förebyggande underhåll.

Inneboende tillgänglighet definieras som:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

Åstadkommen tillgänglighet beskriver ett systems tillgänglighet både utifrån

⁶⁴ Sundkvist, M. 2006

⁶⁵ Ståhl, J-E. 2007

oplanerade och planerade stopp för förebyggande underhåll och definieras som:

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M} \quad (5)$$

där: $MTBM$ = Mean time between maintenance (medelvärde av tiden mellan stillestånd orsakat av underhåll)
 M = Medelvärde av underhållstiden

Ingen av föregående definitioner av tillgängligheter tar dock hänsyn till administrativ stilleståndstid eller tid för transporter och väntan, vilket gör att de beskriver ett system som inte stämmer överens med verkligheten. Genom att studera den operationella tillgängligheten kan systemet beskrivas på ett mer verkligt sätt där samtliga faktorer beaktas. Operationell tillgänglighet definieras som:

$$A_o = \frac{MTBM + \text{färdig att användatid}}{(MTBM + \text{färdig att användatid}) + MDT^*} \quad (6)$$

där: $\text{färdig att användatid}$ = tid där maskinen är tillgänglig men ej används på grund av att maskinens tjänster inte efterfrågas

MDT^* = medelstilleståndstiden inklusive administrativa och materialbristrelaterade stillestånd.⁶⁶

2.3.4.2 Anläggningseffektivitet

Anläggningseffektiviteten beskriver hur effektivt ett specifikt produktionssystem används under drift. Man tittar på hur fort utrustningen arbetar i förhållande till dess teoretiska maximala hastighet vilket kallas för utnyttjad produktionstakt.

$$\text{Utnyttjad produktionstakt} = \frac{\text{Teoretisk cykeltid}}{\text{Verklig cykeltid}} \quad (7)$$

Där den verkliga cykeltiden är den tid som maskinerna normalt håller och den teoretiska cykeltiden är den minsta tid maskinen är konstruerad för att klara av. Utnyttjandegraden för ett system kan bestämmas genom att undersöka småstopp i produktionen, och även hur stor del av tiden som utrustningen körs med reducerad hastighet.^{67 68}

⁶⁶ Ericsson, J. 1997

⁶⁷ Sundkvist, M. 2006

$$Utnyttjandegraden = \frac{\text{Tillverkat antal} \cdot \text{Verklig cykeltid}}{\text{Tillgänglig operativ tid}} \quad (8)$$

Ekvationerna (7) och (8) kan sedan multipliceras, vilket ger ett uttryck för anläggningseffektiviteten:

$$\text{Anläggningseffektivitet} = \frac{\text{Tillverkat antal} \cdot \text{Teoretisk cykeltid}}{\text{Tillgänglig operativ tid}} \quad (9)$$

2.3.4.3 Kvalitetsutbyte

Kvalitetsutbytet bestämmer produktionssystemets förmåga att producera varor till rätt kvalitet och på så sätt minimera kassationer och omarbetningar. Förluster uppstår eftersom kasserade detaljer måste tillverkas på nytt vilket leder till att produktionskostnaden för detaljen ökas. Kassationsandelen q_Q bestäms av antalet detaljer som kasseras N_Q . Genom att uppskatta kassationsandelen kan det beräknas hur många detaljer N som måste tillverkas för att erhålla N_0 antal korrekta detaljer.⁶⁹

$$q_Q = \frac{N_Q}{N} = \frac{N - N_0}{N} \quad (10)$$

$$N = \frac{N_0}{1 - q_Q} = N_0 \left(1 + \frac{q_Q}{1 - q_Q}\right) \quad (11)$$

2.3.4.4 OEE

Det finns en rad olika beteckningar och mätetal för tillverknings effektivitet. Ett exempel är OEE (Overall Equipment Effectiveness) vilket definieras som:

$$OEE = \text{Tillgänglighet} \cdot \text{Anläggningseffektivitet} \cdot \text{Kvalitetsutbyte} \quad (12)$$

OEE kan fördelaktigt användas som ett verktyg för att följa utvecklingen och framförallt hitta utvecklingspotential i ett produktionssystem. Det är inte alltid

⁶⁸ Ståhl, J-E. 2007

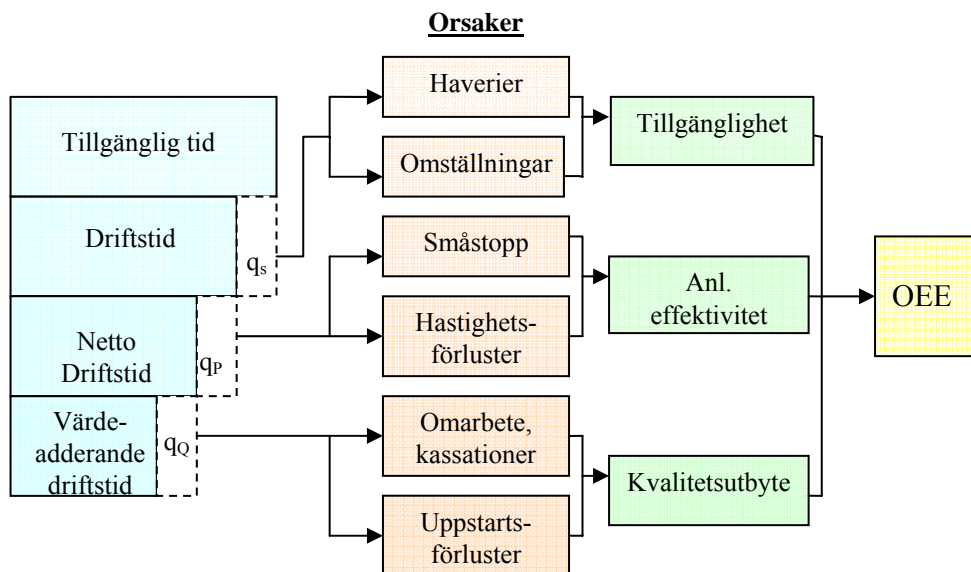
⁶⁹ ibid

nödvändigt att få fram några exakta siffror utan det bör istället användas för att visa var i processen som förbättringar kan göras. Genom att använda sig av OEE kommer fokus att flyttas från underhållskostnader till anläggningseffektivitet och produktionstid.

Vid användning av mätetal som till exempel OEE är det viktigt att inte stirra sig blint på resultatet utan titta på vilka faktorer som är viktiga för företagets lönsamhet. När OEE mäts i organisationer som använder sig av Lean production är det viktigt att ett höjt OEE-tal inte leder till att någon av de sju slöserierna (se avnittet om Lean production) ökar. En ökad takt kan till exempel höja OEE, vilket i sin tur kan leda till att slöseriet *överproduktion* uppstår. Följande bör tas hänsyn till:

- OEE skall inte användas självt utan tillsammans med hur produktionen bedrivs. Ett högt OEE skall inte vara slutmålet.
- Det måste tas hänsyn till vilken kostnad det krävs för att öka OEE.
- Det är meningslöst att kombinera OEE mätningar för att täcka hela fabriker. OEE bör mätas på kritisk utrustning och Paretdiagram bör användas för att visualisera resultatet⁷⁰

Det finns 6 förluskällor inom OEE begreppet, se figur 2.10. Huvudsyftet med mätningarna är att öka den värdeökande driftstiden genom att eliminera dessa förluster.



Figur 2.10 Uträkning av OEE samt olika faktorer som påverkar resultat.⁷¹

⁷⁰ Sundkvist, M. 2006

⁷¹ Bellgran, M. Säfsten, J. 2005, omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

OEE passar främst för tillverkningsprocesser som är hel- eller halvautomatiserade, detta för att cykeltiden måste vara närmast konstant. OEE tar heller inte hänsyn till hur många personer som arbetar i produktionen. Detta gör att vid manuell produktion, som vissa typer av montering, behövs det andra mätvärden.⁷²

2.3.4.5 Förlustrelaterad totaleffektivitet⁷³

Ett produktionssystemets förlustrelaterade totaleffektivitet är ett annat sätt att mäta effektivitet i produktionssystem och kan beskrivas som:

$$E_q = K_q \cdot A_q \cdot U_q \quad (13)$$

där: K_q = kvalitetsutbyte
 A_q = tillgänglighet
 U_q = utnyttjandegrad

Dessa definieras i sin tur som:

$$K_q = (1 - q_Q) \quad (14)$$

$$A_q = (1 - q_Q) (1 - q_S) \quad (15)$$

$$U_q = (1 - q_Q) (1 - q_S) (1 - q_P) \quad (16)$$

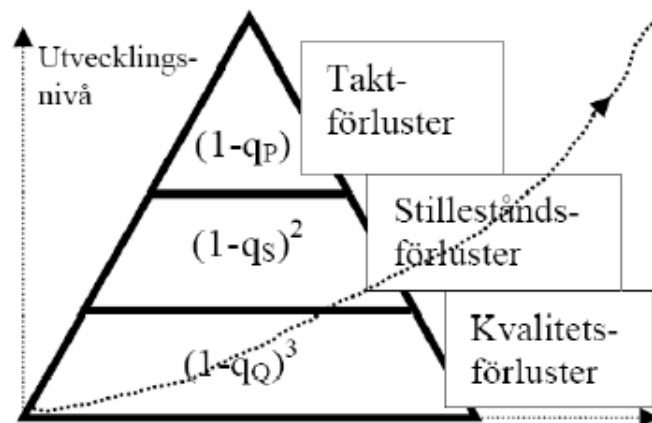
Totaleffektiviteten kan därför skrivas som

$$E_q = (1 - q_Q)^3 (1 - q_S)^2 (1 - q_P) \quad (17)$$

Detta ger en klar indikation på att kvalitetsförluster skall ges högsta prioritet och därefter stilleståndsförluster, för att erhålla en så hög totaleffektivitet som möjligt. Figur 2.11 visar en modell som beskriver i vilken ordning arbetet bör utföras för att förbättra sin verksamhet då totaleffektivitet används som målfunktion.

⁷² Bellgran, M. Säfssten, J. 2005

⁷³ Ståhl, J-E. 2007



Figur 2.11 Utvecklingspyramid som beskriver prioriteringsordningen när Eq används som målfunktion.⁷⁴

2.3.5 Tillämpbara kvalitetsverktyg

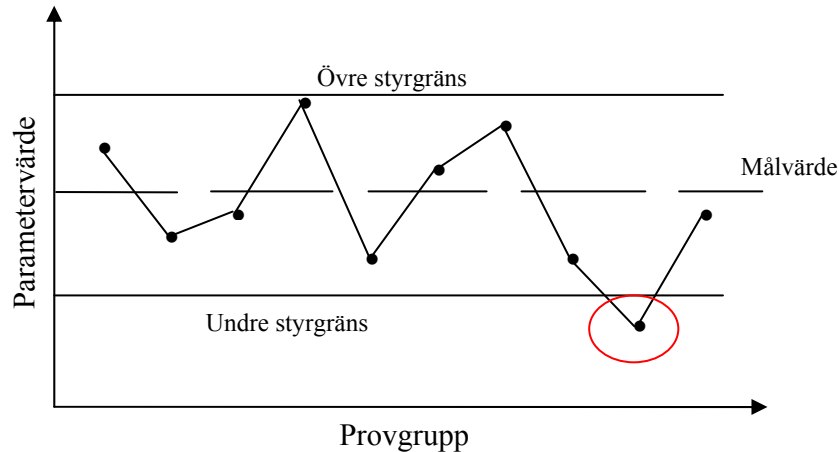
2.3.5.1 Statistisk Processtyrning (SPS)

Produktionsprocesser av olika slag påverkas vanligtvis av slumpmässiga och systematiska avvikelser. Dessa avvikelser gör i sin tur att kvalitén på en vara eller tjänst försämras. För att minimera dessa störningar måste det analyseras vad i processen som inte kan kontrolleras och vad som kan kontrolleras. Med andra ord måste det särskiljas på slumpen och systematiken i en given process. Det skulle till exempel kunna handla om vilken precision en viss maskin har. Oberoende av hur väl en operatör kalibrerar en maskin händer det alltid att avvikelser uppstår som inte kan kontrolleras.

Syftet med statistisk processtyrning är att hitta så många variationsbidrag som möjligt för en given process, för att sedan korrigera alternativt eliminera dessa. Resultatet blir en mer stabil process med mindre variation som sedan skall ”styras” och förbättras genom att korrigera upptäckta avvikelser. För att erhålla ett mer positivt resultat räcker det inte med att bara hålla den aktuella parametern inom toleransgränserna. Det bör istället siktas på ett bästa tänkbart värde, ett så kallat målvärde.

⁷⁴ Ståhl, J-E. 2007

Oftast upprättas ett styrdiagram (se figur 2.12) vilket ger en god överblick av processens beteende och spridning samt varnar för potentiella trender (t.ex. då en betydelsefull maskinkomponent börjar bli utsliten) eller otillåtna parametervärden.



Figur 2.12 Exempel på ett styrdiagram där en mätpunkt befinner sig utanför styrgränserna.

På grund av slumpmässiga avvikelser skulle för snäva styrgränser bidra till fler falska larm. För processer med vida styrgränser skulle parametrar längre ifrån målvärdet accepteras, vilket heller inte är att föredra. Problemet kan lösas genom att minska den slumpmässiga spridningen hos den aktuella parametern genom att basera beräkningarna på flera observationer. Dessutom placeras övre samt undre styrgräns på ett avstånd som är sex gånger standardavvikelsen förutsatt att processen är i statistisk jämvikt.

Metodiken kan även användas i sammanhang där det inte finns möjlighet att styra processer, men där ett visst intresse för övervakning finns.^{75 76}

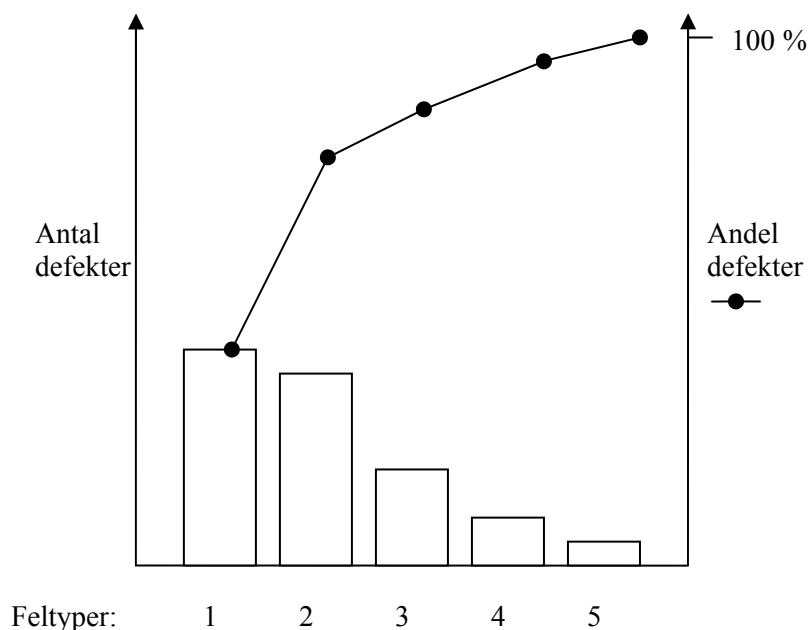
2.3.5.2 Paretdiagram

När kvalitetsförbättringar skall göras är det viktigt att ta uti med problemen i rätt ordning. I allmänhet kan bara ett problem lösas i taget och det bästa är självklart att börja med de största problemen. Ett bra verktyg för detta är paretdiagram, vilket är uppkallat efter den italienska nationalekonomen och statistikern Vilfredo Pareto, 1848-1923. Paretdiagram är ett bra verktyg för att analysera data i tabellform som

⁷⁵ Gellerstedt, M. 1997

⁷⁶ Bergman, B. Klefsjö, B. 2001

kan vara svår att överblicka. Genom att dela in feltyper i kategorier och sedan uppföra ett histogram, presenteras informationen på ett strukturerat sätt. Det kan även anges hur stor andel varje feltyp representerar, se figur 2.13. Den typ som har störst andel defekter skall placeras längst till vänster i histogrammet och sedan avtar antal defekter i fallande ordning mot höger.



Figur 2.13 Paretodiagram baserat på defekter.

Det vanliga resultatet är att en liten del av feltyperna står för en stor del av defekterna, den så kallade 80-20-regeln. Det innebär att runt 20 procent av feltyperna står för ungefär 80 procent av defekterna. Denna regel stämmer relativt bra även på andra områden. Det är exempelvis vanligt att runt 80 procent av intäkterna kommer från 20 procent av kunderna osv.

Vid djupare analys kan flera paretodiagram upprättas där dessa belyser problemen från olika perspektiv. Det är till exempelvis minst lika viktigt att ta reda på hur stor del av kvalitetsbristkostnaden de olika feltyperna representerar. Vissa defekter kan vara väldigt kostsamma trots att de inträffar mer sällan än andra.⁷⁷

⁷⁷ Bergman, B. Klefsjö, B. 2001

2.3.6 Tillverkningsekonomisk simulering⁷⁸

Genom att simulera och på så sätt testa olika förändringsförslag kan kostnadsmissiga fördelar lokaliseras. Simuleringen kan även ge en inblick i om det är genom förbättrat underhåll som det bästa resultatet kan uppnås eller om det helt enkelt är andra faktorer, till exempel kvalitet, som är av högre prioritet.

Tillverkningsekonomisk simulering (TES) är ett verktyg vilket används för att koppla samman tekniska och ekonomiska faktorer för att skapa beslutsunderlag. Vid simulering kan användaren testa förändringar och utvärdera resultatet innan förändringen realiserar. Detta genom att denne skapar en artificiell verklighet i form av matematiska modeller. Simulering kan oftast utföras genom enkla beräkningar men vid abstrakta system med många olika faktorer inblandat är datorn ett viktigt hjälpmedel. Som vid alla typer av simulering är det viktigt att ha korrekt och noggrann indata för att få ett bra resultat. Genom att analysera resultatet av simuleringen kan det svaras på en mängd olika frågeställningar som till exempel:

- Vilka förändringar ger den största effektivitetsökningen?
- Hur mycket får en investering kosta om den medför en känd produktionsökning?
- Vad blir konsekvenserna vid outsourcing av en produkt i form av kostnader för den utnyttjade kapacitet som då uppstår?

Tillverkningsekonomisk simulering fokuserar på produktionskostnader vid olika typer av förändringar. Ekvation 22 beskriver kostnaden per tillverkad detalj och är uppdelad i fyra olika kostnadsposter.

- **Materialkostnad** per detalj =
$$\frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{1 - q_Q} \right] \quad (18)$$

där: k_B = materialkostnad, kr/detalj
 q_Q = kassationsandel
 N_0 = nominell seriestorlek

- **Utrustningskostnad under drift** per detalj =

$$\frac{k_{CP}}{N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_P)(1 - q_Q)} \right] \quad (19)$$

där: k_{CP} = utrustningskostnad under drift, kr/h
 t_0 = nominell cykeltid angivet i timmar

⁷⁸ Ståhl, J-E. 2007

$q_P =$ taktförlust

- **Utrustningskostnad vid stillestånd** per detalj =

$$\frac{k_{CS}}{N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)} \cdot \frac{q_S}{(1-q_S)} + T_{su} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_{pb} \right] \quad (20)$$

där: k_{CS} = utrustningskostnad per timma vid stillestånd, kr/h
 q_S = stilleståndsandel
 T_{su} = ställtid angivet i timmar
 U_{RB} = utnyttjandegraden vid reducerad beläggning
 T_{pb} = produktionstid per detalj för hel batch med N_0 detaljer

- **Lönekostnad** per detalj =

$$\frac{k_D}{N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_S)(1-q_P)} + T_{su} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_{pb} \right] \quad (21)$$

där: k_D = lönekostnad per timma för personal med direkt anknytning till förädlingsprocessen

Dessa kostnadsposter adderas sedan ihop till total kostnad per detalj:

$$k = \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{1-q_Q} \right] + \frac{k_{CP}}{N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_P)(1-q_Q)} \right] + \frac{k_{CS}}{N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)} \cdot \frac{q_S}{(1-q_S)} + T_{su} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_{pb} \right] + \frac{k_D}{N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_S)(1-q_P)} + T_{su} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_{pb} \right] \quad (22)$$

Genom att förändra olika tekniska och ekonomiska termer i kostnadsekvationen kan olika scenarier simuleras för produktionen. Denna kostnad kan sedan jämföras med en ideal kostnad. I ett idealt produktionssystem finns inget stillestånd, inga kassationer och ingen taktförlust samtidigt som beläggningen är hundra procent. Det vill säga när:

- $q_Q = q_P = q_S = 0$
- $U_{RB} = 1$

Genom att studera verklig och ideal kostnad erhålls en tillverkningsekonomisk verkningsgrad. Även denna kan simuleras fram genom förändringar i kostnadsfunktionen och analyser av hur olika förändringar påverkar verkningsgraden. Tillverkningsekonomisk verkningsgrad skiljer sig från andra prestationsmått på grund av att den tar hänsyn till både kostnader och nyckeltal

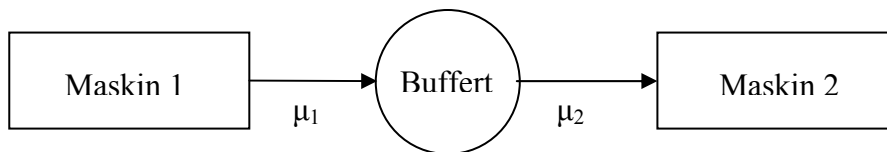
Tillverkningsekonomisk verkningsgrad definieras som:

$$\eta_E = \frac{k_{ideal}}{k_{verklig}} \quad (23)$$

Genom att regelbundet mäta verkningsgraden kan det exempelvis upptäckas vilka nyckeltal som bör prioriteras. Vid en hög materialkostnad krävs det till exempel att kassationsandelen är låg för erhålla en hög verkningsgrad.

2.3.7 Diskret tillverkning med begränsad buffert

Förhållandet som råder mellan två maskiner iaktas, se figur 2.14. Dessa två enheter betraktas som separata men är samtidigt sammanbundna med en buffert, vilken antas ha N platser.



Figur 2.14 Det diskreta flödet mellan maskinerna möjliggörs genom en buffert med ett begränsat antal platser.

Effektiviteten av maskin ett (E_1) kan enligt ekvation 24 beskrivas som sannolikheten att maskin två kan producera.⁷⁹

$$E_1 = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{\alpha_2=0}^1 p(n,1, \alpha_2) \quad (24)$$

Detta förutsätter att:

⁷⁹ Olsson, G. Rosen, C. 2005

- maskin ett kan producera, dvs. inget produktionsstopp förekommer
- maskin två antingen producerar ($\alpha_2 = 1$) eller har stopp ($\alpha_2 = 0$)
- bufferten inte är full, dvs. innehåller N-1 artiklar eller färre

På liknande sätt kan effektiviteten av maskin två (E_2) beskrivas enligt följande ekvation.

$$E_2 = \sum_{n=1}^N \sum_{\alpha_1=0}^1 p(n, \alpha_1, 1) \quad (25)$$

Vilket förutsätter att:

- maskin två kan producera, dvs. inget produktionsstopp förekommer
- maskin ett antingen producerar ($\alpha_1 = 1$) eller har stopp ($\alpha_1 = 0$)
- bufferten inte är tom, dvs. innehåller mellan 1 och N artiklar

Med föregående uttryck i åtanke följer sambandet:

$$\mu_1 \cdot E_1 = \mu_2 \cdot E_2 \quad (26)$$

där μ = förinställd produktionshastighet för maskin ett respektive maskin två.

Vidare kan då maskinernas verkliga cykeltid beräknas som:

$$\frac{1}{\mu_1 \cdot E_1} = t_{1(\text{verklig})} \quad (27)$$

$$\frac{1}{\mu_2 \cdot E_2} = t_{2(\text{verklig})} \quad (28)$$

Denna teoridel kan bl.a. användas för att studera hur en maskins verkliga produktionshastighet varierar med tiden och konkretiseras mer specifikt (med viss modifikation) längre fram i rapporten.

3 Nulägesanalys

I detta avsnitt ges en mer övergripande beskrivning av de processer och arbetssätt vilka på ett eller annat sätt kan kopplas till företagets underhåll. Kapitlet ger förståelse för hur monteringsflödet i anläggningen ser ut och lämnar en klarare bild av hur företagets underhållsorganisation är strukturerad. Det ger även en förklaring till hur IFS användes innan projektet startades. En övergripande beskrivning av dem delar i projektet som var av mer teoretisk karaktär avslutar detta kapitel.

3.1 Datainsamling

För att kunna analysera och beskriva nuläget i företaget gjordes under rapportens sex första veckor en omfattande datainsamling. Men information samlades även in kontinuerligt under hela projektet.

3.1.1 Produktionsdata

Produktionen analyserades med hjälp av historisk data som uppdragsgivaren lagrat under de senaste 12 månaderna. Det var bland annat information rörande kapacitet, kassationer, stopptider samt antal tillverkade instrumentpaneler per timma, skift och dygn. Produktionsdata samlades även in genom egna observationer, samtal med operatörer, produktionstekniker och underhållspersonal. För att undersöka hur produktionen påverkades av stillestånd studerades även beläggingsgraden. För den ekonomiska analysen av produktionen användes den tidigare nämnda kostnadsekvationen (se kapitlet *Tillverkningsekonomisk simulering*).

3.1.2 Anläggningsdata

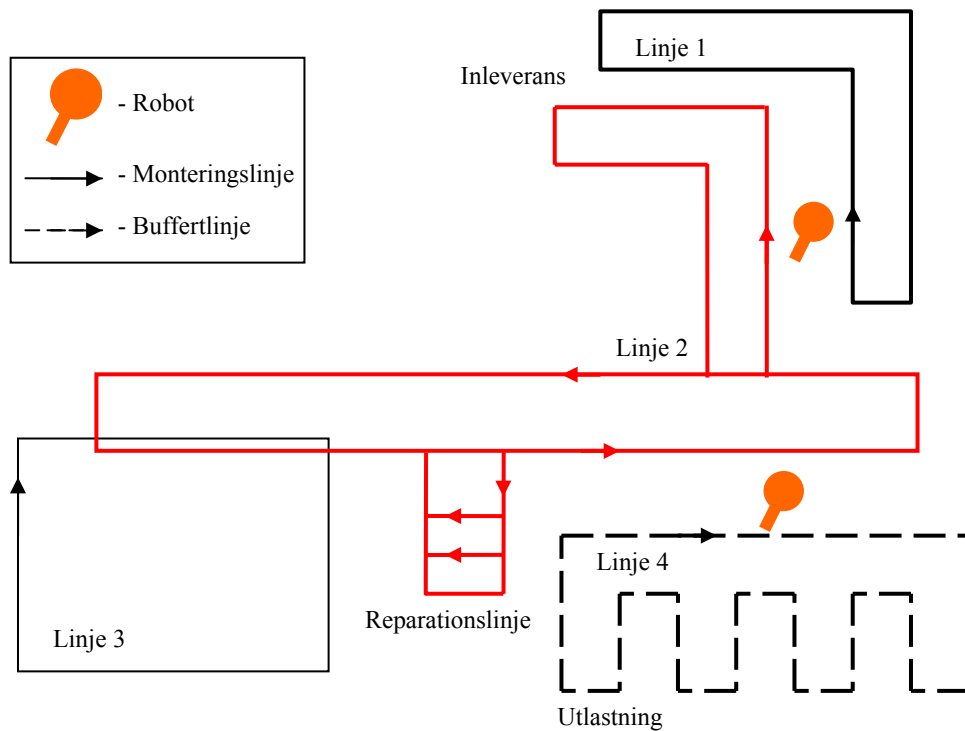
Anläggningen kartlades och analyserades utifrån information från underhållspersonalen och med hjälp av ritningar från leverantörerna till de olika produktionsavsnitten. Den största delen av utrustningen används för att transportera instrumentpanelerna mellan de olika monteringsstationerna, men det finns även andra typer av utrustning som exempelvis robotar, filtbanor samt ett stort antal PLC-relaterad utrustning.

3.1.3 Underhållsdata

Från den befintliga FU-planen hämtades information angående vilken typ av arbete samt i vilken utsträckning förebyggande underhåll bedrevs i nuläget. Dessa åtgärder analyserades och reviderades. Information från leverantörerna i form av rekommenderat underhållsarbete och inspektionsintervall hämtades även in.

3.2 Processbeskrivning

Förutom nödvändig kringutrustning och lager består anläggningen även av 4 sammanbundna linjer, 3 monteringslinjer och en buffertlinje. Bärare, på vilka de blivande instrumentpanelerna är fixerade, drivs på samtliga monteringslinjer. Längst monteringslinjerna står operatörer vid olika stationer och uträttar specifika monteringsarbeten. Bärarna är i ständig rörelse framåt och operatörerna har därför en viss tid på sig att uträtta sina arbetsmoment. Följande figur återger en förenklad och aningen modifierad struktur av hur anläggningen ser ut i verkligheten.



Figur 3.1 Förenklad modell av anläggningsstrukturen.

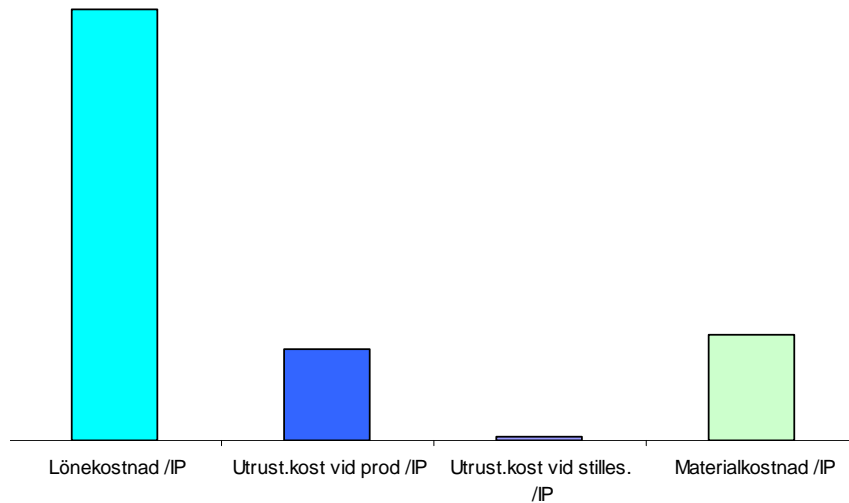
På linje 1 (kallad nya Vectoline) fixeras själva ramen för det som senare kommer

att bli en färdig instrumentpanel. Efter att några grunddetaljer fastmonterats på ramen lyfts den över till linje 2 (kallad mainline) med hjälp av en robot. Väl på linje 2 sker de flesta av förädlingsstegen där bl.a. elektronik, kåpa, klocka, airbag etc. monteras. Från linje 3 (kallad radioline) kommer radiomodulen vilken monteras separat och sedan på instrumentpanelen längst linje 2. Innan den färdiga instrumentpanelen lyfts över till linje 4 (kallad Vectoline) via en robot utförs ett el-samt visionstest för att säkerställa kvaliteten. Eftersom varje instrumentpanel är specifik för kunden blir leveransen sekvensstyrd och instrumentpanelerna måste således sorteras i rätt ordning efter reparationslinjen. Detta görs i ett sorteringsverk inne på linje 4 där panelerna även samlas inför transport till kund.

Leveranserna är som sagt sekvensstyrda, men det är även viktigt att kunden får instrumentpanelerna i rätt tid. Detta förfarande ställer väldigt höga krav på driftssäkerheten både hos kund och leverantör. Ett oplanerat produktionsstopp hos kunden medför att bufferten hos leverantören snabbt fylls, vilket ofta orsakar att leverantörens produktion medvetet måste stoppas. Skulle ett längre produktionsstopp istället inträffa hos leverantören medför detta att kunden får vänta. Förutom en missnöjd kund kan detta i vissa fall leda till att leverantören får betala vite till kunden.

3.3 Tid- och kostnadseffektivitet

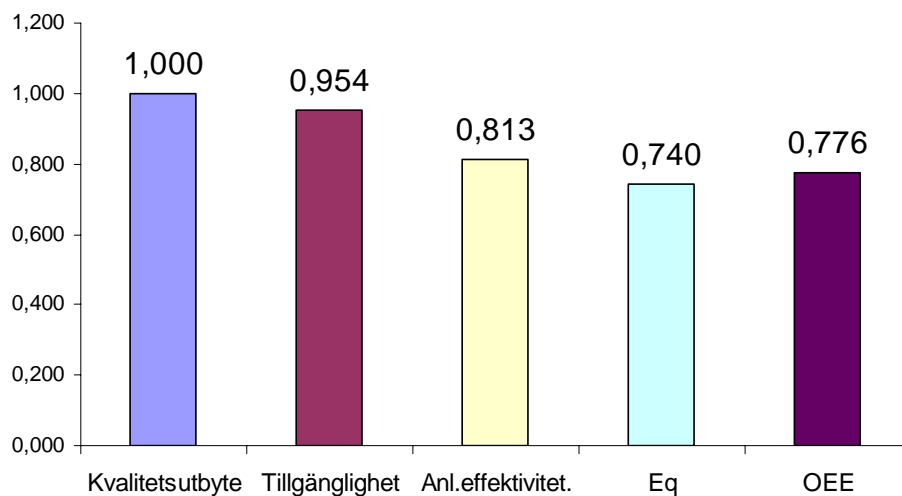
Genom att granska det nuvarande produktionssystemets tid- och kostnadseffektivitet kan framtida utvecklingsprojekt inom underhåll analyseras och utvärderas. För att få övergripande bild av vilka kostnader som uppstår i produktionen delades uppdragsgivarens produktionskostnader in i fyra olika kostnadsposter, som tidigare nämnts i teoriavsnittet. Resultatet visade att lönekostnaderna stod för den största delen av den totala kostnaden, se figur 3.2. Detta är dock inte ovanligt i monteringsprocesser då de ofta är personalkrävande.



Figur 3.2 Företagets kostnadsposter förhåller sig enligt figuren ovan.

Då alla defekta instrumentpaneler omarbetas eller repareras i reparationslinjen blir kassationerna försumbara. Detta medför dock att cykeltiden för de omarbetade panelerna ökar och bidrar därmed med en kostnad i form av taktförlust. Taktförlusten ökar även då produktionsproblem hos kunden ofta leder till produktionsstopp på grund av en buffertbrist.

Tillgängligheten är relativt hög, ungefär 95 procent. Detta är dock ett osäkert värde då mätningarna varit bristfälliga. Eftersom större produktionsstopp endast registrerats har en stor del av stoppen setts som taktförluster. Detta är ytterligare en av förklaringarna till taktförlusterna i produktionen. Figur 3.3 visar några nyckeltal samt effektiviteten hos produktionen.



Figur 3.3 Beräknade nyckeltal för det nuvarande produktionssystemet.

Den förlustrelaterade totaleffektiviteten och OEE blir relativt låga på grund av den taktförlust som finns i systemet. Det största problemet ligger i överproduktion mot kunden då bufferten är begränsad. Men att minska hastigheten kan leda till leveranssvårigheter, vilket ses som betydligt allvarigare än överproduktion. För att kunna sänka hastigheten och samtidigt behålla en hög leveranssäkerhet måste tillgängligheten och kvaliteten ökas. Detta för att få mindre detaljer som måste omarbetas samt för att erhålla en högre tillförlitlighet hos produktionsutrustningen

Den tillverkningsekonomiska verkningsgraden η_E ligger på ca 80 procent. Detta är förvisso en hög andel men den visar ändå att det finns förbättringsmöjligheter. Då lönekostnaderna dominerar den totala kostnaden krävs det att personalen hela tiden kan arbeta. Vid stillestånd tillför produktionen inget värde utan medför enbart en kostnad.

3.4 Utvecklingspotential för underhåll

Vid genomförande av satsningar inom underhåll är det viktigt att kunna påvisa de vinster som genereras genom att öka, alternativt bibehålla en hög driftsäkerhet. Det kan ofta ta lång tid innan resultaten blir synliga vilket kan ses som ett problem i organisationer som arbetar kortsiktigt. Underhållsatsningar måste ses som en långsiktig investering som på sikt kommer att skapa en bättre kontroll på produktionskapaciteten, enklare planering, lägre kostnader samt ökad leveranssäkerhet.

Genom att studera hur underhållskostnaden (k_{UH}) samt produktionskostnaden (k)

förändras efter en satsning på underhåll kan resultatet bedömas och utvärderas.

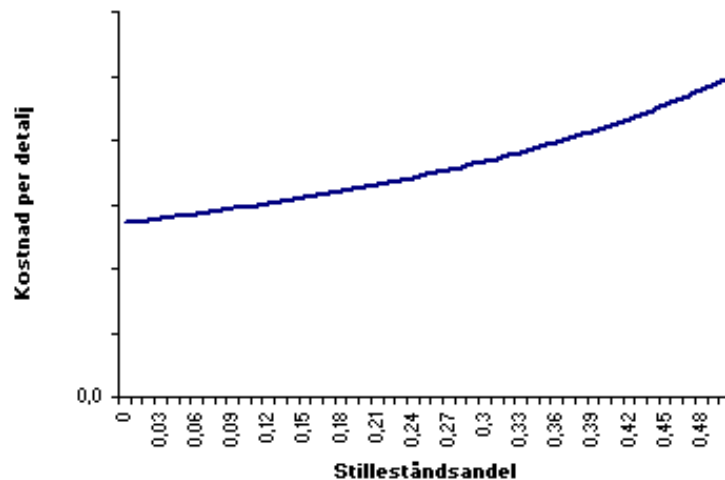
$$\Delta k_{UH} = k_{UH, \text{Efter}} - k_{UH, \text{Före}} \quad (29)$$

$$\Delta k = k_{\text{Efter}} - k_{\text{Före}} \quad (30)$$

$$\Delta k_{UH} < - (\Delta k) \quad (31)$$

Om det går att påvisa att $\Delta k_{UH} < - (\Delta k)$ för en underhållsatsning innebär det att investeringen var framgångsrik och genererade en lägre total kostnad för produktionssystemet. Längden av tidsperioden under vilket de båda kostnaderna jämförs beror på vilken typ av förändring som gjorts. Stora organisatoriska förändringar medför förmodligen att kostnaden ökar till en början. I dessa fall kan det vara lämpligt att studera en längre tidsperiod för att få fram det verkliga resultatet av förändringen. Vid andra typer av underhållsatsningar bör de hanteras som en vanlig investering. Den tid det tar innan en satsning inom underhållet genererar vinst ses då som investeringens pay-back-tid.

För att ta fram beslutsunderlag och analysera möjligheter för underhållsutveckling studeras hur kostnaderna varierar då nyckeltal såsom tillgänglighet, anläggningseffektivitet samt kvalitetsutbyte förändras. Figur 3.4 visar hur kostnaden per detalj hos uppdragsgivaren varierar vid förändring av stilleståndsandelen. Figuren visar till exempel att för en ökning av stilleståndsandelen från 10 till 20 procent ökar kostnaden per detalj med 9,8 procent.



Figur 3.4 Kostnaden per detalj som funktion av stilleståndsandelen för den aktuella produktionen.

Det som i dagsläget går att vinna på att eliminera samtliga stopp i produktionen är ungefär 20 kronor per detalj. Det skulle resultera i att produktionskostnaden minskar med drygt 400 000 kronor varje månad. För att detta skall vara möjligt krävs det naturligtvis att den frigjorda tiden som genereras från de uteblivna stoppen kan användas till produktion och inte medför överproduktion eller andra taktförluster.

3.4.1 Simulering

För att vidare undersöka hur det nuvarande produktionssystemet reagerar på olika typer av förändringar togs tre tänkbara scenarion fram. Dessa skulle ge en bild av vilka typer av förändringar som ger störst utslag samt hur produktionssystemet beter sig vid störningar.

Scenario 1

Detta scenario togs fram för att undersöka hur det nuvarande produktionssystemet skulle reagera om störningar uppkom i produktionen och de oplanerade stoppen ökade

Bakgrund

Det finns brister i det sätt underhållet bedrivs i nuläget och kontrollen över utrustningens kondition inte är optimal. Det saknas dokumentation över vad som är gjort och vad som bör göras. Om inte en förändring sker ökar risken för oplanerade stopp i produktionen.

Händelse

Störningar börjar uppkomma lite var stans i produktionen. Eftersom det bara finns två personer som arbetar med underhållet hinner de inte med allt arbete och stopptiderna för produktionen ökar följaktligen. Stilleståndandelen ökar från tidigare 5 procent till 20 procent. Detta medför även att överproduktionen mot kund minskar. Dock uppkommer det nya kortare stopp i samband med reparationer och uppstart av utrustningen gör att taktförlusten ligger kvar på samma nivå. Förändringen innebär alltså att:

- Stilleståndsandelen ökar från 5 till 20 procent
- Taktförlusten samt kassationerna ligger kvar på nuvarande nivå

Scenario 2

Scenariot upprättades för att undersöka hur en satsning på underhållet kan ge en ökad tillgänglighet i produktionen samt vad detta medför för produktionskostnaderna.

Bakgrund

Det saknas i nuläget tillräcklig dokumentation och registrering av vad som gjorts i anläggningen. Genom att implementera ett datorbaserat underhållssystem som håller ordning på både vad som har gjorts och vad som skall göras på utrustningen kan detta förbättras. Programmet behöver även kunna hantera åtgärder för förebyggande underhåll och det skall gå att plocka fram historik om vilka typer av arbeten som utförts på utrustningen.

Händelse

Införande av ett underhållssystem som kontrollerar och strukturerar upp arbetet med förebyggande och avhjälpande underhåll förbättrar kontrollen över produktionsutrustningens kondition. Detta medför på sikt att tillgängligheten ökar då de oplanerade stoppen förutses och åtgärdas innan de inträffar.

Stilleståndsandelen halveras från 5 till 2,5 procent. Det anställs en person för att arbeta med att implementera och utveckla programvaran, vilket medför en ökad lönekostnad med 40 000 kr per månad. Den ökade tillgängligheten leder dock till att överproduktionen tilltar och taktförlusten ökar från 18,7 till 20 procent

Förändringen innebär alltså att:

- Stilleståndsandelen minskar från 5 till 2,5 procent
- Lönekostnaden ökar med 40 000 kronor per månad
- Taktförlusten ökar från 18,7 till 20 procent

Scenario 3

Scenariot skapades för att undersöka huruvida en ökad driftsäkerhet kan göra att produktionens marginal mot kunden kan minskas för att minimera slöseri med överproduktion.

Bakgrund

Ett av de största problemen för produktionen är det faktum att kundens behov varierar kraftigt. För att inte riskera sin leveranssäkerhet tvingas produktionen till en kapacitet som är högre än den kunden har planerat att hålla. Bufferten fylls snabbt vilket tvingar produktionen att stoppa.

Händelse

Det fortsatta arbetet med underhållssystemet och ett införande av tillståndsbaserat underhåll sänker stilleståndsandelen ytterligare till 2 procent. Denna ökade tillförlitlighet gör att företaget minskar marginalen mot kunden och drar ner sin kapacitet med 3 produkter i timmen. Genom en minskad produktionshastighet kan överproduktionen begränsas och taktförlusten minskar från 18 till 10 procent. Detta medför också att antalet arbetsstationer kan minskas och därmed även lönekostnaderna med 120 000 kr per månad. Förändringen innebär alltså att:

- Stilleståndsandelen minskar till 2 procent
- Taktförlusten minskar från 18,7 till 10 procent
- Lönekostnaden minskar med 120 000 kronor per månad
- Cykeltiden ökar då kapaciteten sänks med 3 produkter per timme

3.4.2 Resultat och utvärdering av scenarier

Uträkningarna som ligger till grund för detta avsnitt har utförts med kostnadsekvationen som tidigare nämnts och är baserade på de produktionsdata vilka exemplifierats i kapitel 3.1.1. Erforderliga antagande har gjorts. Bland annat har det inte tagits hänsyn till externa förluster som till exempel försämrad goodwill eller förlorade kunder. Då överproduktion leder till mindre kontinuerliga småstopp, pga. buffertbrist, har dessa stopp valts att betraktas som en taktförlust. Beräkningarna berör endast produktionssystemet och de faktorer som är direkt knutna till monteringen. Det innebär till exempel att enbart lönekostnader knutna till produktionen ingår i beräkningarna.

Scenario 1

Ökade antalet stopp i produktionen leder både till försämrad effektivitet och ökade kostnader. Tabell 2 visar hur nyckeltalen förändras om stoppen ökar i produktionen. Även om en stilleståndsökning av denna dignitet förmodligen inte är troligt i dagsläget är det intressant att titta på konsekvenserna av ett "worst-case" scenario.

Nyckeltal	Scenario 1	Nuvarande
Stilleståndsandel	20 %	5 %
Taktförlust	18.7 %	18,7 %
Kassationsandel	0 %	0 %
OEE	65 %	78 %
E_q	52 %	74 %

Tabell 2 En ökning av stilleståndsandelen i produktionen medför även en viss förändring av andra nyckeltal.

Genom att studera detaljkostnaden (k) analyseras de följder förändringarna av nyckeltal har medfört. Beräkningarna för scenario 1 visar att:

$$k_{\text{innan}} - k_{\text{efter}} = -90.3 \text{ kr/detalj}$$

Detta betyder att produktionskostnaden ökar med ungefär 90 kronor per instrumentpanel. Detta innebär alltså en ökning av produktionskostnaderna med drygt 1.8 miljoner kronor per månad.

Förutom de ökade kostnaderna hade denna utveckling förmodligen lett till leveranssvårigheter mot kunden, vilket troligen medfört större problem än ökade produktionskostnader. Ett annat sätt att utvärdera resultatet är att titta på hur detaljkostnaden står sig mot ett idealt tillverkningsystem utan förluster.

$$\eta_E = \frac{k_{ideal}}{k_{verklig}} = 0.70$$

Resultatet av scenario 1 visar att produktionssystemet skulle ha haft svårigheter att hantera en minskad tillgänglighet. Lönsamheten för företaget hade minskat. Förutom ökade produktionskostnader skulle detta tvinga företaget att öka sin buffert för att säkra leveranserna till kund. Förmodligen hade även arbetskostnaderna ökat till följd av mer oövertid.

Scenario 2

En minskad stilleståndsandel leder till både positiva och negativa resultat. Överproduktion, vilket redan i nuläget är ett problem, kommer att öka då produktionsutrustningen kommer att vara tillgänglig för produktion en större del av tiden. Däremot kommer kontrollen på anläggningen öka, vilket exempelvis medför enklare planering. Tabell 3 visar förändring av nyckeltal för scenario 2.

Nyckeltal	Scenario 2	Nuvarande
Stilleståndsandel	2,5 %	5 %
Taktförlust	20 %	18,7 %
Kassationsandel	0 %	0 %
OEE	78 %	78 %
E _q	76 %	74 %

Tabell 3 Beroendet mellan de olika nyckeltalen vid minskat stillestånd enligt scenario 2.

Det faktum att vinsten med ökad tillgänglighet till viss del ”äts upp” av ökad överproduktion gör att produktionskostnaderna minskar marginellt.

$$k_{innan} - k_{efter} = 0.5 \text{ kr/detalj}$$

De 0.5 kronorna som sparas per instrumentpanel leder till en besparing på ungefär 11 000 kronor per månad. Vinsten ligger dock i att produktionsutrustningens tillgänglighet är hög. Då de oväntade stoppen minimeras minskar även de akut avhjälpande underhållsarbetena vilka är en av de största orsakerna till arbetsskador. Hög andel akuta arbeten kan även leda till dåligt arbetsklimat för underhållsteknikerna. Vid behov kan även kapaciteten ökas för

tillverkningssystemet.

Den tillverkningsekonomiska verkningsgraden ökar marginellt till 82 procent vilket är förståeligt då kostnaden per detalj inte förändrades nämbart.

Scenario 3

Som tidigare nämnts i resultatet av scenario 2 blir en stor del av vinsterna med högre tillgänglighet inte utnyttjade då överproduktionen ökar. En ökning av cykeltiden enligt scenario 3 leder däremot till följande:

- Kostnaden per detalj vid drift blir högre
- Överproduktionen minskar vilket leder till att produktionen mer sällan behöver stoppa på grund av full buffert.

Tabell 4 visar förändring av nyckeltal för scenario 3.

Nyckeltal	Scenario 3	Nuvarande
Stilleståndsandel	2 %	5 %
Taktförlust	10 %	18,7 %
Kassationsandel	0 %	0 %
OEE	88 %	78 %
E_q	86 %	74 %

Tabell 4 Även här minskas stilleståndsandelen, dock även taktförlusten på grund av den ökade cykeltiden.

Denna förändring ger på grund av högre tillverkningseffektivitet även utslag på detaljkostnaden.

$$k_{innan} - k_{efter} = 32.7 \text{ kr/detalj}$$

Denna förändring kommer att sänka produktionskostnaderna med ungefär 650 000 kronor varje månad. Förutom detta kommer tillverkningsutrustningen även att ha en högre utnyttjandegrad och planeringen kommer att bli enklare. Den tillverkningsekonomiska verkningsgraden kommer att öka till 85 procent.

Detta är en klar förbättring mot nuläget men det finns fortfarande stora förbättringsmöjligheter. Taktförlusten ligger på 10 procent vilket är långt ifrån optimalt. För att minska dessa krävs även satsningar på kvalitet. Detta eftersom kvalitetsproblem omvandlas till taktförluster när detaljerna omarbetas eller repareras.

3.5 UH - organisationen

Underhållsorganisationen består av en underhållschef och 8 underhållstekniker vilka jobbar i 4-skift. Varje skift består av 2 personer. Samtliga tekniker har bred kompetens inom diverse arbetsområden och någon behörighetsindelning dem emellan finns därför inte. Underhållsavdelningen är placerad i nära anslutning till produktionen och förutom flertalet datorer, verktyg och instrument finns det även tillgång till en verkstad där egna enklare detaljer kan tillverkas vid behov.

Vid plötsliga stopp i produktionen tillkallas underhållsteknikerna via radio av arbetsledare som befinner sig längst monteringslinjerna. Arbetsgången liknas alltså vid en så kallad brandkårsutryckning. Underhållsteknikerna vill alltså till varje pris få igång produktionen så fort som möjligt och hinner därför aldrig ta reda på vad de riktiga orsakerna till problemen är. Något förberedande arbete innan själva utryckningen utträttas sällan och uppföljningen efteråt är inte ofta tillräckligt. Ett förebyggande underhållsarbete utträttas heller inte under produktion, lunch, raster eller liknande.

Eftersom det oftast råder produktionsstopp på söndagar utnyttjas istället denna tid till att utföra förebyggande underhåll. Den FU-plan, med tillhörande åtgärder, som då används omfattar förvisso anläggningens vitala delar. Men det råder brister i den planerande och organisatoriska delen av arbetet samt dess uppföljning. Underhållsteknikerna är inte ofta förbereda inför det förebyggande arbetet och vet sällan vilka föregående skift som utfört vilka åtgärder. FU-planens beläggning och intervall är långt ifrån optimal och någon specifik arbetsfördelning på de olika skiften finns heller inte. Men kanske viktigast av allt så verkar personalen sakna en djupare insikt i varför det är så viktigt med ett väl fungerande förebyggande underhåll, vilket tydligt framgår i den ofullständiga uppföljningen av statistik.

Det skulle kunna påstås att den nuvarande underhållsorganisationen befinner sig i början av det andra steget på utvecklingstrappan som kallas för *reaktivt avhjälpande underhåll* (se figur 2.3).

3.6 IFS – affärssystem

IFS är en världsledande leverantör av modulbaserade affärssystem med försäljning i 45 länder och mer än 350 000 användare världen över. Systemets modularkitektur gör det möjligt att på ett enkelt sätt koppla samman företagets olika verksamhetsområden. Dessutom kan olika moduler läggas till och skräddarsys efter företagets behov.⁸⁰

⁸⁰ Ottosson, L. 2005

Vid projektstarten använde sig IAC av flertalet standardmoduler vilka främst inriktar sig mot administrativa och ekonomiska verksamhetsområden. De till underhåll knutna modulerna användes alltså inte alls. Det var i dessa moduler som merparten av det kommande arbetet skulle uträttas.

4 Genomförande

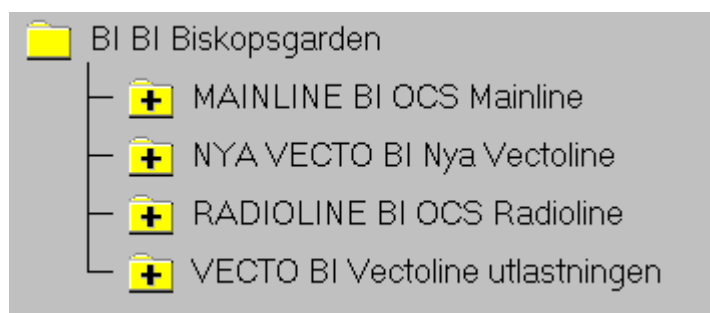
Följande kapitel beskriver mera grundligt vilka genomföranden som gjorts under projektiden. Störst fokus ligger på IFS-systemets olika funktioner där varje funktion skildras utifrån hur vi har valt att använda den i vårt projekt. Stycket avslutas sedan med en genomgång av en utbildning som hölls för underhållsteknikerna.

4.1 Arbetet i IFS - modulen

4.1.1 Anläggningsregister

Anläggningsregistret utgör grunden i IFS underhållsmodul. Här registreras alla objekt som ingår i anläggningen och som skall hanteras av underhållsavdelningen. Innan objekten kan registreras krävs en omfattande kartläggning och datainsamling. Eftersom anläggningsregistret skall vara en teoretisk modell av verkligheten är det viktigt att informationen är korrekt, fullständig och relevant. Detta för att få en bild av vad anläggningens olika delar har för roll, vilket tillstånd de är i och hur viktiga de är för produktionssystemets funktion. Anläggningen delas även in i olika zoner för att informationen skall bli mer överskådlig. Vid datainsamlingen tas ingående information om de olika objekten fram. Det kan exempelvis vara artikelnummer, serienummer och reservdelslistor. När tillräcklig information om anläggningen är insamlad och analyserad kan anläggningsregistret registreras i IFS.

Objekten är uppdelade i olika nivåer (se stycket *anläggningsstruktur*). Hos uppdragsgivaren är den högsta nivån 01 vilket betecknar fabriksanläggningen, i detta fall Biskopsgården (BI). Anläggningen är sedan indelad i fyra olika *funktionsobjekt*, se figur 4.1.



Figur 4.1 Basen för anläggningsregistret åskådliggjord i IFS-miljön.

Dessa objekt har objektnivån 02, vilket innebär att de tillhör objektet BI. Varje sektion grenar sedan ut sig i mindre zoner och till slut enskilda *individobjekt*. Genom anläggningsregistret styrs arbetet med förebyggande underhåll och arbetsorderhantering. Detta eftersom alla utförda arbeten kopplas till ett eller flera objekt i anläggningsregistret.

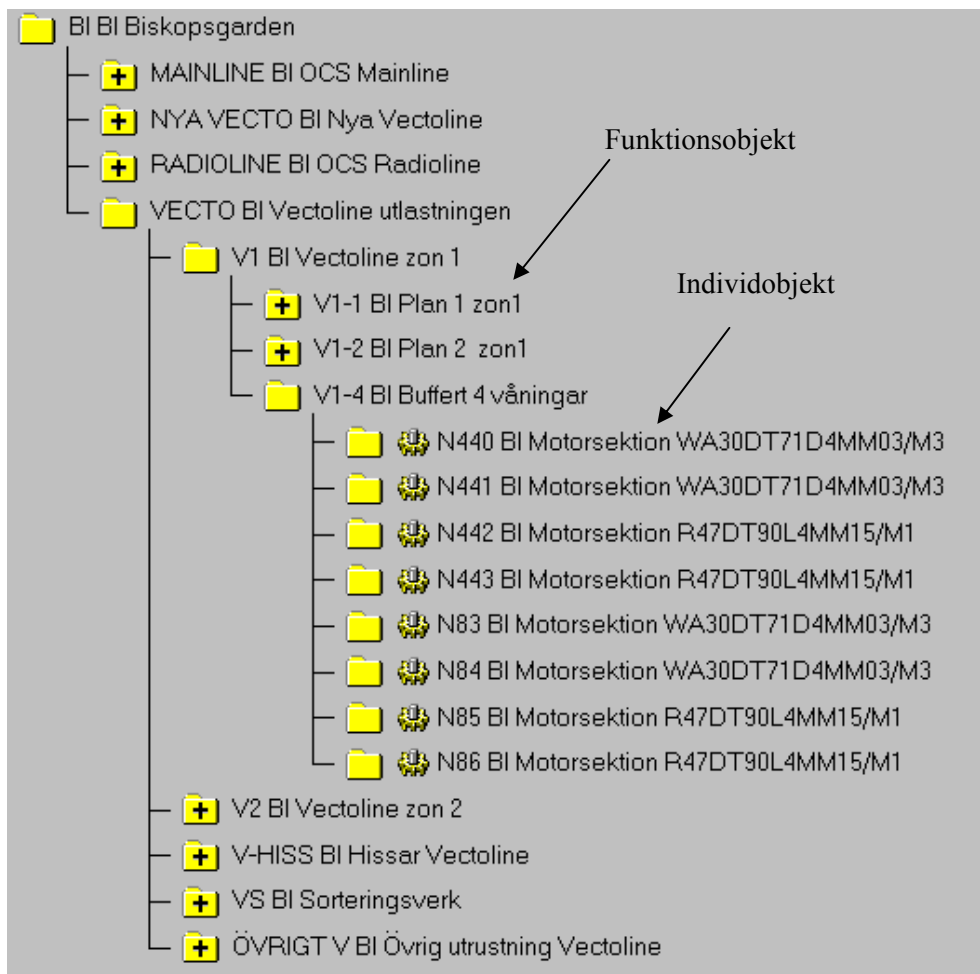
4.1.1.1 Funktionsobjekt

Objekten i anläggningsregistret delas in i funktionsobjekt och individobjekt. Ett Funktionsobjekt definieras som ej flyttbara objekt. Det vill säga objekt som är väldigt stora, eller som beskriver ett geografiskt område. Dessa objekt har sin bestämda plats i produktionssystemet och de kan inte, utan stora ansträngningar, användas i andra delar av anläggningen. Objekten: Mainline, Vectoline, Nya Vectoline och Radioline är exempel på funktionsobjekt för den aktuella anläggningen.

4.1.1.2 Individobjekt

Individobjekt definieras som flyttbara objekt. Genom att särskilja på funktions- och individobjekt kan det vid behov undersökas huruvida det finns objekt i anläggningen som kan användas på flera ställen. Exempelvis kan en elmotor oftast användas på en annan plats i anläggningen vid behov.

Anläggningsregistret hos uppdragsgivaren (se figur 4.2) består ungefär 400 objekt varav minst 95 procent av dem är individobjekt.



Figur 4.2 Illustration av ett mer förgrenat anläggningsregister med förtydligande av funktionsobjekt samt individobjekt.

Figuren beskriver hur anläggningsregistret grenar ut sig mot mindre och mindre objekt samt visar skillnaden mellan individobjekt och funktionsobjekt.

4.1.1.3 Stycklistor

När Anläggningsregistret är klart kan stycklistor (listor över reservdelar) kopplas till objekten. Detta eftersom de minsta beståndsdelarna av produktionsutrustningen inte bör vara egna objekt. På grund av att många objekt är identiska och har likadana reservdelar kan så kallade fristående stycklistor skapas. Dessa listor används generellt för liknande objekt.

4.1.1.4 Grunddata för anläggningsregister

Vid registrering av anläggningsregistret behövs en del grunddata definieras. Dessa grunddata används för att kategorisera anläggningen. Exempel på grunddata är objekttyp, typbeteckning och objektnivå. Detta är ett bra verktyg att använda då det blir möjligt att till exempel söka fram olika typer av utrustning.

4.1.1.5 Artikelhantering

I artikelkatalogen hanteras alla artiklar som används av underhållssystemet. En typ av elmotor kan exempelvis ha ett visst artikelnummer. Detta nummer är företagets egna benämning och behöver inte vara detsamma som leverantörens artikelnummer på just den typen av motor. Om det finns fler än en motor av den typen i anläggningen kommer de att ha samma artikelnummer men skiljs åt genom ett unikt serienummer. Efter att en artikel har skapats i artikelkatalogen finns det möjlighet att hantera denna i andra sammanhang än i anläggningsregistret. En lagerartikel kan skapas vilket möjliggör att artikeln lagerhålls. Kostnader i form lagerhållningsränta samt underhåll av lagerartikel kan då knytas till artikeln. För att kunna hantera artikeln i inköpsprocessen krävs det även att en inköpsartikel skapas. Detta innebär att artikeln måste registreras på tre olika platser i IFS för att företaget skall kunna använda sig av artikelhantering i alla delar som berörs av underhållsavdelningen

4.1.2 FU

När anläggningen är registrerad startar arbetet med att planera och registrera det förebyggande underhållet av objekten. Informationen rörande det förebyggande underhåll är en mycket stor del av underhållssystemet. Den måste därför hela tiden revideras och utvärderas för att skapa ett så effektivt, både kostnadsmässigt och resultatmässigt, underhåll som möjligt.

4.1.2.1 FU-plan

Planen för det förebyggande underhållet beskriver hur arbetet skall utföras och med vilka intervall arbetsorder skall genereras under en viss tidsperiod. Åtgärderna som registreras delas in i två olika typer:

- Separata FU-åtgärder
- FU-ronder

De separata FU-åtgärderna är riktade mot enskilda objekt. Det kan exempelvis vara kontroll, service eller smörjning av motor i anläggningen. FU-åtgärderna genereras till arbetsorder, med olika intervall. Eftersom många objekt i anläggningen är av samma typ blir det förebyggande underhåll identiskt för de objekten. För att förenkla själva registreringen kan då standarjobb skapas som sedan kopplas till de separata FU-åtgärderna.

FU-ronder är arbeten och kontroller som utförs på ett större antal objekt. Rondlistan fungerar då som en checklista över vilka objekt som berörs av just den FU-åtgärden. En FU-rond kan till exempel innehålla kontroll av samtliga filtbaner i anläggningen. Arbetsordern kommer då att ha en beskrivning av det arbete som skall utföras på varje filtbana samt en checklista på vilka objekt som arbetet skall utföras.

FU-ronder och separata FU-åtgärder kan antingen vara *kalenderstyrda* eller *händelsestyrda*.

4.1.2.2 Grunddata för FU-plan

Innan registreringen av förebyggande underhåll påbörjas måste en del grunddata registreras. Dessa grunddata är viktiga att använda sig av för att klassificera underhållsåtgärderna. Detta är nödvändigt om underhållsarbetet skall följas upp och analyseras. Genom indelning i kategorier skall det sedan kunna utläsas vad som har gjorts i anläggningen. Nedanstående grunddata registrerades i samband med FU-planen.

Åtgärd:

- Tillståndskontroll (en mer övergripande inspektion av ett objekts tillstånd/hälsa, skall alltså ej förknippas med det som i teoriavsnittet definieras som tillståndsbaserat underhåll)
- Funktionskontroll (inspektion av ett objekts funktionalitet)
- Rengör
- Smörj
- Mät
- Lyssna
- Byt
- Övrig åtgärd

Arbetstyp:

- Tillståndsbaserat förebyggande underhåll
- Förutbestämt förebyggande underhåll
- Uppskjutet avhjälpande underhåll
- Akut avhjälpande underhåll

Avdelning:

- Underhållsavdelningen
- Skift 1
- Skift 2
- Skift 3
- Skift 4

4.1.2.3 Kalendergenerering

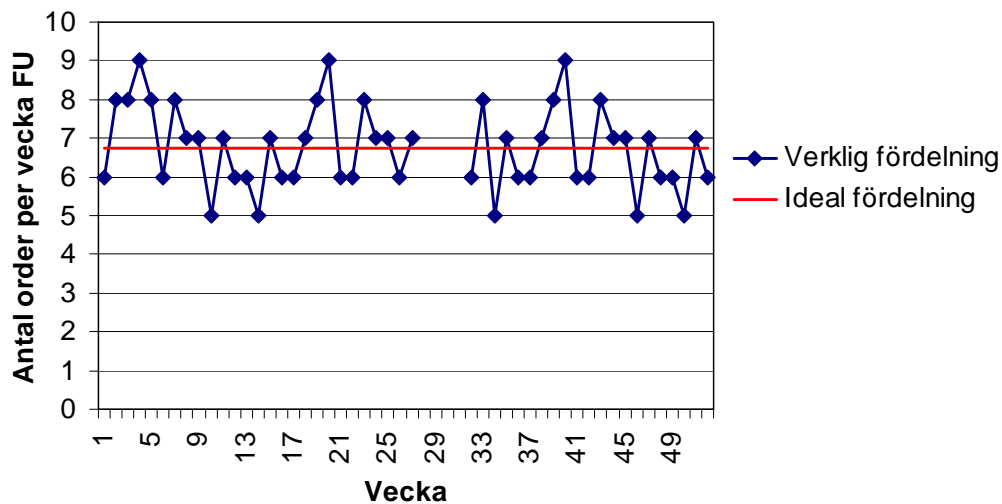
I början av varje vecka genereras det fram ett antal arbetsorder från FU-planen. Detta sker vanligast via kalendergenerering. Intervallet som är registrerat på FU-åtgärden eller FU-ronden bestämmer hur ofta arbetsorder skall genereras. Genereringen sker per automatik eller manuellt. Vid driftstart är manuell generering att rekommendera då det ger en bättre kontroll på hur många arbetsorder som skapas.

4.1.2.4 Händelsestyrd generering

Vid vissa tillfällen kan det vara intressant att låta en händelse utlösa en generering av arbetsorder. En händelse kan exempelvis vara driftstopp. Vid driftstopp genereras då de arbetsorder som kräver driftstopp för att kunna utföras.

4.1.2.5 Fördelning av FU-åtgärder

Vid registrering av FU-planen kan det ibland uppkomma frågeställningar huruvida beläggningen av arbetsorder som genereras kommer att vara stabil både kvantitativt och tidsmässigt. Genom att kontinuerligt registrera alla FU-åtgärder, och kontrollera de antal arbetsorder som kommer att genereras per vecka, kan dessa problem undvikas. Figur 4.3 visar en presumtiv fördelningen av FU-genererade arbetsorder hos uppdragsgivaren under det kommande året.



Figur 4.3 En tänkbar fördelning av arbetsorder ett år framåt efter driftstart.

Vid implementering av ett underhållssystem är det extra viktigt att arbetsfördelningen är under kontroll. Det kan vara nedslående för underhållsteknikerna att bli överösta med arbetsorder ena veckan för att nästa vecka vara sysslolösa. Det måste skapas en jämn takt så att förebyggande underhåll blir en del av vardagen.

Förutom att studera hur många arbetsorder som genereras är det också intressant att titta på hur arbetet varierar tidsmässigt. Arbetsorderna som genereras är inte identiska och de kräver olika lång tid att utföra. Det är därför lika viktigt att tidsfördelningen är jämn och inte bara antalet arbetsorder per vecka.

4.1.3 AU

Arbetet med avhjälpande underhåll skiljer sig på en del punkter från förebyggande underhåll i IFS. Istället för att arbetsorder genereras från underhållsplanen kommer de att skapas löpande av underhålls- och produktionspersonalen.

4.1.3.1 Grunddata för AU

På samma sätt som vid FU-planen är det viktigt att avhjälpande underhåll klassificeras för att lättare kunna analysera och söka information om vad som gjorts i anläggningen. En del tidigare definierad grunddata används även för

avhjälpande underhåll (avdelning och arbetstyp).

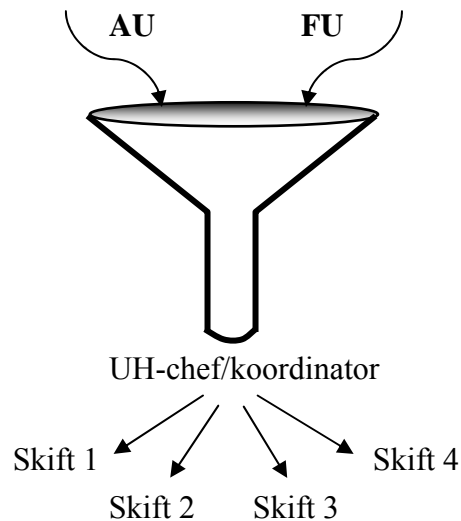
4.1.4 Arbetsorderhantering

Arbetsorderhanteringen går till på samma sätt för FU som för AU. Arbetsorder genereras från FU-planen eller felanmälan och hamnar på samma plats i IFS. Varje arbetsorder som skapas har en status, beroende på var de befinner sig i flödet, som till exempel:

- Felanmälan
- Arbetsbegäran
- Under beredning
- Beredd
- Startad
- Avrapporterad
- Utförd

Under flödets gång passerar arbetsorderna de flesta av dessa.

Innan ett arbete har utförts måste det någonstans i flödet fördelas jämnt på de olika skiften, oavsett om det handlar om förebyggande eller uppskjutet avhjälpande underhåll. Detta utförs förslagsvis av underhållschefen alternativt av en utvald systemkoordinator. Flödet kan illustreras enligt figur 4.5.



Figur 4.5 Arbetsorder samlas i systemet och distribueras sedan via underhållschefen eller systemkoordinatorn till de olika arbetsskiften.

Genom att fördela arbeten enligt figuren ovan utjämnas inte bara arbetsbelastningen på de olika skiften, en högre organisationsnivå uppnås samtidigt som underhållsteknikerna själva kan känna ansvar för den egna arbetsinsatsen. Därmed blir samtliga underhållstekniker mer delaktiga i det fortlöpande underhållsarbetet genom ständiga förbättringar.

4.1.4.1 Felanmälan

När ett fel uppkommer på någon utrustning i produktionen skapas en felanmälan. Denna felanmälan görs antingen av produktionspersonalen eller av underhållspersonalen själva. På felanmälan finns en beskrivning av felet. Det finns även information angående vilket objekt som felet har uppstått på samt grunddatainformation enligt följande:

Upptäckt:

- Under rondering
- Av operatör
- Av underhållspersonal

Symptom:

- Missljud
- Vibrationer
- Haveri
- Lukt
- Rökutveckling
- Läckage
- Dåligt skick
- Driftstopp
- Övrigt

Prioritet:

- Mycket brådslande
- Brådslande men ej akut
- Planeras

Felanmälan kan skapas direkt från anläggningsregistret, vilket förenklar användningen. Figur 4.6 visar hur en felanmälan kan se ut i underhållssystemet.

Felanmälan för arbetsorder - 34081 Oljeläckage från motor

AO nr: Reg.datum: AO-ort:

Obligatorisk information

Rapporterad av: Namn & internt telnummer:

Beskrivning:

Avdelning:

Mer information

Objekt ID:

Beskrivning:

Felbeskr.:

Felkoder

Upptäckt:

Symptom:

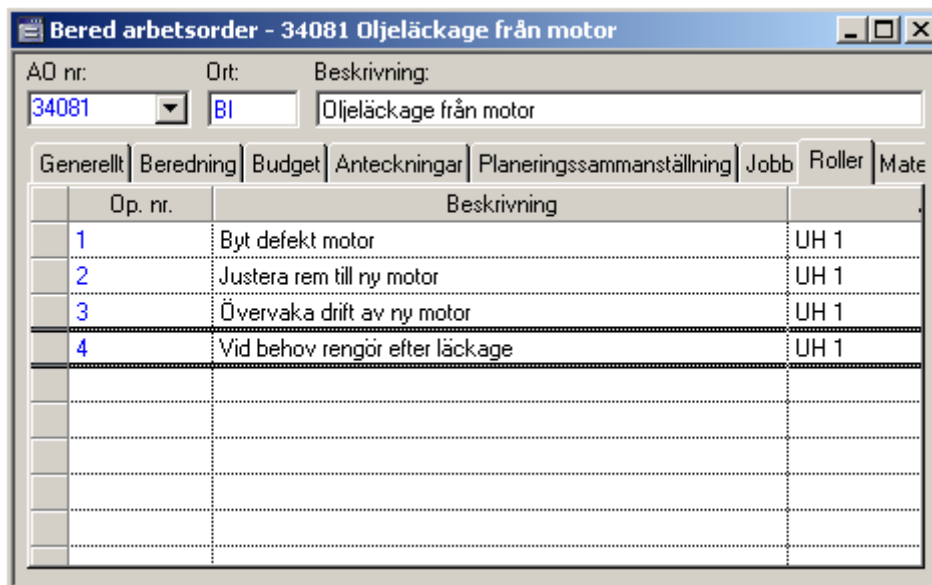
Prioritet:

Figur 4.6 Exempel på hur en felanmälan bör utföras i IFS.

När alla obligatoriska fält är ifyllda av underhålls- eller produktionspersonalen (se figur) skapas en arbetsorder för felanmälan. Denna arbetsorder hamnar i status ”felanmälan”.

4.1.4.2 Beredning

Beredning av arbetsorder används av olika anledningar. Vid beredning av en felanmälan kan informationen utökas, alternativt förändras om nya uppgifter kommit fram. Mer konkreta arbetsuppgifter kan registreras på arbetsordern exempelvis som i figur 4.7.



Op. nr.	Beskrivning	
1	Byt defekt motor	UH 1
2	Justera rem till ny motor	UH 1
3	Övervaka drift av ny motor	UH 1
4	Vid behov rengör efter läckage	UH 1

Figur 4.7 Vid beredning av arbetsorder kan en utförligare beskrivning av arbetet registreras.

Beredning kan även användas för att skapa arbetsorder. Eftersom all information som kommer från felanmälan även går att registrera genom beredningen, kan det vara en fördel att skapa arbetsordern direkt. Genom beredning kan även information angående vilka material och verktyg som skall användas vid arbetet fås men också om det finns att tillgå på reservdelslagret. Om en reservdel inte finns på lagret kan en inköpsanmodan skapas redan i beredningsfasen. Denna anmodan skickas sedan automatiskt till underhållschefen som godkänner den och skapar en inköpsorder.

En viktig aspekt vid beredning av arbetsorder är planeringsinformationen. Genom att information om vilka material och verktyg samt utförandetid registreras kan underhållschefen få en översyn om vilket behov som finns samt vilka resurser som behöver sättas in.

4.1.4.3 Avrapportering

När ett arbete är utfört, vare sig det är ett förebyggande eller avhjälpande underhåll, måste det avrapporteras. Det viktiga information angående felet och arbetet registreras. Vid avrapportering är arbetet utfört vilket medför att underhållsteknikern bör ha en bra bild av vad som orsakade problemet samt vad som krävdes för att åtgärda det. Beredningen av arbetsorder sker vid planeringsstadiet, innan ett arbete har startat, vilket leder till att informationen som registreras där inte alltid stämmer överrens med verkligheten.

Figur 4.8 visar hur avrapporteringen skulle kunna se ut för felrapporteringen som visades tidigare i rapporten.

Figur 4.8 Avrapportering av arbetsorder.

Vid avrapporteringen registreras följande grunddatainformation (se även figur ovan) för att underlätta utvärdering och uppföljning av arbetet.

Klass:

- Mekaniskt fel
- Elektriskt fel
- Hydrauliskt/pneumatiskt fel
- PLC-fel
- Förbättring/optimering

Typ:

- Driftavbrott
- Driftstörning
- Ej driftpåverkande

Orsak:

- Brister i FU
- Handhavande fel
- Slitage
- Brister i konstruktion
- Leverantörsfel
- Strömavbrott
- PLC-fel
- Schemalagt arbete
- Övrigt

Utförd åtgärd:

- Bytt
- Rengjort
- Smörjt
- Mätt
- Reparerat
- Justerat
- Kalibrerat
- Övrigt

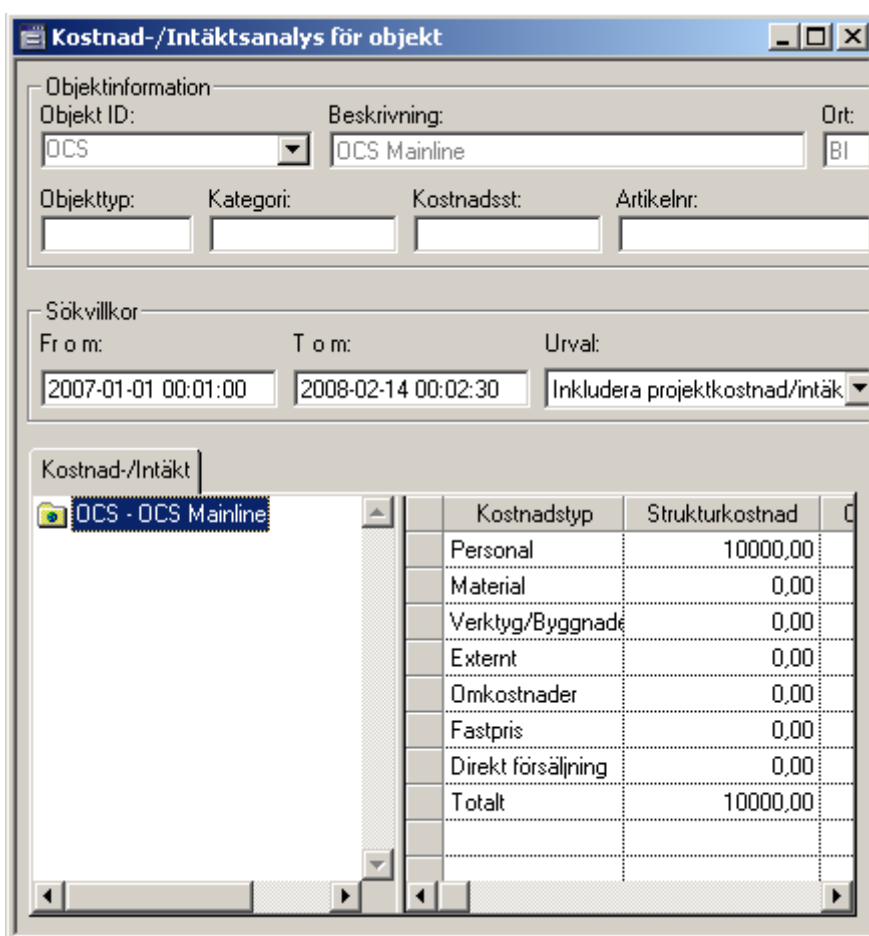
4.1.4.4 Tidrapportering

Vid avrapportering skall den som utfört arbetet rapportera in den verkliga utförandetiden. Detta för att en kostnad skall kunna knytas till det objektet som arbetet utförts på. De anställda på underhållsavdelningen är kopplade till en roll, exempelvis underhållstekniker. Rollen är i sin tur kopplad till en kostnad per timme, beroende på lönenivån. Denna kostnad är inte knuten till lönfunktionen i IFS utan skall endast användas för att få ner en kostnad på objektsnivån. Detta gör att objekten kan analyseras och klassificeras utifrån vad de har kostat i underhåll.

Dessutom ger tidrapporteringen en bild av hur arbetsbelastningen ser ut för underhållspersonalen.

4.1.5 Kostnadsanalys

Varje gång ett arbete utförs på en utrustning läggs en kostnad på det aktuella objektet. Det kan vara en kostnad från tidrapporteringen eller materialinköp. Ett visst intresse finns i att få denna kostnad så specificerad som möjligt ur ett analysperspektiv. Figur 4.9 visar ett exempel på hur det kan se ut i IFS-miljön när kostnader för en av de olika monteringslinjerna studeras under en viss tidsperiod.



Figur 4.9 Kostnadsanalys av det enskilda objektet.

Från denna information enligt figuren ovan kan sedan avläsas vilken typ av utrustning som har högst underhållskostnad och detta kan också användas som en

del i beslutsunderlaget för nyinvesteringar samt vid budgetarbeten.

4.1.6 Utbildning

I slutet av projektperioden hölls en utbildning för underhållsteknikerna i det underhållssystem som då var framtaget i IFS. Utbildningen inleddes med en introduktion där begrepp som bl.a. avhjälpande samt förebyggande underhåll klargjordes. Det förklarades och diskuterades även varför just det förebyggande underhållet är så viktigt och varför deras nuvarande arbetssätt kanske inte var det mest effektiva. Därefter fick teknikerna för första gången bekanta sig med underhållsmodulen i IFS-miljön. Fyra påhittade scenarier hade även förberetts där teknikerna själva fick möjlighet att sitta och lösa uppgifterna i programvaran. Scenarierna var medvetet konstruerade på ett sätt där arbetsgången gick från ett avhjälpande till ett förebyggande underhåll. Avslutningsvis sammanfattades utbildningen med vidare diskussioner och underhållsteknikerna fick även var sitt intyg på att de aktivt deltagit i utbildningen. Både underhållschefen och teknikerna var efter utbildningen positivt inställda till det nya arbetssättet.

5 Resultat och diskussion

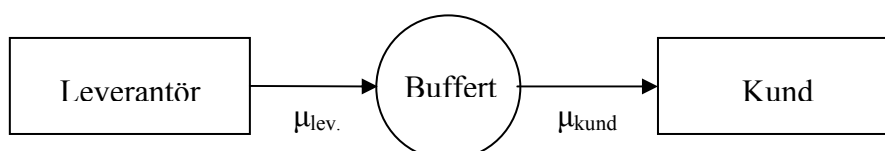
I det avslutande kapitlet resoneras det kring resultatet av vårt projekt. Vi diskuterar möjliga för- och nackdelar med underhållssystemet men påpekar samtidigt att de organisatoriska frågorna även måste ses över. Även frågeställningar kring den nya anläggningen tas upp och det ges också förslag till fortsatta projekt inom området. Avslutningsvis förklarar vi vad vi anser kunde ha gjorts bättre under projektet.

5.1 Uppföljning av underhållssystemet

Underhållssystemet som togs fram sattes i drift i samband med att projektet avslutades. Det fanns därför inga möjligheter att analysera eller utvärdera resultatet av arbetet. Det ges däremot förslag till tänkbara analys- och uppföljningsområden.

5.2 Produktionsutjämning

I teoriavsnittets sista kapitel förklarades några grundläggande ekvationer och begrepp vilka beskrev samspelet mellan två maskiner med en mellanliggande buffert. Relationen som råder mellan leverantören och kunden i det aktuella fallet kan förslagsvis skildras enligt just den teorin (se figur 5.1).



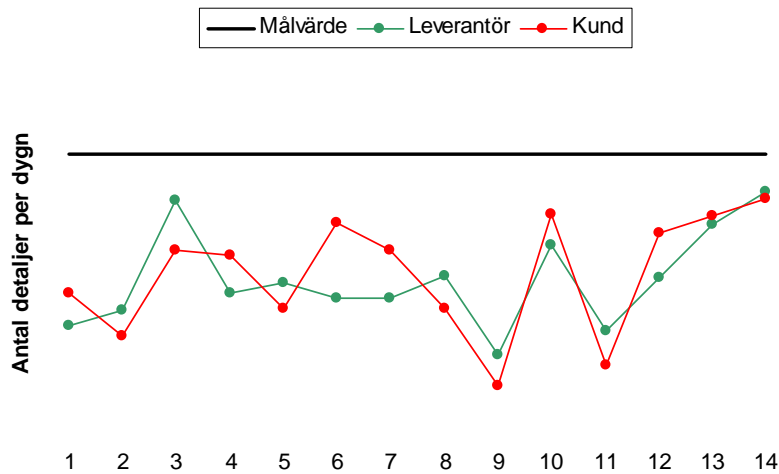
Figur 5.1 Det diskreta flödet mellan leverantör och kund möjliggörs genom en buffert med ett begränsat antal platser.

Buffertens begränsning beror främst av kundens efterfråga. Eftersom varje instrumentpanel som efterfrågas är sekvenserad och därmed unik kan leverantören inte tillverka fler paneler än vad kunden behöver (detta förutsätter naturligtvis också att leverantören har högre produktionstakt än kunden, vilket också är fallet). Det som då ibland händer och som tidigare nämnts är att leverantören tvingas stoppa produktionen (bufferten blir full) i väntan på att kundens tillverkning skall

komma igång på nytt.

Alltså är $\mu_{lev.} > \mu_{kund}$ (μ är då den förinställda produktionshastigheten) vilket beror på att leverantören vill säkra leveransen utan risk för förseningar till kund. Resultatet blir då att leverantören efterhand tvingas stanna produktionen. Detta betyder också att leverantörens effektivitet ($E_{lev.}$) är lägre än kundens. Leverantören bör istället eftersträva en effektivitet som är lika med eller högre än kundens.

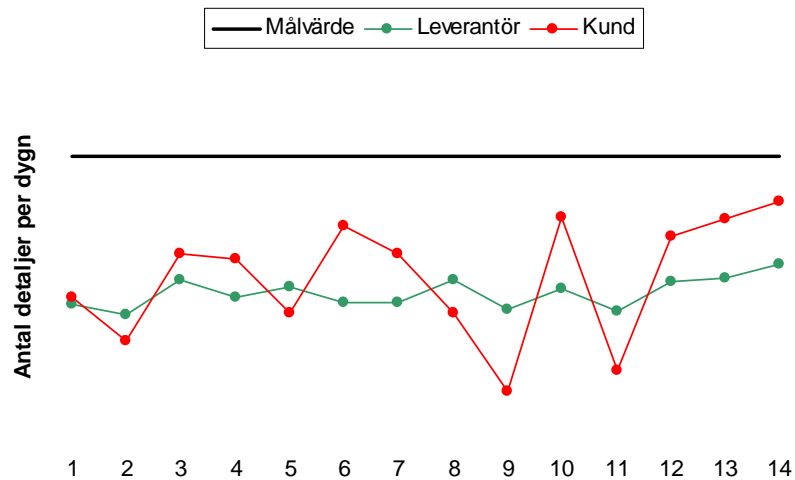
I figur 5.2 illustreras hur leverantörens samt kundens verkliga produktionshastigheter varierat under en given tidshorisont. Även det gemensamma målvärdet finns med.



Figur 5.2 Antal tillverkade detaljer per dygn som funktion av tiden i det verkliga fallet.

Här syns tydligt hur leverantörens produktionshastighet någorlunda följer kundens vilket också innebär att kurvornas respektive medelvärden går mot ett och samma värde om en oändligt lång tidshorisont skulle beaktas. Observera att det är bufferten som gör det möjligt för leverantören att ibland ligga efter kunden i produktionen. När leverantören sen ligger före kunden i produktionen ökar bufferten på nytt.

Enligt ekvation 26 bör leverantörens inställda produktionshastighet kunna sänkas (en aning närmre kundens) om insatser görs för att höja effektiviteten och därmed driftsäkerheten i produktionen. Denna effektivitetshöjning är naturligtvis beroende av ett mer effektivt och utvecklat underhåll vilket tidigare påpekats. Resultatet av en sådan eventuell insats skulle grafiskt kunna se ut som i figur 5.3



Figur 5.3 Antal tillverkade detaljer per dygn som funktion av tiden i ett simulerat fall där insatser har gjorts för att öka driftsäkerheten. En jämnare produktionshastighet har därför eftersträvats av leverantören.

Ur figuren syns att spridningen av leverantörens verkliga produktionshastighet har minskat och därmed jämnats ut, vilket leder till att denna ligger närmre kundens genomsnittsproduktion. Minskningen av kurvans spridning uppifrån och ned mot medelvärdet beror på att den inställda hastigheten har sänkts, medan minskningen av spridningen nedifrån och upp mot medelvärdet beror på den ökade driftsäkerheten.

Men vad vinner då leverantören på att sänka produktionshastigheten? Eftersom tillverkningen blir mer driftsäker behövs mindre resurser i form av arbets- och materialkostnader, vilket då följaktligen gör att intäkten per detalj ökar (se sambandet i ekvation 22 samt även scenario 3). Observera att en sänkt produktionshastighet inte är ekvivalent med en sänkt hastighet på själva transportlinjen. En ombalansering av antalet arbetsstationer ger nämligen likvärdig effekt då samma arbeten uträttas fast på färre antal stationer och därmed minskar antalet nödvändiga operatörer

5.3 Förslag till mätetal

Ett problem med mätningar av tillgängligheten i industrin är att företagen tenderar att jämföra resultaten mellan olika produktionsavsnitt, eller ibland olika produktionsanläggningar. Detta skapar en orättvis bild av hur effektivt underhållet arbetar eftersom de har olika förutsättningar och krav. En processindustri har

exempelvis mycket högre krav på en hög tillgänglighet än en monteringsfabrik. Det finns även skillnad i olika typer av produktionsfilosofier. Vid kundorderstyrd produktion utan, eller med små lager, kommer en hög tillgänglighet att vara viktigare än om företaget producerar mot lager. Det finns således ett behov av ett måttetal som tar hänsyn till dessa faktorer om företagen vill kunna jämföra underhållets effektivitet på olika produktionsanläggningar.

De faktorer som påverkar vikten av hög tillgänglighet är:

- Kostnad vid stopp
- Resultatet vid produktion, $R = I - K$

Genom att inkludera dessa värden i tillgänglighetsbegreppet viktas tillgängligheten mot kostnader och intäkter för produktionen. Tillgänglighet kan som tidigare nämnts definieras enligt:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT}$$

Den vinst som produktionen genererar under drift kan definieras som:

$$\frac{MTBF}{t_0} (I - k) \quad (32)$$

där: I = Intäkt per detalj
 K = Kostnad per detalj
 t_0 = Cykeltid

Vid stillestånd uppstår stoppkostnader i form av tappande intäkter och produktionskostnader som lönekostnader, maskinkostnader, hyra av lokal osv. Förutom stoppkostnaden kan det även uppstå en underhållsrelaterad kostnad. Detta kan vara materialkostnad, verktygskostnad och andra kostnader som kan uppstå vid avhjälpande av felet. Detta sammantaget kan skrivas som:

$$MTTR(k_S + k_R) + MWT \cdot k_S \quad (33)$$

där: k_S = Genomsnittlig stoppkostnad per tidsenhet
 k_R = Genomsnittlig reparationskostnad per tidsenhet

Resultatet av detta ger en tillgänglighet som är viktad av de ekonomiska följder som stillestånd medför.

$$A_{EV} = \frac{\frac{MTBF}{t_0}(I-k)}{\frac{MTBF}{t_0}(I-k) + MTTR(k_S + k_R) + MWT \cdot k_S} \quad (34)$$

För att ge exempel på vad som menas kan två olika produktionsavsnitt beaktas. De fiktiva produktionsavsnitten har samma tillgänglighet, men avsnitt 2 har mer än fyra gånger större stoppkostnad än avsnitt 1. Dessutom har avsnitt 2 en något högre genomsnittlig reparationskostnad, se tabell 5.

	Produktionsavsnitt 1	Produktionsavsnitt 2
MTBF	2 h	2 h
MTTR	10 min	10 min
MWT	5 min	5 min
t_0	15 min	15 min
I	1000 kr/detalj	1000 kr/detalj
K	700 kr/detalj	700 kr/detalj
k_R	100 kr/h	300 kr/h
k_S	2000 kr/h	9000 kr/h
A	0.89	0.89
A_{EV}	0.82	0.51

Tabell 5 Exempel på tillämpning av ekonomiskt viktad tillgänglighet.

Slutsatsen är alltså att även om de båda produktionsavsnitten har samma tillgänglighet på utrustningen så skiljer sig deras respektive ekonomiskt viktade tillgängligheter. Avsnitt 2 kommer alltså att behöva ha en betydligt högre tillgänglighet än avsnitt 1 för att få ett liknande A_{EV} . Resultatet visar även att avsnitt 2 är känsligast för stillestånd och att det är där som satsningar på underhåll bör prioriteras.

5.4 Frågeställning kring underhållssystemet

Det har i rapporten visats att det finns mycket att vinna på ett förbättrat underhåll. Dokumentation, planering och uppföljning är nyckelorden. Om man ser till underhållets utvecklingstrappa nämndes det tidigare att IAC i nuläget befinner på det andra steget som kallas för *reaktivt avhjälpande underhåll*. Vårt mål med projektet var att försöka lyfta företaget till nästa nivå där de så småningom skall gå över till att nästan enbart syssla med förebyggande underhåll för att på så sätt öka driftsäkerheten och därmed effektiviteten gentemot kund. Detta kan underhållssystemet hjälpa till med enligt vår uppfattning. Men det är viktigt att

vara medveten om att införandet av ett underhållssystem inte löser några problem av sig självt. Det krävs ett hårt och gediget arbete med systemet för att fullt nyttja dess syfte. Informationen som registrerades vid utvecklingen av systemet är långt ifrån optimal. Den är dels baserad på den nuvarande underhållsplanen, med viss modifikation, men även på vissa rekommendationer från leverantörer. Systemet har således inga direkta verklighetsanknytningar utan är kanske mer av teoretisk karaktär. Det kommer därför att behövas kontinuerlig uppdatering, revidering och utveckling av systemet för att skapa bra förutsättningar för analyser och utvärderingar av underhållsarbetet. Intervallen med vilka specifika underhållsåtgärder utförs kommer att justeras efter hand som en känsla för de olika objektens livslängder uppnås. Framförallt så kommer fler objekt att läggas in i systemet och därmed kommer FU-planen att växa och bli mer komplett.

Förutom att systemet måste förbättras kontinuerligt kommer det att ställas högre krav på underhållsteknikerna. De måste lära sig att registrera sina arbeten och även rapportera tid för varje arbete. Det kan följaktligen vara svårt att motivera för personalen varför de ska registrera varje enskilt arbete, vilket kan leda till att många av de mindre jobben aldrig registreras. Det är också viktigt att det kan förklaras för underhållsteknikerna att ett underhållssystem är till för att hjälpa dem i deras vardagliga arbete. Vid rätt hantering av systemet kommer underhållsteknikerna att få en bättre kontroll på vad de har gjort och vad de ska göra. Tiden kan helt enkelt planeras bättre och de lär sig även vilka resurser som varje specifikt arbete kräver. Arbetsklimatet blir bättre och det blir färre panikuttryckningar eftersom de redan på måndag morgon vet vad de ska göra resten av veckan. Vi vill således peka på vikten av att arbeta genom *ständiga förbättringar*, vilket bl.a. belysts i teoridelen.

Rätt hanterat kan underhållsorganisationen även använda de data som sparas i underhållssystemet som underlag och argumentation vid nyinköp och ombyggnader. I nuläget är det svårt för underhållsteknikerna att påverka vilken typ av utrustning som köps in. Men vid registrering i underhållssystemet kan underhållsteknikerna påvisa driftkostnader för en viss typ av utrustning, vilket då (förhoppningsvis) kan få ledningen att tänka en gång extra innan de köper in ny utrustning.

5.5 Organisatoriska möjligheter

Vid kartläggning och analys av underhållsorganisationens arbete och roll i företaget noterades följande saker som enligt vår mening var oroväckande:

- Det saknas en uttalad underhållstrategi
- Det finns ingen plan för hur underhållsavdelning skall utvecklas
- Det finns ingen formulerad målsättning för vad underhållsavdelningen skall åstadkomma

- Bilden av en underhållsarbeters huvudsakliga arbetsuppgifter är delvis felaktig
- Underhållets roll i företaget är underskattad
- Kompetensen hos underhållspersonalen utnyttjas dåligt

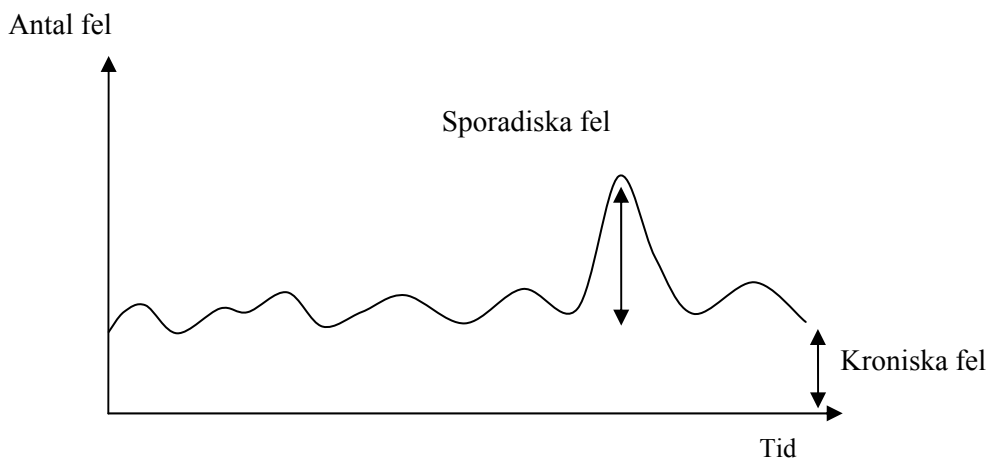
Kan företaget däremot själva komma till insikt med ovanstående problem uppstår istället en hel del möjligheter. Saknaden av underhållstrategi kommer i grunden från att underhållsavdelningen tidigare tillhört produktionen och svarat mot produktionschefen. Det var först för något år sedan som en underhållschef blev tillsatt. Det borde ha skapats en strategi där en plan och målsättning formulerades för hur underhållsorganisationen skall arbeta och utvecklas inom företaget. Dels för att motivera underhållsteknikerna men framförallt för att driva underhållsavdelningen från ett avhjälpande till ett förebyggande underhåll och mot en högre produktionssäkerhet.

Ett produktionssystem effektivitet bestäms av kvalitetsutbytet, tillgängligheten och anläggningseffektiviteten. När kvalitetsproblem uppstår i företagets produktion hanteras dessa på ett effektivt sätt. De angriper roten till problemet och eliminerar felet så att det inte skall uppstå igen. Med en så välutvecklad kvalitetsstrategi finner vi det märkligt att inte samma tankebanor har överförts till underhållsavdelningen. Vid stopp på utrustningen är det underhålls uppgift att så fort som möjligt få igång produktionen. Detta tankesätt är enligt vår mening felaktigt. Det bör vara viktigare att orsaken till att linjen stoppade åtgärdas än att linjen hålls igång till varje pris. Det kommer förmodligen att visa sig vara mer effektivt att avsiktligt stoppa produktionen för att omedelbart hitta en permanent lösning till problemet än att hålla linjen igång vilket förmodligen leder till att felet återkommer. Tankesättet är en av grundpelarna i Lean production-filosofin där förfarandet kan beskrivas på följande sätt:⁸¹

”Vi stoppar inte linjen för att vi tycker om att stoppa linjen. Vi stoppar linjen därför att vi inte tycker om att göra det.”

Företagets syn på vad ett effektivt underhåll egentligen är anser vi också vara delvis felaktig. Då ett fel åtgärdas fungerar ju underhållet enligt företagets mening, men gör det verkligen det? Ett objektiva eller subjektiva underhåll är minst lika viktigt, men är svårt att motivera eftersom inget har havererat. Felen som uppstår i produktionen kan delas in i kroniska och sporadiska fel, se figur 6.1.

⁸¹ Shingo, S. 1984



Figur 5.4 Kroniska och sporadiska fel.⁸²

De sporadiska felen är enkla att upptäcka då de ofta ger en snabb påverkan på produktionsprocessen. De kroniska felen däremot finns hela tiden och blir därför en del av vardagen. Dessa fel är svåra upptäcka eftersom de oftast beror på en kombination av flera fel⁸³. Det som i nuläget händer är att de sporadiska felen åtgärdas genom att underhåll rycker ut, åtgärdar felet och kör igång produktionen. Men ett effektivt underhåll behöver inte nödvändigtvis vara när underhållsarbetarna är aktivt ute i produktionen och reparerar fel som uppstår i syfte att hålla igång linjen. Ett effektivt underhåll bedrivs genom kontinuerliga kontroller av utrustningens tillstånd och planering av nödvändiga förebyggande insatser för att åtgärda kroniska fel. En underhållstekniker som går runt och tittar eller lyssnar i anläggningen gör minst lika mycket nytta som en som försöker få igång linjen vid produktionsstopp.

Visionen bör vara att sträva efter att inga stopp får förekomma på linjen. För att klara av detta måste underhållspersonalen inse att när stoppen är som minst kommer deras arbete att vara som svårast och mest krävande. Att sköta underhåll genom att springa varje gång det blir larm är enklare och kräver mindre arbete. Detta är viktigt för ledningen att vara medveten om, då de annars kan tro att underhållsavdelningen är överflödigt om stoppen på linjen försvinner.

Ytterligare en aspekt som är viktig att ta upp är den roll underhållsarbetarna har i företaget. Underhållsteknikerna bör inte liknas vid vaktmästare och deras arbetsuppgifter bör exempelvis inte bestå av att byta glödlampor på toaletter. Underhållsavdelningens uppgift är att tillföra produktionen en viss driftsäkerhet.

⁸² Sundkvist, M. 2006

⁸³ ibid

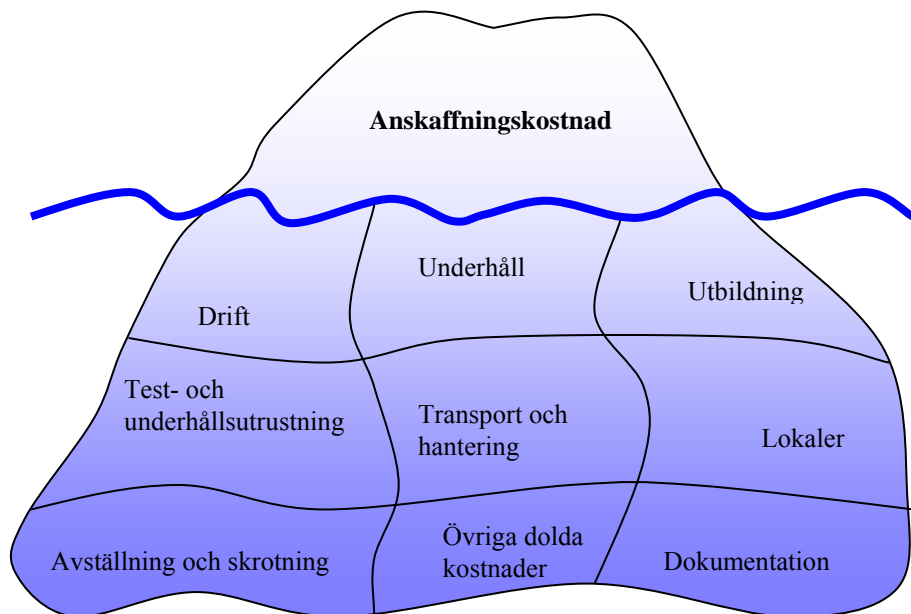
Underhåll av utrustningen gör att produktionen kan leverera produkter i rätt tid till rätt kostnad. Företaget har idag lagt en stor tyngd på kvalitetsarbeten för att eliminera fel gentemot kunden. Slogans som "Quality is key" figurerar exempelvis. Självklart är kvaliteten viktig, men den skall inte överskugga andra nyckeltal som till exempel tillgänglighet, vilket är minst lika viktigt för företagets lönsamhet om än inte viktigare. Det måste inses att underhållsavdelningens uppgift skall vara att aktivt arbeta för att öka produktionssystemets lönsamhet.

Det som är positivt är att företaget nu ändå börjar inse vilket värde det finns i en hög tillgänglighet. Implementeringen av underhållssystemet visar att det finns en vilja att förändra det nuvarande arbetssättet. Underhållsteknikerna är positivt inställda till att förändra sitt arbetssätt från avhjälpande till förebyggande underhåll.

5.6 Den nya anläggningen

Under 2008 kommer en ny fabrik att byggas och den nuvarande produktionen kommer att flyttas. Detta är en bra möjlighet att redan från grunden skapa ett tillverkningsystem som är underhållsmässigt, varför begrepp som Life Cycle Profit samt Life Cycle Cost bör studeras närmre av ledningen.

Livslängdsekonomin bör vara vägledande vid beslut om nyanskaffning där kostnaderna under bl.a. driftfasen påverkar kravspecifikationen. Kostnaderna för en utrustning under dess totala livslängd benämns vanligen som Life Cycle Cost (LCC), se figur 5.5.



Figur 5.5 Med hjälp av LCC-analyser kan hela "isberget" synliggöras för företaget.⁸⁴

De dolda kostnaderna under ytan i figuren är många gånger högre än själva anskaffningskostnaden. De val som görs i ett projekts inledning får därför stora konsekvenser på framtida kostnader.

Implementeringen av underhållssystemet under slutet av 2007 och börjar av 2008 kommer att medföra att underhållsteknikerna vänjer sig vid att arbeta med systemet. Detta gör att de redan i den nuvarande fabriken kommer att lära sig hur systemet fungerar och även vad som inte fungerar optimalt. När underhållsteknikerna sedan registrerar och arbetar i den nya fabriken kommer de att kunna använda sig av de lärdomar och misstag som gjordes i ett dåvarande underhållssystem.

Förhoppningsvis kommer även underhållsteknikerna att vara delaktiga i utvecklingen av det nya produktionssystemet. Den kompetens som de besitter bör således tas vara på av företagsledningen inför flytten. Det är trots allt underhållsteknikerna som skall sköta underhållet av utrustningen i den nya anläggningen.

⁸⁴ Hagberg, L. Henriksson, T. 1996 (5), omarbetad av Andersson, M. Karanfilovski, S

5.7 Förslag till fortsatta projekt

Som vi tidigare påpekat finns där inom ramen för projektet ingen tid för att kunna utvärdera systemet. De resultat som väntas ske genom arbetet med IFS är långsiktiga och kanske kommer det dröja relativt länge innan de riktigt märkbara förändringarna sker. Men hur vet då företagsledningen att deras satsningar på underhållsorganisationen givit resultat och hur ska underhållsteknikerna få reda på om deras kontinuerliga arbete faktiskt gått i rätt riktning?

Vi föreslår därför att fortsatta analyser bör göras kring just uppföljningen av underhållssystemet. Eftersom det oftast används siffror då man generellt vill påvisa ett resultat kanske det borde utvecklas egna verktyg för den enskilda organisationen med vilka mätvärden kan tas fram. Men självklart säger inte siffror alltid hela sanningen även om de är enklare att visa upp. Organisatoriska utvärderingar och uppföljningar bör därför också göras för att bekräfta att även de ”mjuka faktorerna” har förbättrats. Detta är naturligtvis svårare att mäta då det inte kan sättas exakta siffror på något som är tämligen abstrakt.

Det bör så småningom även startas fler projekt kring underhåll där förbättringsmöjligheterna utvärderas. Borde underhållsverksamheten om möjligt expanderas? Finns det möjlighet att involvera operatörer eller kanske till och med arbetsledarna i underhållsarbetet? Ett bra alternativ är att integrera företagets olika verksamhetsområden så att samtliga arbetsinsatser på företaget genomsyras av underhållsfilosofin. Andra underhållstyper finns faktiskt också i övriga verksamhetsområden, tyvärr uppfattas det sällan på det viset. Möjligheterna är många om bara viljan och drivkraften finns där. (Se även avsnittet som handlar om TPU).

Vi bör även nämna att mätetalet som togs fram (se avsnittet *Förslag till mätetal*) inte testats i verkligheten. Det är egentligen baserat på observationer som gjorts under projekttiden samt kontinuerliga diskussioner som förts. Någon större vikt har vi alltså inte lagt på denna del av arbetet.

5.8 Vad kunde ha gjorts annorlunda?

Så här mot slutet känner vi att vissa saker kunde ha gjorts på annat sätt under projektet, även om det kanske är lättare att upptäcka i efterhand. Självklart är ett underhållssystem en av de största grundpelarna för en väl fungerande och effektiv produktion. Emellertid fanns där en klyfta mellan oss och underhållspersonalen eftersom de många gånger var upptagna med sitt arbete. Vissa kommunikationsbrister har därför gjort att systemet möjligtvis inte är uppbyggt på ett optimalt sätt, sett utifrån hur en underhållstekniker utför sitt arbete. Dessa

förändringar kan däremot ganska enkelt korrigeras och justeras efterhand. Även underhållsteknikernas viljor och idéer borde ha beaktats tidigare och inte enbart underhållschefens.

6 Litteraturförteckning

- Bellgran, M. Säfsten, K. 2005, *Produktionsutveckling – Utveckling och drift av produktionssystem*, Studentlitteratur, Lund
- Bengtsson, L. Berggren, C. Lind, J. 2005, *Alternativ till Outsourcing*, Liber, Malmö
- Bergman, B. Klefsjö, B. 2001, *Kvalitet – från behov till användning*, tredje upplagan, Studentlitteratur, Lund
- Börjesson, P. Lundgren, A. 2003, *Utveckling av monteringsystemet på PVB – ITT Flygt*, Examensarbete, Lunds Tekniska Högskolan
- Ericsson, J. 1997, *Störningsanalys av tillverkningssystem – Ett viktigt verktyg inom lean production*, Doktorsavhandling, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Gellersteds, M. 1997, *Statistiska metoder för kvalitetsutveckling*, Studentlitteratur, Lund
- Hagberg, L. Henriksson, T. 1996, *Lönsamt underhåll – 8 steg till säkrad produktion*, Bok 3, Mentor Gruppen AB, Stockholm
- Hagberg, L. Henriksson, T. 1996, *Lönsamt underhåll – 8 steg till säkrad produktion*, Bok 5, Mentor Gruppen AB, Stockholm
- Hagberg, L. Henriksson, T. 1996, *Lönsamt underhåll – 8 steg till säkrad produktion*, Bok 7, Mentor Gruppen AB, Stockholm
- Johansson, K-E. 1997, *Driftsäkert underhåll*, andra upplagan, Studentlitteratur, Lund
- Nilsson, B. Marklund, J. Henriksson, T. 2007, *Kvalitet- och underhållsstyrning – kurskompendium*, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Olhager, J. 2000, *Produktionsekonomi*, Studentlitteratur, Lund
- Olsson, G. Rosen, C. 2005, *industrial automation – applications, structures and systems*, Media-Tryck, Lund
- Shingo, S. 1984, *Den Nya Japanska Produktionsfilosofin*, MGruppens

förlag/MYSIGMA Education AB, Lidingö

Skärvad, P-H. Olsson, J. 2003, *Företagsekonomi 100*, Liber Ekonomi, Malmö

Ståhl, J-E. 2007. *Industriella tillverkningssystem – Länken mellan teknik och ekonomi*, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Sundkvist, M. 2006, *Overall Equipment Effectiveness – Mätetal för effektivisering*, Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm

Swedish Standards Institute, 2001, *Underhåll – Terminologi*, utgåva 1

Ahlmann, H. 2001, *Kompendium i underhållsteknik*, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Ottosson, L. 2005, *Om IFS*, Företagsbroschyr

Internet sidor och personer:

Idhammar, C. *Att sälja underhåll till företagsledningen*
<http://www.idcon.com/kronika38.htm>

Cederwall, P. Underhållschef, IAC group, Göteborg

Wendt. K. Affärskonsult, IFS Sverige AB, Göteborg

Ståhl, J-E. Professor, Lunds Tekniska Högskola, Lund