

CHALMERS



Underhållsanalys på Pilkington AB

En djupgående granskning av driftsäkerhet och underhåll

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom

Maskiningenjörsprogrammet

Tim Björk

Niklas Almelund

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för produktionssystem

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2012

Förord

Detta examensarbete har utförts i Halmstad, på uppdrag av Pilkington AB och omfattar 15 högskolepoäng.

Med detta arbete avslutade vi vår utbildning i maskinteknik med inriktning mot teknisk utveckling, motsvarande 180 HP på Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg.

Vi vill tacka Jörgen Larsson, vår handledare på Pilkington som varit oerhört hjälpsam och gav oss möjligheten att utföra examensarbetet. Vi vill även tacka all den personal som arbetar på Pilkington som svarat på frågor och hjälpt oss med allt vi behövt.

Slutligen vill vi tacka vår examinator Torbjörn Ylipää på institutionen för produkt- och produktionsutveckling på Chalmers Tekniska Högskola.

Ort: Göteborg

Datum: 2012-11-20

Tim Björk

Niklas Almelund

SAMMANFATTNING

Pilkington Floatglas AB, dotterbolag till NSG Group, är en multinationell glastillverkare inriktad mot byggnads- och bilindustrin. Glastillverkningsprocessen består huvudsakligen av två delar, floatglasprocessen där glaset tillverkas och beläggningsprocessen där glaset beläggs med tunna skikt av olika material för att manipulera glasets ljustransmission. Denna behandling är särskilt viktigt i bl.a. byggnadsindustrin för att t.ex. förhindra värmeförluster i stora hus.

Beläggningsprocessen är baserad på en modern teknik som heter ”*vacuum magnetron sputtering*” och är belägen till en specifik kammare i en klassisk produktionslinje. Produktionslinjen består dels av beläggningskammaren och dels av kringutrustning som t.ex. pålastare, avlastare, transportband, tvättningskammare, inspektions rum o.s.v.

Arbetet avgränsades till kringutrustningen i beläggningslinjen. Syftet med arbetet var att undersöka om det fanns några förbättringsmöjligheter inom Pilkingtons driftsäkerhet. För att finna möjliga förbättringsmöjligheter undersöktes beläggningslinjen, detta gjordes genom att identifiera kritiska och frekvent förekommande driftstopp samt utreda varför dessa stopp inträffar. Underhållsavdelningen undersöktes likaså, detta gjordes genom att studera vilka underhållsmetoder som Pilkington brukar och se om deras införande och användning skiljer sig något från de klassiska beprövade metoderna.

Granskningen resulterade i konkret statistik över vilken utrustning som hade högst felfrekvens och vilken utrustning som ansågs vara kritisk och därmed borde arbetas vidare med. Undersökningen visade t.ex. att 30 % av alla rapporterade fel härstammade från kringutrustningen, främst från felen benämnda Hegla, Gantry och Glasbrist. Examensarbetet resulterade även i konkreta skillnader mellan teoretisk förespråkad metodik och den som är applicerad på företaget.

ABSTRACT

Pilkington Floatglas AB, subsidiary to NSG Group, is a multinational glass manufacturer focused on the construction- and car industry. The glass manufacturing process consist mainly of two parts: the floatglass process where the glass is manufactured and the coating process where the glass is coated with thin layers of different materials to manipulate the transmission of light. This treatment is for instance, especially important in the construction industry to prevent heat losses in large houses.

The coating process is based on a modern technique called “vacuum magnetron sputtering” and is located to a certain chamber in a classic production line. The production line consist of the coating chamber and the peripherals as for instance the loader, the deloader, conveyers, washing chamber, inspection room etc.

The thesis was limited to the peripherals in the coating line. The purpose with the thesis was to investigate if there were any applicable improvement opportunities in Pilkington’s reliability. This was investigated on two fronts: on the machine level, by identifying downtime that was critical and occurred frequently and by examine why the stops occurred and on maintenance level by studying the maintenance methods Pilkington uses and see if theirs implementation differs slightly from the classic proven methods.

The investigation resulted in concrete statistics on what equipment had the highest frequency of faults and which equipment that was considered critical and therefore should need further work. The investigation showed for instance that 30 % of all faults were connected with the peripherals, mainly from the faults named Hegla, Gantry and Glasbrist. The work also resulted in concrete differences between theoretical methodology advocated and the methods which are applied by the company.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Tim Björk	i
Niklas Almelund	i
Förord	ii
SAMMANFATTNING	iii
ABSTRACT	iv
BETECKNINGAR	vii
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Precisering av frågeställningen	3
1.5 Rapportstruktur	4
2. TEORETISK REFERENSRAM	5
2.1 Underhåll och dess historia	5
2.1.1 Första generationens underhåll	5
2.1.2 Andra generationens underhåll	6
2.1.3 Tredje generationens underhåll	6
2.2 Avhjälpande och förebyggande underhåll	7
2.3 Driftsäkerhet	8
2.4 Reliability centered maintenance (RCM)	9
2.4.1 Implementering och analys	10
2.4.2 Vanliga fel vid RCM-arbete	14
2.4.3 Fördelar	15
2.4.4 Failure modes and effects analysis (FMEA)	15
2.5 Total productive maintenance (TPM)	16
2.5.1 JIPM-Modellen	16
2.5.2 Nakajimas ursprungliga modell	19
2.6 Computerized maintenance management systems (CMMS)	24
2.7 Underhållsprocessen	26
3. METOD	27
3.1 Vetenskapliga metoder	27
3.1.1 Explorativa, deskriptiva, explanativa och normativa studier	27

3.1.2 Validitet, reliabilitet och objektivitet	27
3.1.3 Induktion, deduktion och abduktion	27
3.1.4 Kvalitativa och kvantitativa studier	27
3.1.5 Intervjuer	28
3.1.6 Vald metodik	28
3.2 Praktiskt genomförande	28
3.2.1 Studiebesök.....	28
3.2.2 Litteraturstudier.....	28
3.2.3 Intervjuer & Diskussion	29
3.2.4 Statistik	29
3.2.5 Nulägesanalys	29
3.2.6 Förbättringsanalys	29
4. RESULTAT/NULÄGESANALYS	30
4.1. Företagsbeskrivning.....	30
4.2. Processer och materialflöde.....	31
4.2.1. Floatglasprocessen	31
4.2.2. Beläggingsprocessen	33
4.3 Underhållsverksamheten	38
4.3.1 Organisationen	38
4.3.3 Arbetssätt och underhållsmetoder.....	38
4.3.4 Målsättning och visioner	40
4.4 Driftsäkerhet och problemområden	40
5. DISKUSSION	45
5.1 Grundförutsättningar	45
5.2 Förbättringsförslag (Beläggingslinjen)	46
5.3 Förbättringsförslag (Underhållsavdelningen).....	46
5.3.1 Driftsäkerhetsuppföljning.....	46
5.3.2 Total productive maintenance (TPM)	47
5.3.3 Reliability centered maintenance (RCM)	48
5.4 Diskussion kring arbetet.....	49
6. SLUTSATSER	50
7. REFERENSER.....	51
BILAGOR	

BETECKNINGAR

NSG Group: Nippon Sheet Glass Co., Ltd. Moderbolag för Pilkington AB.

CMMS: Computerized maintenance management system. Ett datoriserat underhållssystem som hanterar underhållsrelaterad data.

OEE: Overall equipment effectiveness, ett nyckeltal för att mäta produktionseffektivitet.

TAK: Svensk översättning av OEE. Står för: Tillgänglighet, anläggningsutbyte, kvalitetsutbyte.

ESG3: Det interna namnet för beläggningslinjen.

JIT-system: Just in time-system, är ett tillverkningssynsätt som b.la. förespråkar att endast köpa in råmaterial för att täcka produktionen, d.v.s. inte ha något lager.

FU: Förebyggande underhåll.

AU: Avhjälpan underhåll.

MTBF: Mean time between failures.

MTW: Mean time waiting

RCM: Reliability centered maintenance.

TPM: Total productive maintenance.

JIPM: Japan institute of plant maintenance. Underhållsorganisation i Japan specialiserad på och ägare av varumärket TPM.

Conv: Transportband.

SAP: Systems, Applications and Products in Data processing. Ett av världens största mjukvaruföretag som tillhandahåller företagsinriktad mjukvara och CMMS system.

PROST: Produktion rapportering order statistik, internt utvecklat underhållsprogram.

1. INLEDNING

I detta kapitel kommer det ges en introduktion till examensarbetet genom att presentera en kort bakgrund till Pilkingtons situation och syftet med arbetet. Avsnittet kommer även redogöra för de avgränsningar som gjorts samt ett antal grundläggande frågor som ska besvaras under arbetets gång. Kapitlet avslutas med en rapportstruktur.

1.1 Bakgrund

Pilkington Floatglas AB, dotterbolag till NSG Group, grundades 1826 som ett partnerskap mellan bl.a. familjerna Pilkington och Greenall och efter NSG Groups ackvisition av företaget år 2006 är de en av världens ledande tillverkare av floatglas till byggnads- och bilindustrin. NSG Group är ett multinationellt företag med cirka 29 300 anställda på 49 stycken floatglaslinjer i 29 olika länder världen över. (Pilkington, 2012)

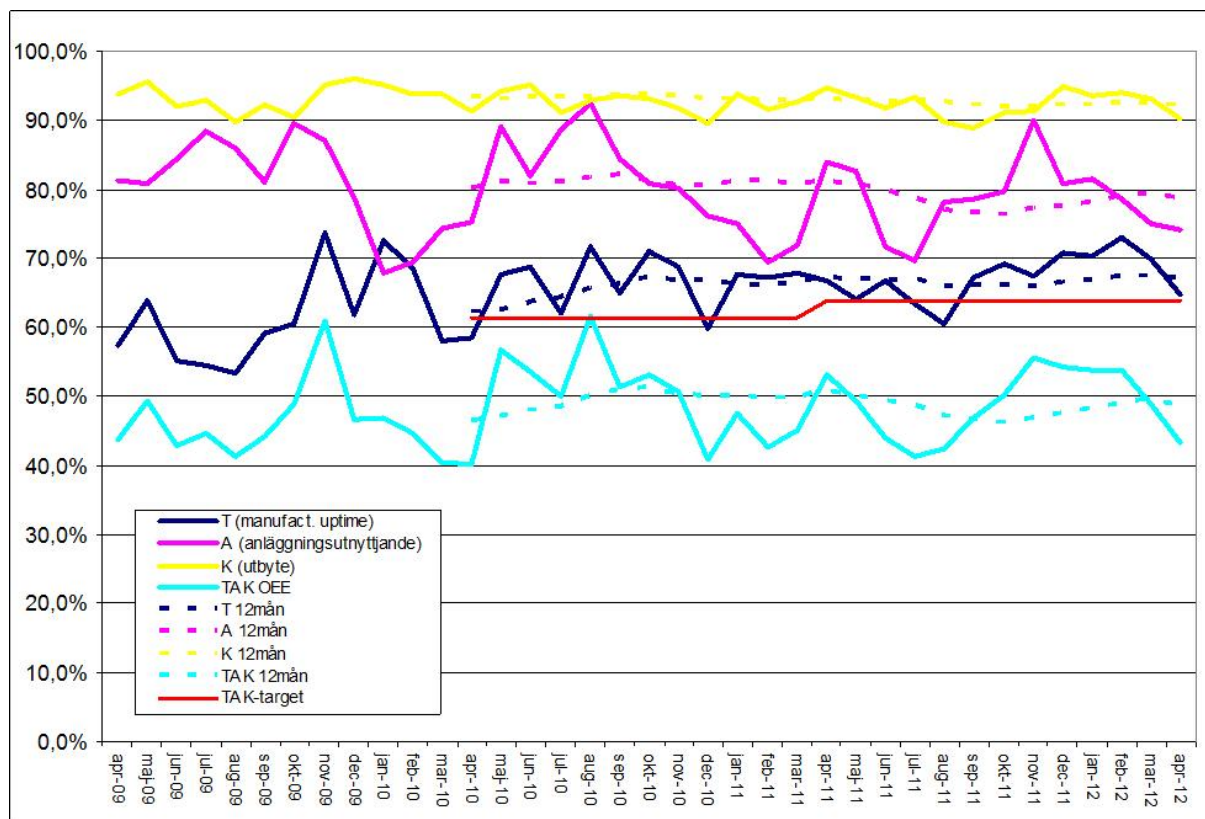
I Halmstads fabrik finns en av dessa produktionslinjer som använder floatglasprocessen, framtagen av Alastair Pilkington och Kenneth Bickerstaff. Floatglaset bildas genom att en glassmälta bestående av råvarumaterial såsom sand, soda, dolomit samt kalksten låtes rinna ner på en bädd av flytande tenn och bildar en plan yta i en miljö där varje aspekt av förloppet kan kontrolleras. Detta tillvägagångssätt har ett flertal olika fördelar i relation till tidigare utvecklade alternativ, bl.a. nästintill obegränsad variation av mått och storlek, bättre kvalitet på ytan samt mer kostnadseffektivt än tidigare alternativ. (Pilkington, 2012)

För att nå en större marknad och vara konkurrensmässiga erbjuder Pilkington inte bara glas tillverkat med floatglasprocessen utan även glas belagda med en mängd olika egenskaper efter kundens önskemål. De egenskaper som erbjuds till glaset är bl.a. värmeisolering, självrengörande, sol-, brand-, buller- samt säkerhetsskydd.

Dessa egenskaper tillförs glaset m.h.a. en teknik som kallas ”*vacuum magnetron sputtering*”, vilket innebär att en maskin lägger nanometer tunna skikt av olika ämnen på glaset. Tyvärr är apparaturen känslig för yttre omständigheter såsom smuts och dylikt. Dessutom måste beläggningsskammaren underhållas en gång per vecka, med produktionsstopp som följd. (Pilkington, 2012)

Beläggningslinjen består av ett flertal olika moment. Det första momentet som utförs är tillförseln av glas till beläggningslinjen, d.v.s. pålastningen. Väl uppe på linjen sprickkontrolleras samt tvättas glaset inför beläggningsskammaren. Efter beläggning kontrolleras glaset av en operatör. Glas med kvalitetsbrister kasseras. Slutligen lyfter en avlastare av glaset för vidare transport till lagret. I denna beläggningsavdelning är driftsäkerheten lägre än andra delar i produktionen. Detta är grunden till examensarbetet.

Pilkington AB arbetar ständigt med förbättringar för att öka driftsäkerheten och kan genom ett datasystem kontrollera driftsäkerheten i produktionen i realtid. På så sätt är uppföljning av driften lätt att överskåda. I diagrammet nedan (se Figur 1.1.) visas TAK-värden från perioden april 2009 till april 2012 på ESG3. TAK- värdet för 2012 ligger på cirka 50 %, vilket är lågt i relation till andra delar av produktionen.



Figur 1.1 – Figur över utrustningseffektivitet.

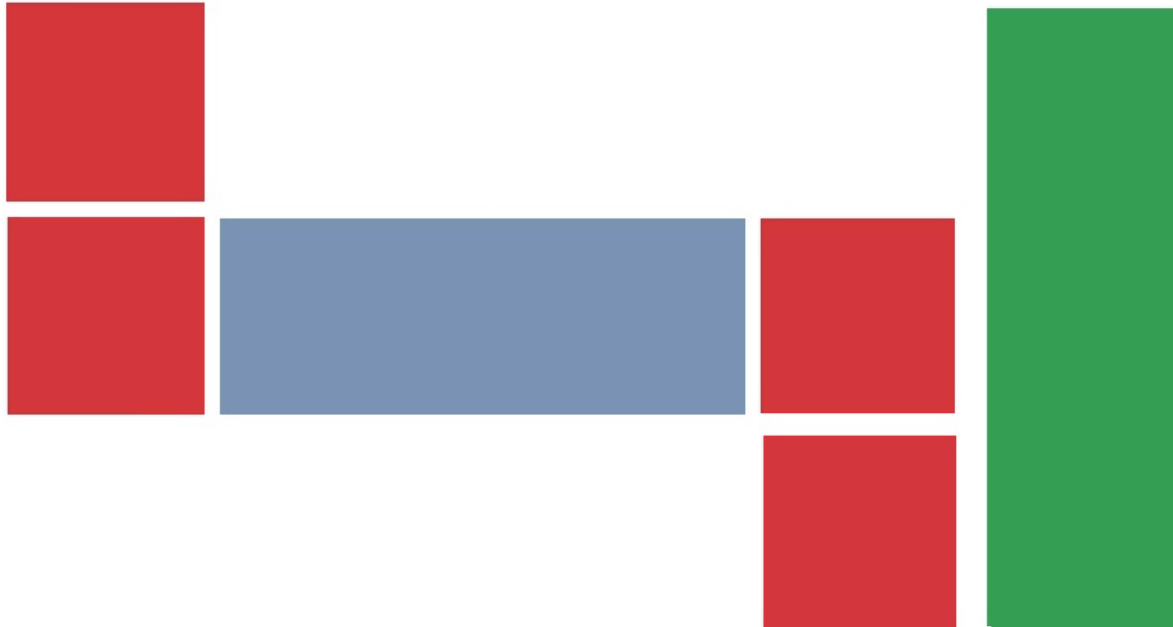
1.2 Syfte

Inom industrin är driftsäkerhet viktigt för att öka lönsamhet och effektivitet, man pratar ofta om en stor utnyttjad potential. I beläggningsprocessen på Pilkington finns det förbättringsmöjligheter.

Syftet med arbetet var att undersöka dessa förbättringsmöjligheter samt att identifiera stopp som är allvarliga och frekvent förekommande och utreda varför stoppen inträffar. Syftet var även att granska Pilkingtons införande och användning av klassiska underhållsmetoder för att se om det existerade några förbättringsmöjligheter.

1.3 Avgränsningar

Arbetet avgränsades till Pilkingtons Halmstadsfabrik, med fokus på kringutrustningen i beläggningslinjen och underhållsavdelningen. Figur 1.2 nedan visar en färgkodad representation över fabriken, där färgkodningen är baserad på prioritetsgrad. Där rött är högsta prioritet och blått lägsta prioritet.



Figur 1.2 – *Kringutrustningen* , *Underhållsavdelningen*, *Sputtringsmaskinen*

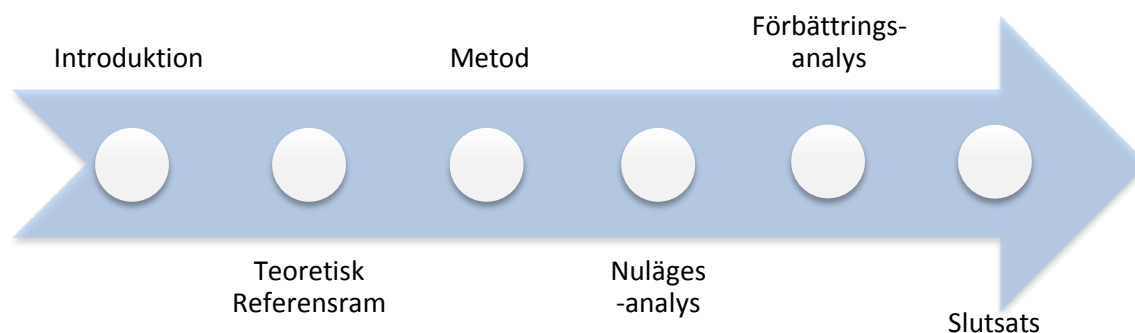
1.4 Precisering av frågeställningen.

Syftet med arbetet var att undersöka förbättringsmöjligheter, identifiera allvarliga fel, varför de inträffar samt granska Pilkingtons nuvarande underhållsmetoder. Dessa gav upphov till tre stycken olika frågeställningar som skulle besvaras under examensarbetets gång.

- Vad ligger till grund för den nuvarande driftsäkerheten?
- Hur kan man öka driftsäkerheten?
- Kan underhållsarbetet förbättras vid jämförelse med klassiska driftsäkerhetsmetoder?

1.5 Rapportstruktur

Rapporten följer en strikt, linjär examensarbetsstruktur och kommer inledningsvis presenteras väldigt omfattande och systematiskt bli mer fokuserat allteftersom arbetet fortskrider. Kapitelindelningen framgår enligt figur 1.3 nedan.



Figur 1.3 – Linjär representation över rapportstrukturen.

I Kapitel 1 redogörs det för en kort introduktion till arbetet genom att presentera en grundläggande bakgrund för Pilkingtons situation och det tänkta syftet med rapporten. Kapitlet tar även upp de avgränsningar som gjorts samt en precisering av frågeställningen.

Kapitel 2 behandlar den teori och de metoder inom driftsäkerhet och underhåll som arbetet grundats på. Inklusive all kunskap och information som läsaren behöver för att förstå rapporten.

I kapitel 3 deklarerar de vetenskapliga metoderna för datainsamling som ansågs relevanta för arbetet, ett resonemang kring valet av metod samt tillvägagångssättet för arbetet.

Kapitel 4, nulägesanalysen, utgör majoriteten av arbetet och beskriver Pilkingtons operativa verksamhet och de processer som utgör tillverkningen och underhållet. Kapitlet har en tydlig struktur som inleds med en introduktion till företaget och dess historia och fortskrider sedan till att parallellt beskriva både tillverkningsprocessen och underhållsavdelningen. Slutligen deklarerar de driftsäkerhetsrelaterade undersökningsresultaten, t.ex. nuvarande TAK-värde, tillgänglighet, anläggningsutnyttjande, kvalitetsutbyte och relevant problematik som upptäcktes under analysens gång.

Kapitel 5 diskuterar de erhållna undersökningsresultaten och hur dessa kan förbättras.

Kapitel 6 summerar objektivt de slutgiltiga slutsatserna som arbetet utmynnade i.

2. TEORETISK REFERENS RAM

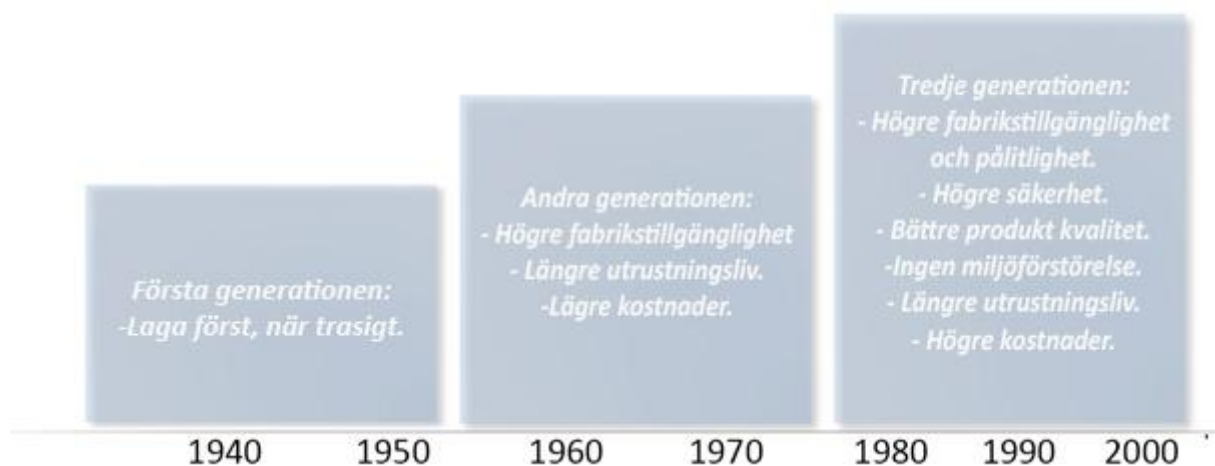
Syftet med detta avsnitt är att ge läsaren en ingående förståelse över särskilda begrepp.

Avsnittet behandlar den teori och de metoder inom driftsäkerhet och underhåll som arbetet grundats på.

2.1 Underhåll och dess historia

Underhåll är ett centralt begrepp inom industrier idag och förklaras utförligast genom J. Moubrays definition: *"...se till att fysiska tillgångar fortsätter att göra vad dess användare vill att de ska göra"*. (Moubray, 1997)

Under de senaste årtiondena har industrin utvecklats kontinuerligt, t.ex. har företag idag fler anläggningar, mer utrustning och fler byggnader som måste upprätthållas runt om i världen. Detta har även bidragit till att underhållet varit tvunget att utvecklas i takt med industrin, t.ex. nya underhållstekniker, nya lösningar samt nya synsätt på underhållsorganisationen och deras ansvar. Figur 2.1 nedan framställer hur underhållsteorin har förändrats genom åren.



Figur 2.1 – En kort grafisk representation av de olika underhållsgenerationerna. (Moubray, 1997)

Underhållets utveckling har delats in i olika generationer och anses idag nått sin tredje generation, denna började på mitten av 70-talet. Den första generationen varade fram till andra världskriget, där industrin förändrades drastiskt och därmed underhållet. Industrin och underhållet kan anses ha ett symbiotiskt förhållande.

2.1.1 Första generationens underhåll

Vid denna tid var inte industrin så välutvecklad och var till stor grad fortfarande beroende av manskraft istället för maskiner. De maskiner som existerade var ofta inte särskilt komplicerade och krävde därför inte mycket mer underhåll än rengöring, service och smörjning. Synen på underhåll under första generationen var att man lagar maskinen när den går sönder. (Moubray, 1997)

2.1.2 Andra generationens underhåll

Vid 1950-talet, i krigstid, hade industrin investerat mer i komplexa maskiner för att tillgodose det ökade behovet av varor och för att kompensera för den minskande arbetskraften. Detta ledde till ett förändrat underhållssynsätt, där industrin började förstå vikten av att minska stilleståndstiden. Konceptet förebyggande underhåll myntades, vilket på 1960-talet bestod av granskning av utrustningen vid givna tidpunkter.

Denna nya syn på underhåll bidrog till nyuppkomna kontinuerliga kostnader som med tidigare mentalitet inte uppstod, vilket resulterade i ytterligare utveckling av underhållsteknik. För att kompensera för de höga kostnaderna ökade de användningen av underhållsplanering och kontrollsystem, som fortfarande används idag. Den stora kapitalbindningen i anläggningstillgångar, samt en ökad kostnad för kapitalbindningen gav företagen en vilja att maximera livslängden för anläggningstillgångarna. (Moubray, 1997)

2.1.3 Tredje generationens underhåll

De driftstopps relaterade problem som under tidigare årtionden hade identifierats, t.ex. mindre produktionskapacitet, högre driftkostnader och mindre möjlighet att påverka kundservicen, förvärrades med den globala utvecklingen mot JIT-system.

Även JIT-systemen, vars syfte var att effektivisera industrin genom att delvis minska de lager av material som fanns i tillverkningskedjan, bidrog till en högre sannolikhet till driftstörningar. Detta p.g.a. att även små utrustningsfel nu kunde påverka hela kedjan. Vilket har lett till att tillförlitlighet och tillgänglighet idag är nyckelfaktorer inom ett framgångsrikt underhållsarbete.

Högre säkerhet är även en av de faktorer som är i fokus i den tredje generationens underhållsteknik. Detta beror huvudsakligen på att nutida lagar, restriktioner och krav på miljö- och säkerhet har närmat sig den punkt där företag antingen uppfyller dessa eller upphör att verka.

Högre automation har ökat svårighetsgraden att tillhandahålla en tillfredställande kvalitet, både på krav och på service. Detta beror på att en högre grad av automation bidrar till att fler fel kan uppstå, vilket i sin tur har lett till en mer utvecklad kvalitetskontroll och därmed en högre kvalitet.

Industrins investeringar i fysiska tillgångar har bidragit till ett mer ekonomiskt perspektiv på underhåll. Underhållet ska vara utformat på ett sådant sätt som maximerar avkastningen för att rationalisera de höga kontinuerliga kostnaderna. Vilket har gjort att underhåll är ett mycket centralt och högt prioriterat ämne.

Även forskning har fått oss att ändra synsätt på underhåll jämfört med vad vi tidigare trodde t.ex. vet vi att sambandet mellan fel och ålder inte är lika tydligt som vi trodde tidigare. En viktig slutsats som kan tas från detta är att alla traditionella underhållsåtgärder inte alltid är nödvändiga utan kan istället vara kontraproduktiva. Detta kan speciellt stämma när det handlar om förebyggande underhåll. Det är därför viktigt för underhållspersonalen att inte

bara lära sig att göra underhållsarbete på rätt sätt utan att mer behöver göras för att säkerhetsställa att jobben som är planerade verkligen behöver göras.

Idag finns det en uppsjö av underhållskoncept och det är därför viktigt för företagen att inte bara veta vilka dessa är utan även veta vilka som är värda att implementera i organisationen. (Moubray, 1997)

2.2 Avhjälpande och förebyggande underhåll

Inom underhållsteknik definieras det två olika varianter av underhåll; förebyggande och avhjälpande. (Johansson, 1997)

Förebyggande underhåll (FU) definieras som ”planerat underhåll vars syfte är att förlänga utrustningens livstid och undvika alla sorter av oplanerade underhållsaktiviteter”. Dessa oplanerade underhållsaktiviteter kan även benämnas som avhjälpande underhåll. FU kan förenklat förklaras och symboliseras med den årliga servicen som utförs på bilar, då vissa åtgärder måste utföras på regelbundna intervall för att hindra bilen från att haverera. Samma gäller för förebyggande underhåll i industrier. (Wireman, 2008)

Avhjälpande underhåll (AU) bildar därmed motsatsen till FU enligt definitionen ovan och uppstår när ett företag har ett bristande FU-program eller då det är omöjligt att förutsäga när ett fel kommer uppstå. AU är i detta skede det enda valet som existerar och utförs först när ett fel har inträffat. Grundtanken är att AU ska återställa systemet eller utrustningen till skicket det var i innan felet uppstod och inkluderar aktiviteter såsom; felsökning, reparation och verifikation. (WisegEEK, 2012)

AU används fortfarande idag i stor utsträckning, huvudsakligen p.g.a. som tidigare nämnts att företag har bristande FU-program. Det har identifierats tre stycken grundläggande faktorer som anses minska effektiviteten hos FU-program och därmed öka mängden AU.

- Första faktorn beror på att företag inte satsar helhjärtat på sina utvecklingsprogram eftersom de fel som uppstår inte är tillräckligt allvarliga. Det första hindret som de behöver överkomma är att gå ifrån en reaktiv till en proaktiv underhållskultur. De är vanligtvis förankrade i sin reaktiva kultur p.g.a. att de nuvarande underhållsteknikerna har bra reaktiva färdigheter, och därmed upplevs behovet av ett proaktivt arbete inte lika högt.
- Andra faktorn härstammar ifrån bristande underhållskunskap, t.ex. så saknar tekniker i många företag tillräckligt med ingående kunskap om utrustningen för att kunna identifiera fel i förhand.
- Den tredje, och den största, faktorn är att företag har en bristande kännedom om hur man metodiskt inför ett välutarbetat underhållsprogram. (Wireman, 2008)

2.3 Driftsäkerhet

Driftsäkerhet visar enligt Johansson ett systems förmåga att ge hög effekt när fel, störningar och begränsade underhållsresurser inte kan upprätthållas till önskad kvalitet och beror på tre olika parametrar. (Johansson, 1997)

- Funktionssäkerheten, mäter hur sannolikt det är att driften kan upprätthållas med mått som t.ex. MTBF.
- Underhållsmässighet, en faktor som beskriver hur välanpassad en komponent eller maskin är för underhåll. Det gäller både felupptäckbarhet, underhållsteknisk försörjbarhet och reparerbarhet.
- Underhållssäkerhet, visar på hur bra systemet är på att tillhandahålla underhållsresurser. Detta innefattar; underhållspersonal, reparationsutrustning, förråd, tekniska data och administration. Ett vanligt mått för underhållssäkerhet är MTW. (Johansson, 1997)

Funktionssäkerhet och underhållsmässighet är faktorer som kan påverkas vid konstruktion och projektering av ny utrustning och tillhör därför det tekniska systemet.

Underhållssäkerheten tillhör den andra delen av driftsäkerhet och bestämmer hur snabbt underhållsfunktionen kan åtgärda fel. Både det tekniska systemet och underhållssystemet måste fungera väl för att en hög driftsäkerhet ska uppnås. (Johansson, 1997)

Tillgänglighet är ett mått som beskriver sannolikheten att en enhet är i funktion vid en viss tidpunkt i ett givet tidsintervall. Denna sannolikhet kan beräknas genom värden ur funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet och beskriver därigenom olika mått på hur hög driftsäkerhet man lyckas uppnå.

Några exempel på uträkningar på tillgänglighet är inre tillgänglighet A_i , uppnådd tillgänglighet A_a och operativ tillgänglighet A_o . (Johansson, 1997)

2.4 Reliability centered maintenance (RCM)

I introduktionen till kapitlet definierades underhåll som aktiviteten att ”se till att fysiska tillgångar fortsätter att göra vad dess användare vill att de ska göra”, denna definition ligger även till grund för den formella definitionen av *Reliability Centered Maintenance*, eller funktionssäkerhetscentrerat underhåll, som lyder enligt följande:

”... en metodik som används för att bestämma vad som måste utföras för att säkerhetsställa att alla fysiska tillgångar fortsätter att göra vad dess användare vill att de ska göra i nuvarande driftförhållanden.” (Moubray, 1997)

Det existerar idag inget jämförbart eller konkurrensmässigt alternativ till RCM, vilket har gjort att det är ett av de mest fundamentala och välkända verktygen när det kommer till att utveckla och skraddarsy underhållsåtgärder. (Ylipää, 2012) (Moubray, 1997)

Dessa underhållsåtgärder, vars syfte är att förebygga eller eliminera fel, tas fram genom en grundlig analys av det system eller enhet som verktyget appliceras på. Systemet delas upp i sina komponenter som fel utvärderas för att uppskatta vilka av delarna som har störst betydelse för systemet. Slutligen tas relevanta underhållsåtgärder fram. Åtgärderna är huvudsakligen av förebyggande karaktär och syftar främst till att förebygga s.k. kritiska fel. Kritiska fel definieras som fel som orsakar driftstopp. Graden av hur kritiskt felet är bestäms av allvarlighetsgraden samt frekvensen.

Syftet med denna metodik kan väldigt förenklat delas in i 4 stycken olika grundpelare/hörnstenar:

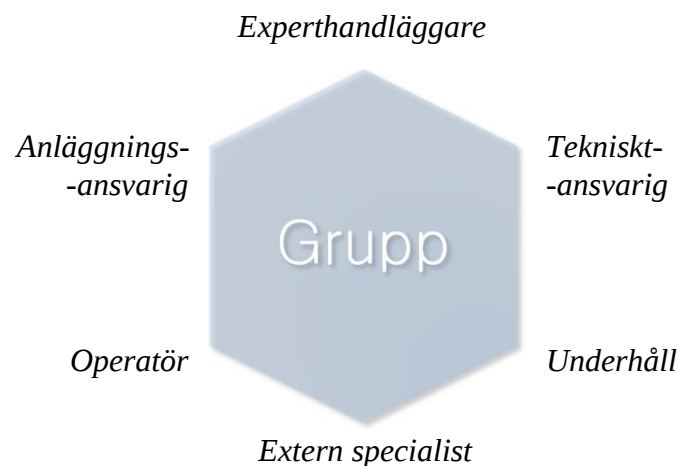
- *”Bedöma behovet av underhåll.*
 - *Styra behovet av underhållsåtgärder*
 - *Optimera underhållsaktiviteterna*
 - *Optimera mängden tidsbaserat förebyggande underhåll och dess underhållsintervall.”*
- (Ylipää, 2012)

Arbets sättet bakom RCM leder till höga kunskapskrav på den involverade personalen, både den administrativa (t.ex. ledningen, chefer, ekonomiansvariga o.s.v.) samt operativa (operatörer, driftpersonal, reparatörer, teamledare, osv.). Detta p.g.a. att det behövs tillförlitlig information om systemets olika komponenter samt för att till sist kunna välja den bästa underhållsåtgärden med avseende till kritiska faktorer såsom säkerhet, produktivitet samt kostnader. (Ylipää, 2012)

En korrekt utförd RCM-analys resulterar i huvudsakligen tre olika substantiella utfall och förändringar. Det första utfallet bör resultera i att underhållet tilldelas mer ansvar och utformar sina egna scheman, det andra bör resultera i att operatörsprocedurerna revideras, det sista bör resultera i en lista över komponenter där förändringar i konstruktion eller tillvägagångssätt behövs göras eftersom enheten inte levererar förväntad prestanda. Analysen medför även två andra utfall, dels att deltagarna lär sig hur enheten fungerar bättre samt en bättre samarbetsförmåga. (Moubray, 1997)

2.4.1 Implementering och analys.

Arbets sättet bakom RCM bygger till stor del på grupp- och samarbete så det initiala steget är därmed att bilda en grupp bestående av individer från olika positioner i företaget. Gruppen bör bestå av både administrativ och operativ personal, de bör dock alla ha en ingående förståelse i hur systemet/anläggningen fungerar samt vara utbildade i RCM-metodiken. Variation av gruppbeblandningen är rekommenderat eftersom de alla innehar en erfarenhet och kunskap som underhållsavdelningen vanligtvis saknar. Det är dock ett krav att minst en operatör och en underhållsansvarig är involverade. Figur 2.2 nedan representerar en standarduppsättning av individer i en RCM-grupp. (Moubray, 1997)



Figur 2.2 – Standarduppsättning av RCM-grupp.

En RCM-analys bygger på en väldigt grundlig enkät som består av sju olika standardfrågor. Dessa frågor som ska besvaras efter att gruppen har skapats, och första steget därmed utförts, är beroende av varandra och utgör en linjär process, d.v.s. så kan inte frågan besvaras om frågan innan inte har besvarats.

1. "Vilka funktioner och vilken prestanda skall maskinen ha?"
2. Vilka funktionsfel kan inträffa?
3. Vilka är de möjliga orsakerna till funktionsfelen?
4. Vad blir effekterna av funktionsfelen?
5. Vilken betydelse har varje fel?
6. Hur kan funktionsfelen förebyggas?
7. Vad skall göras om lämplig förebyggande åtgärd inte kan bestämmas?"

(Ylipää, 2012)

Innan det är möjligt för gruppen att påbörja arbetet behöver de först definiera på vilken utrustningsnivå som analysen ska utföras på, t.ex. ska de granska hela systemet, om inte, vilka komponenter ska de fokusera på samt hur ska detta urvalet ske?

2.4.1.1 Funktioner och prestanda.

Analysen börjar med att definiera vad användaren vill, har tänkt att systemet ska göra, samt säkerhetsställa att systemet är kapabelt till att utföra detta. Definitionen görs genom att sammanställa vilka funktioner som systemet består av, samt vilken prestanda som är associerade med varje funktion. Funktionerna bör sedan delas in i olika kategorier, vanligtvis används primära och sekundära funktioner.

- Primära funktioner: Funktioner som hamnar under denna kategori omfattar oftast av anledningen till varför enheten inskaffades, alltså det huvudsakliga syftet med enheten. Kategorin täcker t.ex. funktioner som hastighet, produktkvalitet, produktion, kundservice och lagringskapacitet.
- Sekundära funktioner: Omfattar oftast förväntade krav på enheten, t.ex. sådana som vanligtvis tas för givet. P.g.a. sin diversitet har sekundära funktioner även underkategorier, enligt följande: miljö (integritet), säkerhet/konstruktion (integritet), kontroll/inneslutning/komfort, utseende, skydd, ekonomi/effektivitet samt överflödiga funktioner. (Moubray, 1997)

Ibland är det även passande att inkludera en tredje kategori, som benämns skyddande utrustning. Denna kategori omfattar sådana funktioner som skyddar mot skada om någonting skulle inträffa. (Ylipää, 2012)

När funktioner beskrivs i en RCM-analys ska detta ske på ett särskilt vis, funktionen ska deklarerarar med ett verb, ett substantiv (ett objekt) och gärna ett begynnelseord, t.ex. ”att”. Tidigare nämndes att varje funktion ska vara associerad med en prestanda, annars är funktionen inte komplett. T.ex. att pumpa vatten från tank X till tank Y på inte mindre än 800 L/min. (Moubray, 1997)

På grund av sin djupgående karaktär bör detta moment, om korrekt utfört, ta upp ungefär en tredjedel av den avsedda tiden till RCM-analysen. Momentet är vanligtvis väldigt lärorikt, om utrustningen, för den involverade gruppen.

2.4.1.2 Funktionsfel

För att föra arbetet vidare ska nu möjliga funktionsfel som kan uppkomma identifieras. Ett funktionsfel definieras som oförmågan hos en tillgång att uppfylla sin utsedda funktion till en prestanda som är acceptabel för användaren.

Enligt RCM existerar det två olika sorters fel; delvisa och totala. Delvisa fel är fortfarande fungerande, dock så lever enheten inte längre upp till användarens ställda krav. Detta innebär även att enheten numera har en minskad felresistans och beror vanligtvis på förslitning eller andra externa förslitningar. Totala fel, innebär att enheten inte längre fungerar överhuvudtaget. (Moubray, 1997)

2.4.1.3 Felorsak

Nästkommmande steg är att försöka identifiera alla händelser som troligtvis kan orsaka fel, alltså möjliga felorsaker. De traditionella felen är normalt inbyggda fel orsakade av bruk och förslitning. Det uppstår däremot tidvis fel orsakade av felaktigt utförande, av huvudsakligen operatörer och underhållspersonal.

Här är det viktigt att fokusera på anledningar istället för symptom och granska felen i tillräcklig detalj. (Moubray, 1997)

2.4.1.4 Feleffekt

Feleffekter används för att beskriva vad som händer när ett funktionsfel uppstår, dessa beskrivningar ska innehålla all information som behövs för att undersöka konsekvenserna av felen. Följande information bör vara med: (Moubray, 1997)

- Bevis på att felet har uppstått
- På vilket sätt felet hotar säkerheten och/eller omgivningen
- På vilket sätt felet påverkar produktionen
- Vilken fysisk skada (om det finns någon) på utrustningen som orsakar felet
- Vad som måste göras för att reparera felet (Ylipää, 2012)

2.4.1.5 Felkonsekvenser

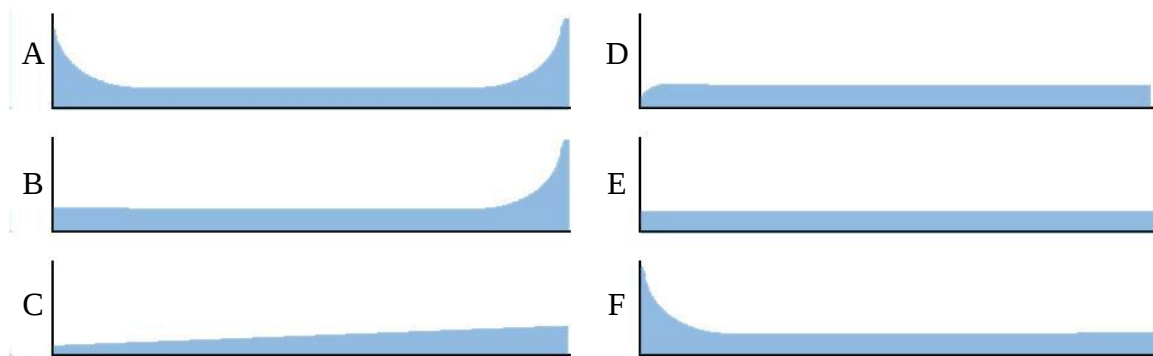
En av RMCs största fördelar är att metodiken baseras på att konsekvenserna av ett fel är mer betydelsefulla än de tekniska faktorerna bakom dem. T.ex. strävar inte RCM efter att förhindra fel endast för att förhindra fel, utan fokus bör ligga på att förhindra eller reducera de kritiska konsekvenserna som felen bidrar till. En detaljerad granskning av en industriell organisation medför oftast tusentals fel, varav vissa är betydelsefulla och allvarliga medan vissa bidrar till nästintill ingen negativ påverkan alls. Denna separation av fel bidrar till en proportionerlig värdering, d.v.s. att t.ex. ett företag är mer villiga att spendera tid och pengar på fel som anses vara kritiska. (Moubray, 1997)

RCM-analysen delar in felkonsekvenser i fyra olika kategorier:

- Dolda: Dolda konsekvenser har ingen direkt påverkan på enheten och omfattar oftast fel på den skyddande utrustningen. T.ex. om det uppstår ett dolt fel på skyddsutrustningen, uppstår det inget fel direkt, utan det inträffar först när något går fel med den primära enheten.
- Säkerhets/miljö relaterade: Säkerhetsrelaterade konsekvenser omfattar fel som bryter mot någon internationell, regional, företags eller nationell förordning och kan orsaka personskada eller död.
- Operativa: Operativa konsekvenser påverkar produktionen i ett företag, t.ex. produktionen, produktkvalitet, kundservicen eller kostnader för reparationer.
- Icke operativa: Kan även benämnas som diverse konsekvenser och omfattar endast reparationskostnaden. (Moubray, 1997)

2.4.1.6 Förebyggande åtgärder

Förebyggande, proaktiva, åtgärder som sker på rutinbaserade scheman har länge varit normen för industriellt underhåll. Idén är att förebyggande åtgärder ska förhindra och reducera mängden fel som uppkommer p.g.a. förslitning, korrosion, avdunstning och utmattning. Under de senaste tjugo åren har den industriella utrustningen blivit allt mer avancerad, vilket har lett till att underhållsarbetet blivit allt mer omständligt. Figur 2.3 nedan representerar olika sorters utrustning och dess sannolikhet för feluppkomst.



Figur 2.3 – En visualisering av olika sorters fel, där x-axeln representerar tid och y-axeln sannolikheten för fel. (Moubray, 1997)

Dessa diagram används för att förutsäga när fel inträffar, beroende på typ av utrustning. Detta möjliggör en mer detaljerad utgångspunkt när man ska applicera de förebyggande åtgärderna.

Diagram A visar den klassiska badkars-kurvan, som har en hög felfrekvens vid inkörningen samt mot maskinens slut. B symboliserar det ursprungliga tänket bakom förebyggande underhålls åtgärder, innan tillräckligt med år hade passerat och tillräckligt med data hade samlats in. Det antogs då att maskinen fungerade bra under normal drift i många år, tills alla åldersrelaterade problem började uppstå. C visar en stadigt ökande felfrekvens med åren, men ingen specifik ålder då problemen ökar exponentiellt. (Moubray, 1997) Dessa tre diagram representerar s.k. åldersrelaterade fel där det existerar ett tydligt sammanband mellan felfrekvens och ålder. (Ylipää, 2012)

De tre återstående felen saknar detta sammanband och benämns som icke-åldersrelaterade fel. Diagram D visar på en tydlig, låg, felfrekvens när maskinen är ny som sedan ökar fort och stabiliserar sig. E representerar en konstant sannolikhet och diagram F har en hög felfrekvens i inkörningsfasen.

Studier har visat att tekniskt avancerad utrustning inte är lika åldersberoende som man tidigare trott, detta innebär att sannolikheten för feluppkomst i teknologiska industrier representeras bäst av diagrammen E och F. Detta innebär att det har blivit svårare att applicera förebyggande underhåll på ett korrekt sätt, oftast innebär ett kontinuerligt rutinbaserat underhåll med enhetsutbyten även att sannolikheten för fel ökar eftersom cykeln börjar om vid inkörningsfasen. (Moubray, 1997)

De förebyggande åtgärder som RCM definierar är:

- Schemalagda restaureringsaktiviteter och schemalagda kasseringsaktiviteter: Dessa två åtgärder baseras på samma principer, nämligen att schemalagda tillståndskontroller sker vid rutinmässiga intervall. Vid kontrollerna kasseras antingen enheten eller så sker det en nytillverkning eller ombyggnad av den nuvarande beroende på vilken metod som är aktuell. Båda dessa metoder bortser totalt från enhetens nuvarande skick. P.g.a. tidigare nämnda anledningar används dessa tidsbaserade åtgärder allt mindre.
- Schemalagda tillståndsaktiviteter: P.g.a. de klassiska metodernas oförmåga att förhindra fel på viss utrustning, har det börjat växa fram ett nytt synsätt när det gäller att förebygga fel. Hörnstenen i detta synsätt baseras på att majoriteten av alla fel gör sig synliga, varnar, en tid innan de inträffar.
(Moubray, 1997)

2.4.1.7 Default åtgärder

De default åtgärder som RCM definierar är:

- Schemalagd inspektion: Denna default åtgärd bygger på att en funktion kontrolleras rutinmässigt för att kontrollera om ett fel har inträffat.
- Ingen schemalagd inspektion: Innebär att det inte görs någon ansträngning för att förhindra fel utan att enheten låtes köras tills den går sönder och därefter repareras.
- Omkonstruktion: Innebär att en modifikation utförs på antingen enheten eller tillvägagångssättet. (Moubray, 1997)

2.4.2 Vanliga fel vid RCM-arbete

Det allvarigaste och vanligaste problemet vid tillämpning av RCM metodiken uppstår vid feldatainsamlingen. Följande punkter bör därmed tas extra hänsyn till:

- Den data som finns dokumenterad berör ofta reparationen och därmed symptomen istället för orsakerna.
- Hur felet upptäcktes noteras inte alltid, vilket det bör göras, eftersom detta ger information som är användbar vid val av FU åtgärd.
- Felorsaker blir sällan härledda och ofta får individen som arbetar med statistik försöka härleda detta på egen hand.
- Felets konsekvens ”uppåt” i systemet beskrivs sällan, huvudsaklig fokus ligger på ”neråt”.
- Ofta noteras det ej vad enheten arbetade med när felet uppstod. (Johansson, 1997)

2.4.3 Fördelar

RCM har historiskt sett gett upphov till en rad olika positiva effekter hos företagen som metodiken har applicerats på. Många av dessa effekter är resultatet av samarbetet mellan olika avdelningar, som metodiken baseras mycket på. Följande fördelar är vanliga:

- Mängden FU kan reduceras eller ersättas med AU. Granskning av figur 2.3 visade att viss utrustning inte erhåller någon förbättrad felfrekvens vid förebyggande underhåll och därmed är en korrekt fördelning viktig att eftersträva.
- Mer punktinriktade underhållsinsatser istället för stora översyner vid bestämda tidpunkter.
- Mindre reservdelslager. (Johansson, 1997)
- Ökad säkerhet och mer involverat miljötänk.
- Ökad produktion (resultat, kvalitet och service).
- Kostnadseffektivare underhåll.
- Längre livstid på utrustningen.
- Större motivation hos personalen.
- Bättre samarbete. (Moubray, 1997)

2.4.4 Failure modes and effects analysis (FMEA)

En FMEA är en ingenjörsbaserad teknik som används, ofta i samband med RCM (Moubray, 1997) för att definiera, identifiera och eliminera kända eller potentiella fel. (Stamis, 2003). Detta gör metoden genom att definiera en enhets möjliga feltyper och felorsaker som kan påverka systemets funktion. (Ylipää, 2012) En FMEA är ett av de absolut viktigaste och effektivaste verktygen inom förbyggandeunderhållsbranschen och bygger mycket på mottot: *"Gör det bästa du kan, med vad du har"*.

Metoden bör utföras när:

- Nya system, konstruktioner, produkter, processer eller tjänster skapas.
- Existerande system, konstruktioner, produkter, processer eller tjänster genomgår en förändring.
- Nya tillämpningar upptäcks för nuvarande system, konstruktioner, produkter, processer eller tjänster.
- Nya förbättringar betraktas för nuvarande system, konstruktioner, produkter, processer eller tjänster. (Stamis, 2003)

När en FMEA väl har införts kan det betraktas som ett levande, dynamiskt, dokument som aldrig riktigt blir komplett. Dokumentet ska uppdateras kontinuerligt och så ofta som är nödvändigt med ny relevant information. Ett företag kan självklart anse att analysen är klar och sluta med förbättringsarbetet när de har identifierat alla möjliga feltyper, felorsaker och dess konsekvenser. Däremot kan FMEA-arbetet alltid återupptas och tillföras ny information. (Stamis, 2003)

2.5 Total productive maintenance (TPM)

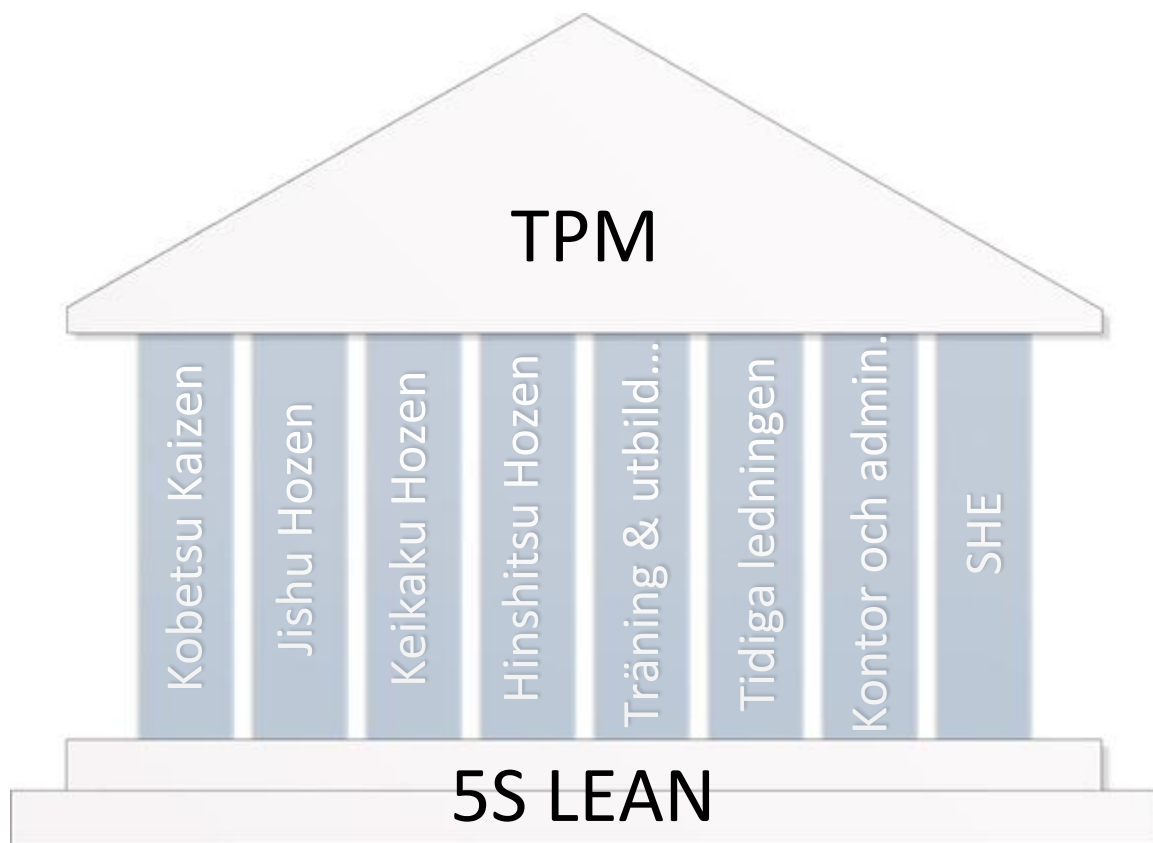
Total productive maintenance, eller totalt produktivt underhåll, kan liknas vid den medicinska vetenskapen för maskiner och är en kombination av Amerikanskt FU, och de Japanska koncepten TQM och total employee involvement. (Ahuja, 2011)

Syftet bakom tankesättet är att förbättra följande parametrar inom företaget: produktivitet, kvalitet, kostnad, leveranser, säkerhet, miljö och arbetsförhållanden. (Ylipää, 2012)

Metodiken, som ursprungligen presenterades 1971, har kontinuerligt förbättrats och utvecklats vidare under åren. Detta har lett till att det idag finns ett flertal olika definitioner och tillvägagångssätt att välja mellan. Gemensamt för alla dessa metoder är dock att öka effektiviteten. (Wireman, 2008) Nedan kommer två vanliga modeller att presenteras.

2.5.1 JIPM-Modellen

Figur 2.4 nedan representerar den mest aktuella och lättöverskådliga definitionen idag enligt JIPM:



Figur 2.4 – En visualisering av de olika beståndsdelarna i JIPMs förespråkade modell i form av ett klassiskt tempel. (JIPM,2012)

Modellen visualiserar TPM m.h.a. ett s.k. tempel där grunden, det mest fundamentala bakom konceptet, är de fem S som är lånade ifrån Lean Production. Dessa lyder:

- Seiri (sortera): Första steget handlar om att arbetarna ska sortera på den relevanta arbetsplatsen, t.ex. bänken, lokalen, hyllan, maskinen eller linjen, beroende på omfånget av implementeringen. Detta medför att värdefull arbetsyta kan frias upp genom att skräp, dokument, förpackningar, maskiner, utrustning och diverse saker som inte bidrar till produktionen rensas bort.
- Seiton (systematisera): Den utrustning och de material som lämnas kvar och bidrar till produktionen ska organiseras på ett sådant sätt att det förminskar transportsträckorna. Organiseringen bör vara så självklar och tilltala alla som behöver nyttja utrustningen på ett sådant sätt att de ska kunna hitta det de söker vid vilken tidpunkt som helst på dagen.
- Seiso (städa): Tredje steget handlar om renlighet och städning. Personalen ska här bestämma vilka områden som skall rengöras, hur de ska rengöras och till vilken nivå och standard. Medan operatörerna rengör ska de även granska utrustningens skick och försöka identifiera varningssignaler om möjliga driftstopp.
- Seiketsu (standardisera): I detta steg ska 5S stationer utvecklas och införas, de bör innehålla lämpliga förnödenheter såsom kvastar, moppar, trasor samt etiketter och tejp för färgkodning. Stationerna bör ha allt som behövs för att upprätthålla 5S-systemet. Ledningen ska även definiera hur mycket av personalens tid som bör användas till 5S.
- Shitsuke (Se till/sköt om): Det sista momentet behandlar hur företaget bör gå tillväga för att upprätthålla och förankra systemet i företaget. Nyckeln till framgång för detta anses vara engagemang från alla inblandade, t.ex. operatörerna, underhållsavdelningen samt ledningen. (Chapman, C.D, 2005)

På detta fundament vilar pelare som i sin tur representerar ytterligare moment, steg, som behöver utföras för att nå TPMs mål. Pelarna symboliserar:

- Kobetsu Kaizen (Fokuserat underhåll): Första pelaren fokuserar primärt på att eliminera haveri och fel förluster genom att noggrant analysera de rådande driftförhållandena. De ideala skicken för utrustningen fastställs samtidigt som underhålls- och inspektionsintervall utvecklas för att bibehålla utrustningen i bästa skick. Detta moment involverar operatörerna och linjecheferna. (JIPM, 2012)
- Jishu Hozen (Självständigt underhåll): Här sätts operatörerna i fokus genom att företaget delegerar dem underhållsansvar samtidigt som underhållspersonalen undervisar dem i hur deras utrustning bör skötas. (JIPM, 2012) Detta bidrar till ett bättre underhållsarbete samtidigt som specialist underhållsteknikerna får mer tid att spendera på värdeskapande arbeten samt reparationer. (Axxos, 2012)

- Keikaku Hozen (Planerat underhåll): När operatörerna sköter det dagliga underhållet frigör det tid hos underhållsavdelningen som kan spenderas på mer avancerade åtgärder. Under denna pelare, som fokuserar huvudsakligen på underhållsavdelningen, uppmuntras de till att undersöka förebyggande underhållsåtgärder för utrustningen. (JIPM, 2012)
- Hinshitsu Hozen (Kvalitets underhåll): Denna pelare fokuserar på produktkvalitet. Genom att undersöka och analysera kan man komma fram till och eliminera de underliggande anledningarna till kvalitetsfelen. Hinshitsu Hozen bygger på de 4M'n: Människan, materialen, maskinen och metoden. Dessa fyra faktorerna analyseras tills företaget producerar felfria produkter. Aktiviteter som berör kvalitet involverar kvalitetsavdelningen, produktionsingenjörerna och linjeledningen. (JIPM, 2012)
- Träning och utbildning: Detta moment poängterar vikten bakom att utbilda både underhålls- och operatörspersonal i diverse områden som t.ex. elektronik, hydraulik och pneumatik. Detta görs för att personalen ska få insikt i hur viktigt det är med smådetaljer, t.ex. att spänna skruvar och muttrar, utföra smörjning och upptäcka läckage. (JIPM, 2012)
- Tidiga ledningen: Pelaren hänvisar till perioden då innan en stabil produktion har uppnåtts. Momentet strävar efter att reducera tiden mellan utformningen av produkten till en stabil produktion genom att poängtera vikten bakom designval och val av utrustning som är enkel att utveckla samt att underhålla. Steget berör huvudsakligen utvecklings-, produktions- samt underhållspersonalen. (JIPM, 2012)
- Administration och kontor: Att införa TPM i ledningen kan ha stora fördelar. Pelaren uppmuntrar detta och visar på att stora delar av de föregående momenten även kan appliceras på ledningen. (JIPM, 2012)
- SHE (Säkerhet, hälsa och miljö): Den sista pelaren understryker vikten bakom att skydda sin omgivning och personal. Syftet med pelaren är att se till att personalen använder rekommenderad och lämplig skyddsutrustning. Den strävar också efter att eliminera störningsmoment som oljud, odörer och alla sorters utsläpp. (JIPM, 2012)

Detta tempel och dessa moment, om korrekt utförda, ska leda till att företaget uppnår de s.k. tre Z: Zero Breakdowns, Zero defects, Zero accidents. Dessa är de huvudsakliga målen med TPM.

2.5.2 Nakajimas ursprungliga modell

Det första företaget som använde sig av något som kan liknas vid TPM var Nippondenso i Japan, där grundidén var att anställda skulle vara delaktiga i det förebyggande underhållsarbetet.

Ofta anses Seichi Nakajima som personen som formulerade idéerna kring begreppet TPM, där det ursprungliga målet var “Continuously improve all operational conditions, within a production system; by stimulating the daily awareness of all employees”(Seiichi Nakajima, Japan, JIPM). Från detta har TPM utvecklats till många olika grenar men grunden är densamma, nämligen att arbetarna ska bli mer delaktiga i underhållsarbetet.

TPM kan idag beskrivas av tre olika delar, uppföljning av driftstörningar, operatörsunderhåll och förbättringsgrupper. (Ljungberg, 2000)

2.5.2.1 Driftsäkerhetsuppföljning

Driftsäkerhetsuppföljning är ett viktigt kapitel när man arbetar med att ständigt förbättra sin verksamhet, detta för att utreda och analysera vilka problem som är kritiska och t.ex. hitta flaskhalsar som motverkar en effektiv produktion. I detta kapitel kommer olika metoder beskrivas som används av många företag idag för att analysera och följa upp driftsäkerhetsproblem.

Måttet för att mäta en utrustnings totala effektivitet brukar på svenska kallas för TAK (tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte) och är ett nyckeltal på hur stor produktionseffektivitet man uppnår under mätperioden i procent. TAK är även en del i TPM och är där en grundsten för att kunna mäta och förbättra driftsäkerheten. (Ljungberg, 2000)

TAK värdet beräknas med följande formler:

$$\text{Tillgänglighet} = \frac{(\text{planerad drifttid} - \text{stopptid})}{\text{planerad drifttid}}$$

Tillgängligheten beskriver hur stor del av den planerade drifttiden som man kan producera på.

$$\text{Anläggningsutbyte} = \frac{\text{verklig produktion}}{(\text{planerad drifttid} - \text{stopptid}) * \text{maximal produktion}}$$

Anläggningsutbytet är ett mått som också brukar kallas för operationseffektivitet och beskriver förlusterna som uppstår när utrustningen inte kan hålla maximalt tempo.

$$\text{Kvalitetsutbyte} = \frac{\text{verklig produktion} - \text{kassation}}{\text{verklig produktion}}$$

Kvalitetsutbyte mäter hur effektivt man producerar varor, desto mindre produkter som kasseras desto högre blir kvalitetsutbytet.

$$\text{Total utrustnings effektivitet} = T * A * K$$

Totalutrustningseffektivitet är produkten av tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte och mäts i procent. Ett högt TAK värde visar på att man använder sin utrustning på ett effektivt sätt och ett lågt värde visar på att man kanske borde se över vilka förluster i produktionen som kan minimeras. Ett TAK värde som är i världsklass anses vara cirka 85 %. (Ljungberg, 2000)

2.5.2.1.1 De sex stora förlusterna samt förbättringsförslag

TAK-värdet begränsas till stor del på sex stora förluster, dessa är:

- Utrustningsfel och avbrott.
- Stålltid och justeringar.
- Tomgång och småstopp.
- Reducerad hastighet, förlängd cykeltid.
- Defekter i processen.
- Reducerat utbyte, uppstarts-förluster.

Följande kapitel kommer förklara vad förlusterna är samt olika förslag till förbättringar som rekommenderas för att minimera förlusterna. (Ljungberg, 2000)

- Utrustningsfel och avbrott:

Utrustningsfel och avbrott är stopptidsförluster och medför en minskad produktionstid när de inträffar, dessa påverkar därför tidstillgängligheten. Dessa kan variera i omfattning och antingen bero på allt från att hela utrustningen havererar till småfel som går snabbt att åtgärda. Felen kan kategoriseras in i sporadiska eller kroniska fel, där sporadiska fel är fel som sällan eller aldrig dyker upp men som orsakar haverier och kroniska fel är fel som är återkommande men mindre allvarliga. De kroniska felen kan bero på flera orsaker som konstruktionsfel eller att flera felaktigheter i maskinen tillsammans orsakar ett stopp.

För att minska utrustningsfelen bör man:

- Bevara utrustningens bastillstånd vilket sker genom rengöring, smörjning och åtdragning av fästelement.
- Bevara idealt drifttillstånd vilket i exempelvis ett hydraulsystem skulle innebära att man har kontroll över parametrar som oljetemperatur, tryck, renhet och kvantitet.
- Återställa felaktigheter och försämringar som uppkommer när utrustningen går sönder, vilket inte enbart innebär felaktigheter som uppstått direkt orsakade av felet utan även på annan utrustning och verktyg.
- Eliminera konstruktionssvagheter genom omkonstruktioner, via förbättringsgrupper.
- Höja personalens kompetens för att minska fel som beror på kunskapsbrist.

- Ställtid och justeringar:

Ställtid innebär tiden det tar att ställa om maskinen för en ny typ av produkt och justering innebär de justeringar som sedan krävs för att kunna producera normalt igen. Ställtiden kan delas upp i intern och extern omställning. Den interna omställningen görs på maskinen, som då måste stå still medan den externa omställningen görs vid sidan om maskinen utan att den måste stannas. Det är därför viktigt att utföra så stor del av omställningarna som möjligt externt, t.ex. genom att förbereda omställningen så mycket som det går samtidigt som maskinen producerar med t.ex. fixturer eller standardfästen. När väl den interna omställningen måste utföras finns det tre regler att följa för att minska omställningstiden:

1. Förbered allt väl, man ska inte behöva leta efter verktyg eller skruvar vid en omställning.
2. Flytta inte saker som inte behöver flyttas, det ska finnas gott med utrymme intill maskinen.
3. Använd inte fel delar eller verktyg.

Man bör också införa standardregler för att veta vilka delar som går åt vid en omställning så att dessa delar finns i lager vid omställning samt använda konsoler som är lätta att anpassa och justera vid maskinen.

Ett annat sätt att angripa omställningsförluster, som förbättringsgrupper använder sig av, är att filma förloppet och analysera hur man kan minska omställningstiden. För att minimera justeringarna ska man bryta ner varje steg i justeringen och utreda varför den är nödvändig, eventuellt kan en justering slås ihop med en annan.

- Tomgång och småstopp:

Tomgångsförluster är när maskinen t.ex. väntar på material och därför inte kan arbeta trots att det inte är något fel på den. Småstopp definieras som stopp som är mindre än fem minuter och kan i praktiken endast ta några sekunder att åtgärda men tar ofta längre tid eftersom operatören inte befinner sig på plats när felet inträffar. För att minska förluster från småstopp är det viktigt att veta vilka stopp som är vanligast och därefter angripa fel för fel.

- Reducerad hastighet, förlängd cykeltid:

Med reducerad hastighet menar man en förlust som uppstår p.g.a. att man inte kör maskinen i den hastighet som maskinen är konstruerad för. En orsak till att man kör maskinen med lägre hastighet än vad den är avsedd för är att det blir problem vid större hastighet, såsom t.ex. defekter i materialet. Det är därför man inte bör sänka hastigheten utan istället utreda orsaken till att det blir defekter i materialet. För att minska hastighetsförlusterna bör man veta vilka standarhastigheter som maskinen är konstruerad för och försöka upprätthålla denna.

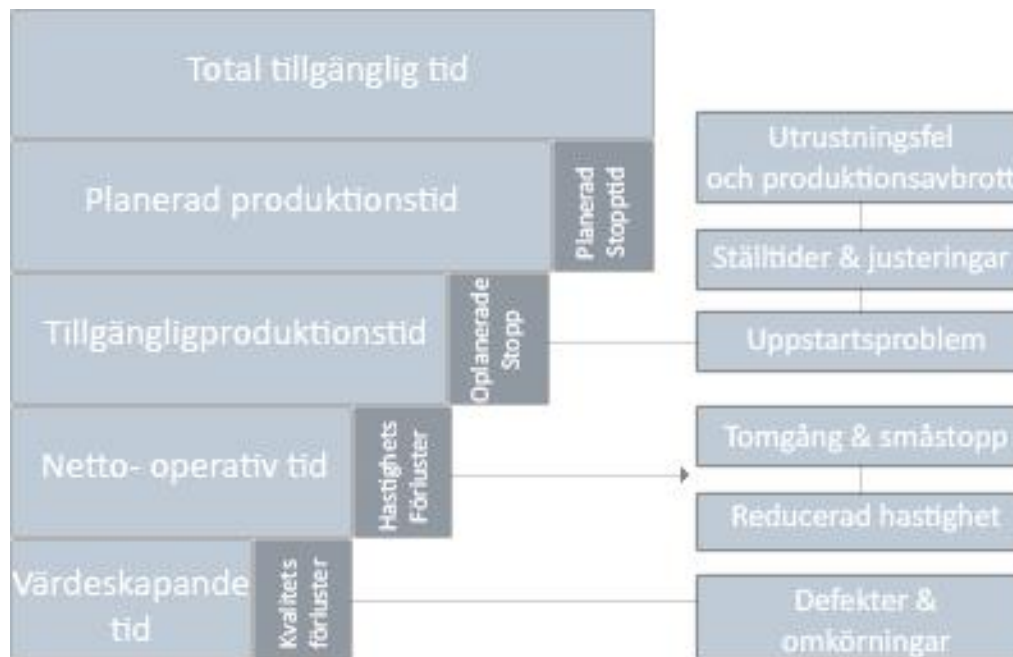
- Defekter i processen:

Med defekter menar man produkter som inte uppfyller de ställda kraven på dem och därför antingen måste kasseras eller omarbetas. Kassation är en stor förlust eftersom värdefullt material inte används. Även produktionstid förloras genom defekter eftersom produkten genomgått maskinerna och därmed förbrukat värdefull tid.

- Reducerat utbyte, uppstartsförluster:

Uppstartsförluster orsakas av när maskinen vid uppstart inte kan producera produkter med tillräckligt hög kvalitet tills processen stabiliserats. Detta kan bero på att maskinen är kall efter att den stått stilla ett tag eller omställningar. Här kan man skapa rutiner för att minska förlusterna som t.ex. att värma upp maskinen innan användning.

Måtten för total utrustnings effektivitet ses i figur 2.5.(Nord et al., 1997)



Figur 2.5 – En visualisering av de olika bestandsdelarna i nyckeltalet TAK.

2.5.2.1.2 De sju QC (quality control)- verktygen

Ett annat sätt att arbeta med störningar i produktionen är med de 7 qc-verktygen som ursprungligen kom till användning i Japan för att analysera information. Verktygen har blivit populära och används nu i stor utsträckning även i västvärlden. (Bergman & Klefsjö, 2007)

Verktygen är:

- **Datainsamling:** Detta är det viktigaste verktyget och en förutsättning för att en kvalitativ analys ska kunna genomföras. Data kan samlas in på många olika sätt, men för att få ett rättvist resultat bör syftet med datainsamlingen vara klargjort innan data samlas in.
- **Histogram:** Används för att grafiskt sammanställa klassindelad data, där varje klass får en stapel som anpassas efter det totala antalet mätningar. Histogram används ofta när det är stora mängder data som behöver analyseras.
- **Paretodiagram:** Är effektivt att använda när man vill belysa vilka fel som är allvarligast, data visas i staplar som är rangordnade i storleksordning från vänster till höger efter störst antal.
- **Fiskbensdiagram:** Detta åskådliggör orsakerna till ett visst fel genom att ställa upp problemet och sedan mer och mer detaljerat hitta orsaker till problemet, vilket leder till att det får ett fiskbensliknande utseende.
- **Stratifiering:** När data är insamlad och sammanställd kan det ibland vara svårt att se orsaker till varför problemen uppstår, då kan stratifiering vara en lämplig metod eftersom den bygger på att man ska jämföra data för att finna orsaken. Ett exempel skulle vara om man har två likadana maskiner och vill hitta orsaker och samband från variationer i data.
- **Sambandsdiagram:** I ett sambandsdiagram tar man hänsyn till olika faktorer för att hitta samband mellan dem, det kan t.ex. vara temperatur och slitage där man kan se att vid högre temperatur ökar slitaget.
- **Styrdiagram:** Visar kontinuerligt data från en process grafiskt och med bestämda styrgränser kan man vid störning se att linjen avviker från styrgränserna.

2.5.2.2 Operatörsunderhåll

Operatörsunderhåll innebär att man låter operatörerna underhålla sin egen utrustning i en viss utsträckning och är en del av TPM införandet. Genom att engagera och utbilda personal är målet att succesivt öka personalens ansvar för utrustningen, från att utföra enkla sysslor som rengöring, smörjning och inspektion till att tillslut ansvara för operatörsunderhållet självständigt. Denna process görs i sju steg där personalen utbildas progressivt och går från att i första steget utföra initialrengöring till att slutligen ansvara för operatörsunderhållet självständigt.

För att lyckas med operatörsunderhåll krävs det att hela företaget blir engagerat och arbetar med TPM. Samarbetet mellan underhåll och produktion måste förändras där operatörerna ansvarar för både drift och underhåll och använder underhållspersonalen som experter. Ledningen måste engagera sig och tänka långsiktigt och motivera personalen. (Ljungberg, 2000)

2.5.2.3 Förbättringsgrupper

Förbättringsgrupper är en del av TPM och syftet är att uppmuntra kreativitet och idéer för att lösa problem och skapa förbättringar och få användning av den kompetens som personalen besitter. Gruppen arbetar inte med ett projekt för att sedan upplösas utan arbetar bestående med en process, målet sätts högre hela tiden och syftet är att långsiktigt förbättra produktionsprocessen. Gruppen sammanträder veckovis och består till största del av operatörer och reparatörer, deltagande är inte frivilligt utan alla deltar. Förbättringsgrupperna inom TPM är företagsstyrda, vilket innebär att aktiviteterna sker strukturerat och kontrollerat samt inriktar sig ofta mot ett av dessa problemområden. (Ljungberg, 2000)

- Reducera förluster
- Minska omställningstider
- Minska småstopp
- Minska hastighetsförluster
- Ordning och reda
- Förbättrad produktkvalitet
- Förbättrad kommunikation och arbete

2.6 Computerized maintenance management systems (CMMS)

CMMS är idag en norm inom ett flertal olika variationer av industrier och har kontinuerligt utvecklats sedan 1960-talet, då företag började lagra information digitalt istället för i arkivskåp. Denna övergång skedde bitvis med evolutionen av datorer, då datorer och servrar blev kraftfullare och billigare med tiden, vilket har lett till att dessa system idag behandlar en mängd olika områden inom industrin. (Hernandez, 2001) Ett CMMS består vanligtvis av följande indelningar:

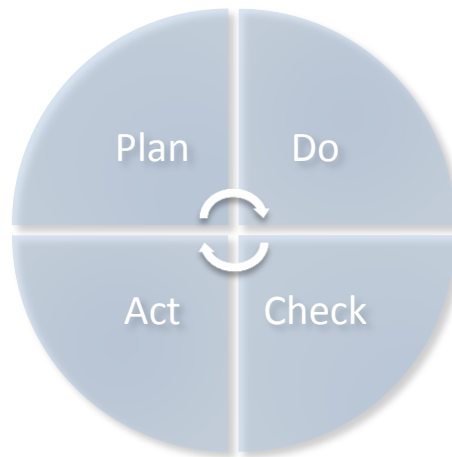
- *Förebyggande underhållsplanering:* Bör dokumentera vilka underhållsåtgärder som ska utföras, när de ska utföras, när de verkligen utfördes samt vad som gjordes.
- *Avhjälpan underhållsanalys:* Fastän företaget har ett bra förebyggande underhåll, uppstår det ibland problem som endast kan åtgärdas med avhjälpan underhåll. Denna punkt bör, för det avhjälpan underhållet, dokumenteras vilka underhållsåtgärder som ska utföras, när de ska utföras, när de verkligen utfördes samt vad som gjordes.
- *Underhållskostnadskontroll:* Systemet bör även dokumentera kostnaderna för underhållet samt ställa det i relation till budgeten.
- *Reservdelshantering:* Ett bra CMMS ska även övervaka reservdelslagret, genom att t.ex. kontrollera hur mycket som används och vad förbrukningen kostar.
- *Tillståndsovervakning:* Denna sortens övervakning används som grund för olika förebyggande underhållsåtgärder, särskilt för kritisk utrustning. Tillståndsovervakning är den metodik som används för att övervaka olika parametrar i processer, maskiner och viktiga komponenter. Det existerar många

olika parametrar att övervaka som kan indikera en komponents skick, beroende på utrustningen, t.ex. maskinvibrationer, oljenivå, oljesammansättning, motorströms variationer, IR termografi och temperatur vid belastning. (Sahoo, Liyanage, 2008)

CMMS är särskilt användbart när ett företag arbetar aktivt med TPM, då det bidrar med en grund för dokumentation av data. (Labib, 1998)

2.7 Underhållsprocessen

Underhållsarbetet, oberoende av vilken metod företaget arbetar med, bör framföras enligt traditionella förbättringsmetoder, t.ex. demingcykeln. (Johansson, 1997) Demingcykeln härstammar från 1950-talet och är ett beprövat synsätt för att införa nya förändringar. Modellen används i stor utsträckning i miljö-, kvalitets- och underhållsarbete. Figur 2.6 nedan visar Demingcykelns utseende.



Figur 2.6 – Den klassiska demingcykeln..

En demingcykel anpassad för underhållsarbete kan innehålla följande delar:

- ”Planera:
 - Bedöma omfattning.
 - Bestämma tidpunkt.
 - Reservera, anskaffa resurser.
- Gör:
 - Avhjälpande underhåll.
 - Förebyggande underhåll.
 - Tillståndsovervakning.
 - Modifiering.
 - Byte av utrustning.
 - Insamla 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.
- Lär:
 - Genom att upprepa cykeln flera gånger blir förbättringsarbetet bestående.”
(Johansson, 1997)

3. METOD

Detta kapitel kommer ge en inblick om vilka olika metoder som finns att använda inom studie och forskningssammanhang. Vidare kommer valet av metod att beskrivas och slutligen likaså det praktiska genomförandet.

3.1 Vetenskapliga metoder

Vid framtagande av ett examensarbete finns det ett flertal olika metoder som lämpligen kan användas för att få ett trovärdigt resultat. Detta kapitel kommer presentera några av dessa samt det slutgiltiga valet av metod för examensarbetet. (Björklund & Paulsson, 2003)

3.1.1 Explorativa, deskriptiva, explanativa och normativa studier

Det finns olika förutsättningar beroende på vilken typ av examensarbete man vill utföra. En explorativ studie, används då kunskapen inom området är begränsad och man söker en grundläggande förståelse inom området. En deskriptiv ansats innebär en beskrivande studie, där grundläggande kunskap redan finns och där syftet är att beskriva området utan att förklara relationerna. En explanativ ansats är en beskrivande och förklarande studie som har målet att samtidigt beskriva men också förklara djupare. En normativ studie kan tillämpas när information och kunskap redan finns inom området, där syftet är att hitta förbättringar och att vägleda. (Björklund & Paulsson, 2003)

3.1.2 Validitet, reliabilitet och objektivitet

För att ett arbete ska visa sig vara trovärdigt, tillämpas tre mått som beskriver trovärdighet. Med validitet menas hur effektivt man verkligen mäter det som är tänkt att mäta. Reliabilitet handlar om i vilken utsträckning studien uppfyller en repeterbarhet, t.ex. ett mätinstruments förmåga att ge upprepade resultat vid samma försök. Det sista måttet för en studies trovärdighet är objektivitet, vilket avser hur personliga värderingar påverkar studien. (Björklund & Paulsson, 2003)

3.1.3 Induktion, deduktion och abduktion

När man skapar sig förståelse under ett arbete kan man få denna antingen från egna slutsatser och empiri, ett sådant arbetssätt kallas induktion, där man formulerar teorin baserat på verklighetsstudier. Det andra arbetssättet för att skapa sig förståelse och formulera fakta bygger på att man först utgår från de teorier som finns och sedan verifierar dessa utifrån de observationer som gjorts, denna metodik kallas deduktion. En annan möjlig ansats är abduktion, vilket innebär att man växlar mellan induktion och abduktion under arbetets gång. (Björklund & Paulsson, 2003)

3.1.4 Kvalitativa och kvantitativa studier

Kvantitativ metodik bygger på att arbetet är av sådan karaktär, att informationen som samlas in kan mätas och sammanställas numeriskt. En sådan studie lämpar sig när man kan analysera resultaten med statistiska metoder. Kvalitativa studier är mer tillämpningsbara om studiens syfte är att undersöka ett ämne med t.ex. intervjuer och observationer, studien kräver mindre

struktur men generalisering är inte möjlig på samma sätt som med en kvantitativ studie. (Björklund & Paulsson, 2003)

3.1.5 Intervjuer

Intervjuer kan vara av ostrukturerad, strukturerad och semistrukturerad typ. En strukturerad intervju innebär att fördefinierade frågor ställs med svarsalternativ, denna form är lämplig vid insamling av data s.k. kvantitativ analys. En ostrukturerad intervju däremot bygger på öppna frågor och diskussioner, frågeföljden bygger ofta på intervjuarens och frågeställarens svar och frågorna är inte formulerade innan intervju utan anpassas av intervjuaren efterhand som intervjun fortlöper. Den sista typen av intervju, semistrukturerad intervju, liknar en blandning mellan de ovan nämnda typerna. Det finns ofta färdigformulerade frågor till hands men svarsalternativen är öppna, och frågeställaren kan välja ordningsföljden och anpassa frågor efterhand. (Björklund & Paulsson, 2003)

3.1.6 Vald metodik

Det första valet var vilken typ av studie som skulle genomföras, denna kan kopplas till syftet som var att på ett beskrivande sätt förklara rådande situation på företaget och hitta förbättringar. Vilket kan liknas vid en normativ studie med explanativa inslag. Arbetet valdes att vara baserat på observationer, intervjuer, statistik och teori inom driftsäkerhet. Arbetssättet som valdes var abduktion, eftersom en förståelse behövde skapas genom teori med verklighetsbaserade observationer för att undersöka företagets situation. Metodiken som valdes var i första hand kvalitativ eftersom en djupgående förståelse behövde uppnås genom intervjuer och observationer, med en del kvantitativa inslag där möjlighet fanns.

3.2 Praktiskt genomförande

Med grund från den valda metodiken, utfördes arbetet efter följande arbetsgång.

3.2.1 Studiebesök

Arbetet initierades med ett flertal studiebesök på Pilkington där syftet var att undersöka hur företaget arbetade, både med underhåll samt produktion. Under studiebesöken gjordes observationer och en kartläggning av verksamheten. Genom studiebesöken erhöles kontakt med både operatörer från produktionen och underhållspersonal.

3.2.2 Litteraturstudier

Litteraturstudierna genomfördes i syfte att sammanställa teori om den kunskap och de metoder som finns tillgängliga inom underhåll och driftsäkerhet idag. Studiernas syfte var att ge oss djupare insikt i ämnet och därmed kunna applicera det på företaget. Informationen inhämtades från böcker om underhållsmetodik och driftsäkerhet från Halmstad högskola samt Chalmers bibliotek. Vidare användes internet som källa dels genom artikelsökningar i databaserna från Charm och dels genom e-böcker som fanns tillgängliga via Chalmers bibliotek.

3.2.3 Intervjuer & Diskussion

Intervjuer har till stor del använts som informationskälla i arbetet, för att undersöka underhållsavdelningens rutiner och arbetssätt och för att kartlägga produktionsverksamheten.

Intervjumetodiken som har tillämpats är semi strukturerade intervjuer i form av diskussioner med vissa fördefinierade frågor.

För kartläggningen av produktionsverksamheten användes semi strukturerade intervjuer i form av diskussioner med vissa fördefinierade frågor. Anledningen till valet av denna intervjumetodik var dels p.g.a. att informationen som efterfrågades var av kvalitativ karaktär och därför var inte strukturerade intervjuer lämpliga och dels för att personerna som intervjuades skulle få möjligheten att tala så fritt som möjligt. Dessa semistrukturerade intervjuer skedde med tekniker och operatörer muntligt, där informationen sammanställdes skriftligt. Totalt genomfördes 8 semistrukturerade intervjuer, varav 3 var med operatörer och 5 med tekniker.

I arbetet användes även en semistrukturerad intervju med underhållschefen. Syftet med denna intervju var att samla in data och information om underhållet för att sedan jämföra underhållsmetodiken som förespråkas i teorin med Pilkingtons sätt att arbeta med underhåll. Anledningen till valet av semistrukturerad intervju grundades även här på att frågorna som ställdes skulle vara fokuserade på rätt områden, och därmed få ut så mycket kvalitativ information som möjligt. Intervjun skedde över telefon och spelades in, och transkriberades sedan.

3.2.4 Statistik

Genom Pilkingtons interna driftsäkerhetsuppföljnings dataprogram PROST gavs tillgång till statistik som använts i arbetet för att lokalisera problemområden i produktionen. Data som användes var baserat på ett tidsintervall på tre månader eftersom felstatistiken generellt visade på en regelbunden felstatistik över längre perioder.

3.2.5 Nulägesanalys

Med grund från studiebesöken, litteraturstudierna, intervjuerna och statistiken sammanställdes en nulägesanalys. I denna förklarades hur verksamheten var uppbyggd både generellt för företaget och mer detaljerat för beläggningsprocessen. Med informationen som inhämtades beskrevs också olika problemområden som förekom i beläggningsprocessen.

3.2.6 Förbättringsanalys

Med teorin som inhämtades från litteraturstudierna och den information som observerats i nulägesanalysen, analyserades Pilkingtons situation och förbättringsåtgärder föreslogs.

4. RESULTAT/NULÄGESANALYS

I detta kapitel beskrivs Pilkingtons operativa verksamhet och de processer som utgör tillverkningen och underhållet. Kapitlet har en tydlig struktur som inleds med en introduktion till företaget och dess historia och fortskrider sedan till att parallellt beskriva både tillverkningsprocessen och underhållsavdelningen. Till sist deklarerar de driftsäkerhetsrelaterade undersökningsresultaten.

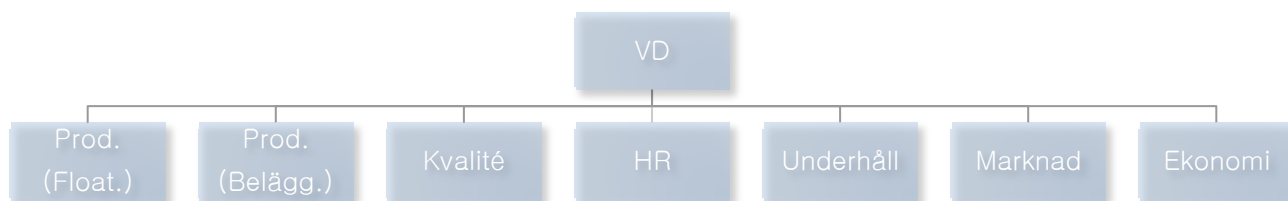
4.1. Företagsbeskrivning

Pilkington Floatglas AB, tidigare börsnoterat på Londonbörsen mellan 1970 – 2006, är idag ett dotterbolag till NSG (Nippon Sheet Glas) Group. Pilkington Floatglas AB grundades år 1826 i Stor Britannien som ett partnerskap mellan familjerna Greenall, Bromilows, Bell och Pilkington och gick då under benämningen ST. Helens Crown Glass Company, efter staden där företaget grundades; ST. Helens. Som namnet framhäver tillverkade de huvudsakligen kronglas (månglas), vilket var en tillverkningsmetod som baserades på handblåsning av en glas sfär som sedan skars upp och genom rotation drevs ut till en plan glasskiva. (Pilkington, 2012) (Byggnadsarv, 2012)

Denna tillverkningsmetod övergavs successivt av Pilkington mellan sent 1830- och tidigt 1840-tal till fördel av den snarlika cylindermetoden som byggde på samma principer om glasblåsning, men istället för en glas sfär användes en glascylinder som skars upp sidledes och veks ut för att skapa plana glasskivor. (Byggnadsarv, 2012)

År 1952 utformades idén av Alastair Pilkington som skulle leda till den idag industriledande metodiken för tillverkning av högkvalitativt och kostnadseffektivt glas, nämligen Floatglasprocessen. Denna idé tog ungefär 7 år att implementera i en kommersiell skala och kostade cirka 80 miljoner pund. (Pilkington, 2012)

22 år senare, 1974, konstruerades industrianläggningen i Halmstad efter att Pilkington insett vikten att etablera en Floatglascentral i norra Europa, bl.a. för att tillhandahålla glas till den Svenska bilindustrin. Fabriken har idag ca 270 anställda och är Nordens enda floatglasfabrik. Fabriken kan väldigt simplificerat och överskådligt sägas bestå av följande delar: Floatglaslinje, beläggningslinje, underhållsavdelning samt administrativ avdelning. Alla avdelningar kan ses i figur 4.1 nedan. (Pilkington, 2012)



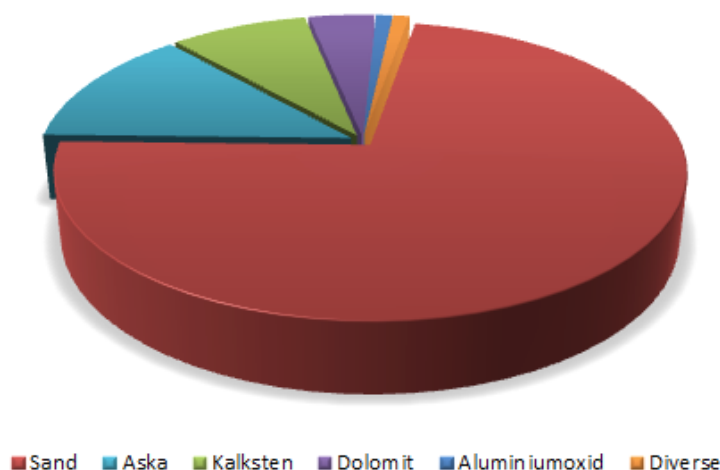
Figur 4.1 – Hierarkisk representation över Pilkingtons organisation.

4.2. Processer och materialflöde

Detta avsnitt beskriver detaljerat de två olika produktionslinjerna inom företaget, floatglas- och beläggninglinjen, samt hur materialet flödar inom fabriken.

4.2.1. Floatglasprocessen

Floatglasprocessen är uppbyggd i ett flertal olika steg varav det första är beblandningen av råvarumaterialen, kompositionen som Pilkington använder består av 72,6 % sand, 13 % soda, 8,4 % kalksten, 4,0 %, dolomit, 1 % aluminiumoxid samt 1 % diverse andra material. Detta visualiseras i figur 4,2 nedan.



Figur 4.2 – Visar fördelningen av material i floatglas.

Blandningen förser sedan en långvarig (50 timmar) och sammanhängande smältprocess, bestående av en zonseparerad ugn tempererad till 1500 °C, med ett kontinuerligt flöde av material. Smältprocessen består av tre olika linjära processer; smältning, raffinering och homogenisering, dessa processer sker i ugnens olika zoner och är ett resultat av den höga temperaturen. Detta steg är oerhört viktigt för den slutgiltiga kvalitén på glaset, eftersom dessa tre processer tillsammans med en högkvalitativ komposition av råvaror påverkar antalet luftbubblor och antalet fel i glaset. (Pilkington, 2012)

Ur ugnen rinner glassmältan, tempererad till 1100 °C, sedan i ett kontrollerat flöde ner på en bädd av flytande tenn. P.g.a. den stora viskositetsskillnaden beblandas inte materialen, utan glassmältan flyter parallellt ovanpå tennet, vilket innebär att kontaktytan mellan materialen blir nästintill perfekt. En perfekt kontaktyta innebär även en perfekt yta på den slutgiltiga produkten, vilket har nästintill eliminerat behovet av slipning och polering som äldre metoder krävde. Användningen av flytande tenn kan dock vara problematiskt, eftersom tenn har en tendens att oxidera, vilket kan motverkas genom att tennbädden utsätts för en artificiell högtrycksatmosfär bestående av kväve och väte. (Pilkington, 2012)

Efter tennbädden transporteras glassmältan vidare på ett rullband in i en meterlång kylugn där massan glödgas. Avspänningsglödning är en värmebehandlingsprocess där man med hjälp av långsam avkylning, vanligtvis under 500 – 600 °C, avlägsnar eventuella spänningar i materialet som uppstod under smältprocessen. En möjlig konsekvens till de eventuella spänningarna är att glaset kan spricka när det beskärs. (Pilkington, 2012)

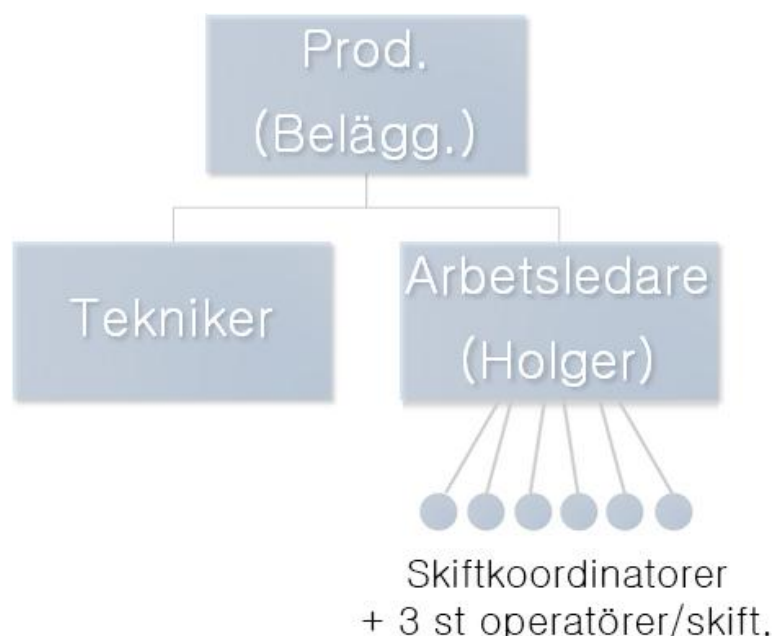
Storleken på glasskivorna ifrån floatglasprocessen bygger på två variabler; tjocklek samt antal kvadratmeter, vanligen är standardmåttet på glasskivor: 6*3,210 meter. Glassmältans tjocklek bestäms genom att kontrollera flödet från blandningskammaren till tennbadet samt genom hastigheten på transsportrullbandet. Tjockleken ligger vanligtvis inom intervallet 0,4 – 25mm. Innan glaset beskärs kvalitetkontrolleras glasskivan, eftersom det emellanåt uppstår oundvikliga fel orsakade av yttre omständigheter. Sista steget är avlastningen, vilket sker vid tre olika tillfällen beroende på glasskivans ändamål. Om skivan är avsedd för bilindustrin plockas den av vid det första tillfället och förflyttas ner till en station avsedd speciellt för bilindustrin, om den är avsedd för byggindustrin plockas den av vid det andra tillfället och förflyttas över till beläggningslinjen, om den är avsedd för lagret fortsätter den till den sista stationen vid floatglaslinjens absoluta slut. (Pilkington, 2012)

4.2.2. Beläggningsprocessen

I nedanstående kapitel kommer processen för att belägga glaset beskrivas övergripande. Inledningsvis beskrivs uppbyggnaden av beläggningsavdelningen, varefter processen för att belägga glaset och vilka maskiner som är inblandade kommer beskrivas i detalj.

4.2.2.1 Uppbyggnad

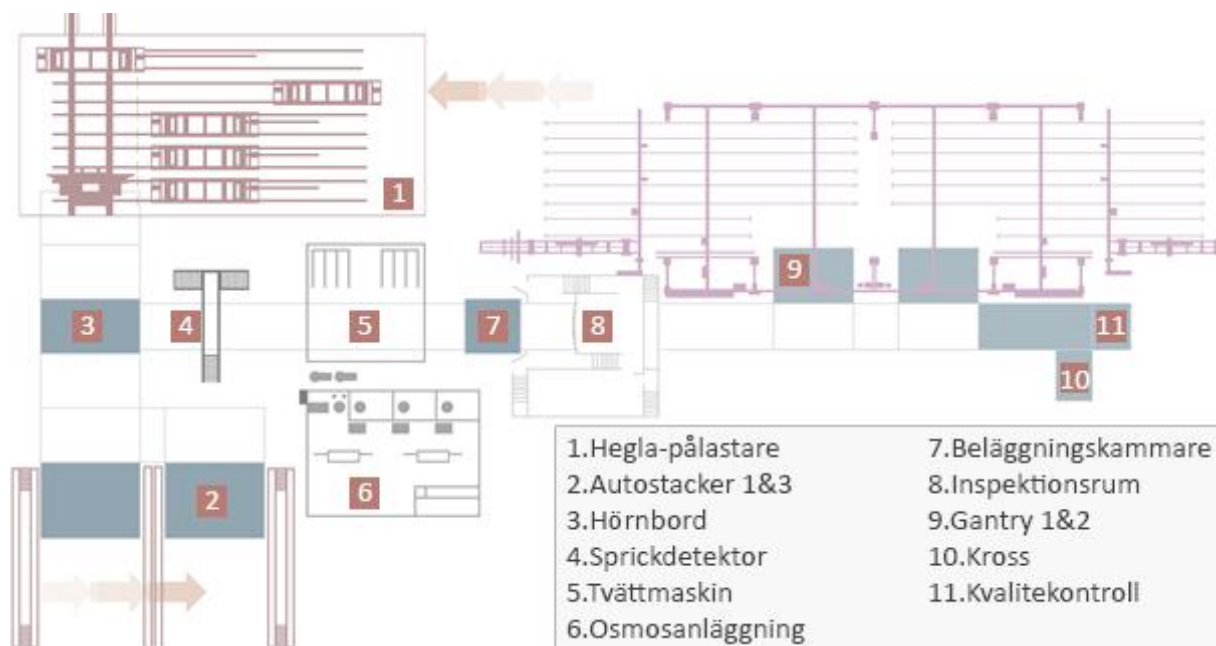
Syftet med beläggningsprocessen, är att ändra glasets egenskaper. Dock istället för att traditionellt manipulera glasets mekaniska egenskaper, genom t.ex. härdning eller dylikt, belägger man glasskivans yta med tunna skikt av olika ämnen. Detta leder till att man kan kontrollera värme- samt ljustransmissionen, vilket möjliggör en större kommersiell användning.



Figur 4.3 – Hierarkisk representation över Pilkingtons produktionsorganisation.

Produktionsavdelningen som belägger glaset är organisatoriskt konstruerat med en chef, fyra tekniker och en arbetsledare. Arbetet är skiftbaserat med tre operatörer per skift och en skiftkoordinator, dessa rapporterar i sin tur till arbetsledaren. Detta kan överskådligt ses i figur 4.3 ovan. Totalt är det därmed 24 stycken operatörer som arbetar på beläggningsavdelningen, med kontinuerlig drift, vilket innebär att produktionen konstant är i drift. Skiftsystemet innebär att produktionschefen endast träffar varje operatör en gång på sex veckor. (Pilkington, 2012)

Beläggningslinjen, där beläggingsprocessen utförs, är uppbyggd av ett flertal olika huvudmoment: pålastning, tvättning, beläggning, kvalitetskontroll och avlastning. Dessa olika moment är sedan sammankopplade med traditionella transportband. Bilden nedan (figur 4.4) beskriver linjen och visar de olika maskiner som behövs för att utföra de olika momenten samt hur dessa samarbetar. För att överskådliggöra linjen har även momenten grupperats in i följande sektioner; pålastning, mittsektion och avlastning. Detta kan ses i figur 4.4 nedan.



Figur 4.4 – Förenklad ritning över beläggningslinjen.

Linjen kan ses som ett kontinuerligt flöde av glasskivor där varje skiva är beroende av en annan. Detta beror till största del på att produktionslinjen körs på en hög kapacitet, vilket innebär att glasskivorna är väldigt tätt packade i flödet, vilket leder till små tidsmarginaler om någonting skulle gå fel. T.ex. så existerar det endast en upplaga av majoriteten av maskinerna på linjen, vilket leder till att om en stannar så stannar alla. Hastigheten och tätheten på flödet är baserat på vilken order som körs för tillfället, alltså vilken kombination av material som beläggingskammaren använder.

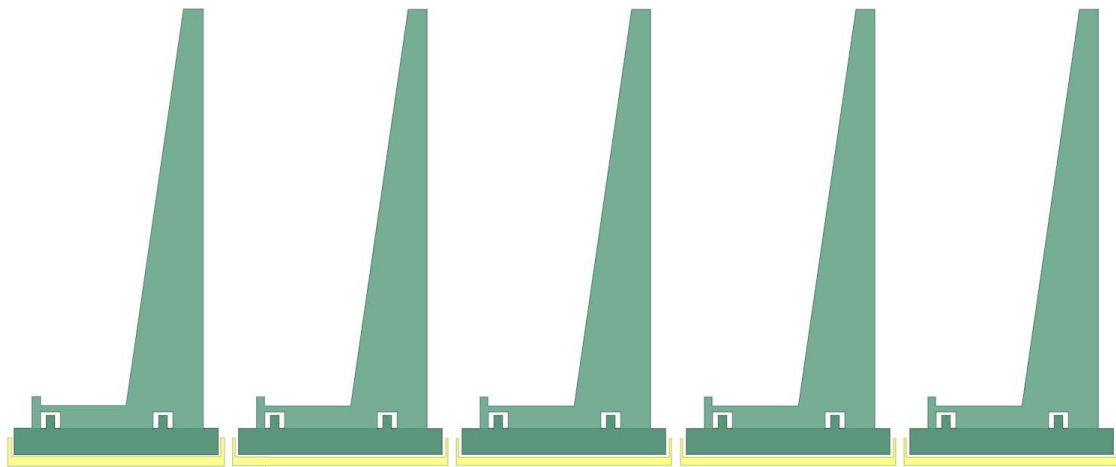
4.2.3.2 Pålastning

Det finns två alternativ för att tillgodose behovet av glas i beläggingsprocessen, dels genom autostacker 1 och 3 som hämtar glas direkt från floatglasprocessen och dels genom att använda sig av glas från lagret genom Hegla-pålastaren.

Hegla-pålastaren är beroende av extern tillförsel av glas i form av stora stativ som måste transporteras från lagret till pålastningsområdet. Dessa stora gröna stativ fyllda med glas är konstruerade på ett särskilt sätt, de består nämligen av två olika delar. Dels en metallisk L-formad rygg vars uppgift är att tillhandahålla stöd och skydd till glasskivorna och dels en tung

bottenplatta vars uppgift är att stabilisera stativet. Denna konstruktion används eftersom det möjliggör enkel anpassning och utbytesmöjlighet av ryggarna, de är nämligen endast förankrade i varandra genom pinnar i metall.

Stativen lastas upp på s.k. vagnar i pålastningsområdet, det existerar fem stycken olika benämnda vagn 110-115 (se figur 4.5 nedan). Funktionen av dessa vagnar är att underlätta pålastningen av glas samt att stabilisera flödet. T.ex. om glasskivorna tar slut i ett stativ, kan vagnen som stativet står på förflyttas ut medan Hegla-pålastaren försätter att hämta glas från någon av de andra vagnarna. Detta eliminerar stopptider som annars hade uppkommit vid varje byte.



Figur 4.5 – Förenklad ritning över beläggningslinjens glasstativ.

Från området förflyttas sedan glaset maskinellt från de vertikala stativen till det horisontella transportbandet. Detta sker utan att glaset skadas eller repas genom att pålastaren använder sig av vakuumsugproppar för att lyfta glaset i stället konventionella metoder för lyftning, t.ex. griper, tänger eller klamrar. Förflyttningen sker genom traditionell hydraulik.

Autostacker 1 och 3 som står på motstående sida av transportbandet, är konstruerade likt Hegla-pålastaren och bygger på samma principer, skillnaden är dock att de förflyttar glas direkt från floatglaslinjen till beläggningslinjen. Detta innebär att de är mer beroende av varandra och kravet på kommunikation mellan linjerna är därmed högre. P.g.a. att floatglaslinjen är lokaliserad ett antal meter ifrån beläggningslinjen behövs det längre transportband jämfört med Hegla-pålastaren. Dessa är benämnda conv. 101 – 115.

Dessa två olika pålastningsmetoder skapar två separata flöden av glas som möts upp vid ett transportband som benämns hörnbordet (conv. 116) vars enda syfte är att centralisera och sammanslå glasflödet inför sprickdetektorn som är nästa steg. Funktionen av sprickdetektorn är självförklarande, den kontrollerar att glasskivorna är hela och om de godkänns transporteras de vidare in i nästa sektion.

4.2.3.3 Mittsektion

Mittsektionen består huvudsakligen av beläggningsskammaren, men innan dess måste glaset passera igenom en tvättmaskin eftersom den tunna beläggningen är känslig mot smuts och partiklar. T.ex. kan minsta hårstrå eller dammtuss på glasskivan påverka kvalitén. Parallellt med tvättmaskinen står även osmosanläggningen, vars syfte är att rengöra och filtrera vatten för att sedan förse tvättmaskinen med rent vatten.

Därefter transporteras det rena glaset på conv. 117 – 121 till fyra olika förberedande steg inför beläggningsskammaren, dessa förberedande steg som benämns K1 – K4 sänker gradvis atmosfärsnivån. Detta sker genom att externa pumpar ”suger” ut atmosfären ur kamrarna, vilket är viktigt eftersom beläggningsprocessen sker i absolut vakuum och denna atmosfärsnivå inte kan uppnås direkt.

Därefter beläggs glaset, vilket görs med en teknik som kallas ”*vacuum magnetron sputtering*”. Det finns idag två olika sätt som Pilkington sputtrar glaset på, det ena är PVD (Plasma Vapour Deposition) och det andra är CVD (Chemical Vapour Deposition). Tekniken som utnyttjas på Pilkington i Halmstad är PVD. Den kan grundläggande beskrivas med att joner bildas i en gasplasma och accelereras sedan på ett mål vilket resulterar i att material från målet lossnar och fastnar på glaset. Plasman som bildas med en gas, t.ex. argon tillförs sedan i vakuum och styrs med ett magnetisk fält. Genom att variera använd gas, mål och spänning kan man lägga en mängd olika material på glaset, allt från rena metaller till oxider. Varje kammare förser således glaset med en viss typ av material och en viss tjocklek på materialet. Genom att kombinera olika material, bildas beläggningar på glaset som antingen absorberar eller reflekterar olika våglängder av ljus. På så sätt kan man tillsätta glaset den egenskap man vill ha. (Pilkington, 2012)

När glaset fått önskvärd beläggning går det sedan vidare till manuell inspektion, som sker i operatörsrummet som är beläget ovanför linjen. Detta möjliggör för de närvarande operatörerna att granska glasskivan från sin arbetsstation genom ett inspektionsfönster. Operatörsrummet innehåller även en mängd olika datorskärmar som presenterar all information relaterad till beläggningslinjen, all denna information ger operatörerna ett ansvar över dels kvalitetskontroll av glaset samt över hela linjens olika funktioner. Om någonting skulle gå fel, antingen med linjen eller om glaset skulle vara bristfälligt, är det operatörens uppgift att rapportera detta och vidta korrekta åtgärder. När glaset godkänns transporteras det vidare till avlastningssektionen.

4.2.3.4 Avlastning

Den slutgiltiga sektionen inleds med att glasskivorna går igenom den s.k. lucitanläggningen som belägger dem med ett tunt skikt av lucit. Detta ämne är ett vitt pulver som kan liknas vid potatismjöl i sin konsistens och används för att skydda glaset mot repor vid transporter och kan lätt tvättas av när skivorna nått sin destination.

När skivorna har passerat lucitanläggningen transporteras de på transportband, benämnda conv. 300 – 310, till avlastningsmaskinerna Gantry 1 och 2. På transportband conv. 303 finns även ett roteringsbord som roterar glasskivorna kring sin egna axel beroende på vilken order

som körs. Roteringsbordet gör alltså så att skivorna antingen flödar med kortsidan eller långsidan först. Detta görs eftersom det existerar order som måste paketeras på ett specifikt sätt.

Gantry 1 och 2, som utgör majoriteten av avlastningssektionen, är konstruerade och bygger på samma principer som Hegla-pålastaren. De lyfter alltså glasen med hjälp av vakuumsugproppar och förflyttar dem sedan med hjälp av hydraulik. Gantry 1 och 2 hämtar glasen från transportbanden, där gummiremmar hjälper till att lyfta glasen upp på den s.k. vakuumramen (där vakuumsugpropparna är lokaliserade). Maskinen staplar sedan skivorna i vertikala stativ, samma stativ som användes vid pålastningen. Dessa transporteras sedan till sina avsedda destinationer.

De glasskivor som inte är avsedda för avlastning transporteras ner till linjens absoluta slut, där de antingen kvalitetskontrolleras vid ett specifikt kontrollbord eller kasseras i en glaskross.

4.2.3.5 Produktion Rapportering Order Statistik(PROST)

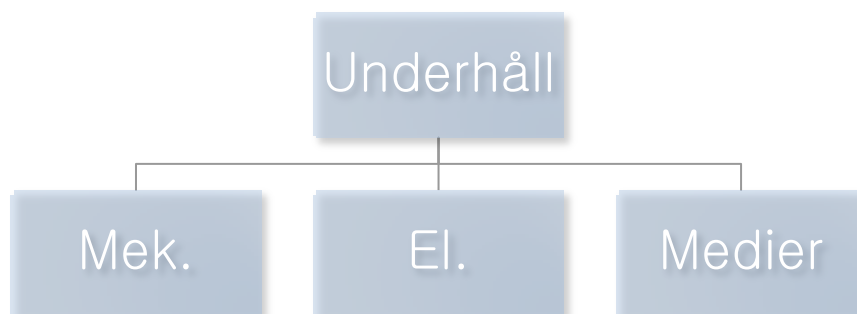
Produktionsmätningssystemet som tillämpas på Pilkington heter PROST. I detta system finns det fördefinierat de olika felen som kan uppstå på linjen, systemet innehåller även all statistik och information relaterat till uppkomna fel såsom: vid vilken tidpunkt felet uppstod, hur länge det varade, orsaken till uppkomsten samt feltyp. Systemet behandlar även alla order, antal producerade enheter, antal kasserade enheter och resterande information som behövs för att räkna ut TAK-värdet för den specificerade tidsperioden. Denna beräkning utförs automatiskt och åskådliggör all relevant information för användaren. Detta bidrar till att det är enkelt och användarvänligt att granska information såsom: TAK-värde, uptime, utbyte samt tillgänglighet på linjen. Systemet utvecklades ursprungligen av en dataingenjör och två chefer anställda på Pilkington, men eftersom dataingenjören valde att sluta så finns det idag ingen support och möjligheter till utveckling av programmet är begränsat.

4.3 Underhållsverksamheten

Detta kapitel kommer beskriva underhållsavdelningens uppbyggnad, vilka metoder som tillämpas för underhåll och vilka målsättningar företaget arbetar efter.

4.3.1 Organisationen

Underhållsverksamheten på Pilkington kan beskrivas med en platt organisationsstruktur, med en ansvarig underhållschef och tre respektive chefer som ansvar för varsin avdelning på underhållet. De respektive avdelningarna är elektriska, mekaniska och media. Elektriska avdelningen har således hand om underhåll och reparationer för elektronik, mekaniska för mekaniska fel och media ansvarar för arbetet som är kopplat till gas, olja, tryckluft, VVS och bygg. Underhållsavdelningen på Pilkington, inkluderat alla underkategorier, består totalt av 44 personer och uppbyggnaden beskrivs i figur 4.6.



Figur 4.6 – Hierarkisk representation över Pilkingtons underhållsorganisation.

4.3.3 Arbetssätt och underhållsmetoder

Följande kapitel kommer att beskriva de metoder underhållsverksamheten tillämpar idag för att förebygga fel, förbättra och anpassa underhållsarbetet.

4.3.3.1 Systems, Applications and Products in Data Processing (SAP)

SAP är det affärssystem som Pilkington brukar. Affärssystemet bygger på att företaget SAP anpassar ett datoriserat affärssystem för att hantera olika delar av företaget. Affärssystemet som Pilkington använder innehåller moduler relaterade till ekonomi, personal, inköp, administration, lager, försäljning, underhåll och produktion.

Underhållet hanteras således av en modul i SAP som är väldigt omfattande och ansvarar t.ex. för deras underhållsprogram, deras underhållsplan, statistik över när tidigare reparationer utförts, vad som utfördes och under hur lång tid. Underhållsmodulen tillhandahåller även personalen i de olika avdelningarna med rutinmässiga förebyggande underhållsåtgärder som ska utföras under särskilda perioder. Dessa perioder kan t.ex. variera mellan en dag, en månad, ett år eller fem år men planeras oftast veckovis. Syftet med underhållsmodulen är att koordinera underhållsarbetet på ett överskådligt sätt.

4.3.3.2 Tillståndsbaserat underhåll

Pilkington arbetar med tillståndsbaserat underhåll för att upptäcka fel och kunna anpassa det förebyggande underhållsarbetet, metoden har anpassats efter företagets behov under cirka två års tid. Tillståndsbaserat underhåll innebär att istället för att endast utföra regelbundna tidsbaserade åtgärder är åtgärderna istället baserade på utrustningens tillstånd, och inspektioner ska leda till att man upptäcker fel innan de inträffar. Dessa tillståndsbaserade inspektioner utförs bl.a. av värmekameror för att granska kylningen i de olika linjerna, med vibrationsmätning som indikerar vid fel och med manuella inspektioner där glas kontrolleras med människans sinnen såsom lukt, syn och hörsel.

4.3.3.2 TPM

TPM är idag en central del av Pilkingtons underhållsarbete och infördes för ca 6 år sedan. De gick då från ett reaktivt haveribaserat underhåll till ett mer proaktivt förebyggande underhållsarbete.

Pilkington använder inte någon specifik fördefinierad modell av TPM, utan använder en egendefinierad version av den ursprungliga modellen. Deras vikt ligger i första hand på operatörsunderhåll och driftsäkerhetsuppföljning.

Deras operatörsunderhåll involverar alla individer vid produktionslinjerna, vilket innebär att dessa personer är med och utför underhåll på de maskiner som är relevanta för dem. De ansvarar för att utföra åtgärder såsom nermontering, blästring, reparationer samt montering. D.v.s. sådana åtgärder som kan klassificeras som grundläggande underhåll. De anställda som utför dessa åtgärder har fått en grundläggande utbildning i TPM, det finns även dem som har fått en mer detaljerad och specifik utbildning på hur vissa delar av underhållet ska utföras. Det mer avancerade underhållet och felsökningen ansvarar däremot underhållspersonalen för.

Pilkington anser att TPM-arbetet har haft ett positivt resultat och specifikt på beläggningslinjen där operatörsunderhåll används i störst utsträckning. Framförallt har det haft positiva effekter på engagemanget hos de anställda som tagit bättre hand om sin utrustning, troligtvis p.g.a. en annan känsla av ägarskap.

4.3.3.2 RCM

RCM-arbetet är för tillfället i sin uppstartningsfas, där det planeras att sammanställa en RCM-grupp bestående av personer ifrån olika områden inom företaget. Denna grupp ska vara med och utföra en s.k. ”kritikalitetsanalys”, där de ska granska vilka maskiner som är kritiska, d.v.s. de som har högst felfrekvens. Utifrån denna information ska de sedan granska maskinerna och analysera varför de går sönder och utforma åtgärder för att förhindra detta. När analysen är genomförd är deras nästa steg att se över vilket värde de har på utrustningen och vad de hade kunnat göra annorlunda genom att t.ex. granska felhistoriken.

Deras arbete planeras, likt TPM-arbetet, kan ses som en nerbantad version av RCM. Detta huvudsakligen p.g.a. att RCM är en väldigt omfattande modell som tar lång tid att utföra. Genom att fokusera modellen på några få nyckelfrågor, anser dem att genom att bruka ett

cykliskt arbete uppnå ett bättre resultat. Ett mindre arbete, utfört fler gånger, anser dem vara mer kostnadsproduktivt.

4.3.4 Målsättning och visioner

För att bedriva ett aktivt och välfungerande underhåll är det viktigt att mäta centrala nyckeltal och att ha konkreta målsättningar. Pilkington har ett väl fungerande underhåll och har nyligen gjort valet att fokusera på ett tillståndsbaserat underhåll. Detta innebär därmed att de kommer ha en djupare inriktning mot mätning av viktiga nyckeltal i framtiden.

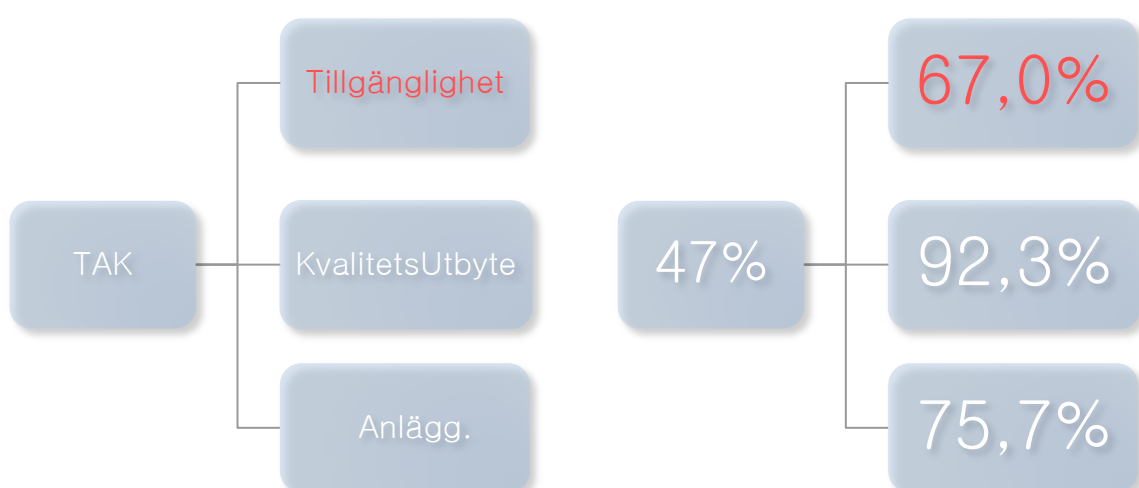
Redan idag mäts det ett flertal olika relevanta faktorer, t.ex. utdebiteringsgrad, relationen mellan förebyggande och avhjälpande underhåll, kostnad för haverier, OEE-värde o.s.v.

- De har som målsättning att sträva efter en utdebiteringsgrad på 80 %, vilket innebär att varje person på underhållsavdelningen ska skriva sin arbetstid mot en arbetsorder. T.ex. att 80 av de 100 timmar som en individ arbetar ska ligga mot en arbetsorder.
- Pilkington strävar även efter att kostanden för haverier ska ligga under 20 %.

Pilkington har en långsiktig femårig underhållsstrategi som behandlar hur de ska driva sitt underhållsarbete vidare, varav mycket berör deras val att fokusera på ett tillståndsbaserat underhåll, t.ex. ta till sig ny teknik för att förbättra sin mätningspotential.

4.4 Driftsäkerhet och problemområden

Vid granskning av olika tidsperioder framkom det att linjen uppvisar en relativt regelbunden felfrekvens, vilket innebär att en längre tidsperiod inte gav uppkomst till så pass mer precis statistik att det rättfärdigade att behandla en längre period. Därför behandlades endast en tidsperiod på tre månader istället för t.ex. ett år eller mer.



Figur 4.7 – Visualisering över nyckeltalet TAK.

För tidsperioden 1 mars-31 maj som undersöktes så låg TAK-värdet för beläggningslinjen på 47 % och dess beståndsdelar: tillgängligheten på 67,0 %, anläggningsutnyttjandet på 75,7% och kvalitetsutbytet på 92,3%. Tak värdet visualiseras ovan i figur 4.7.

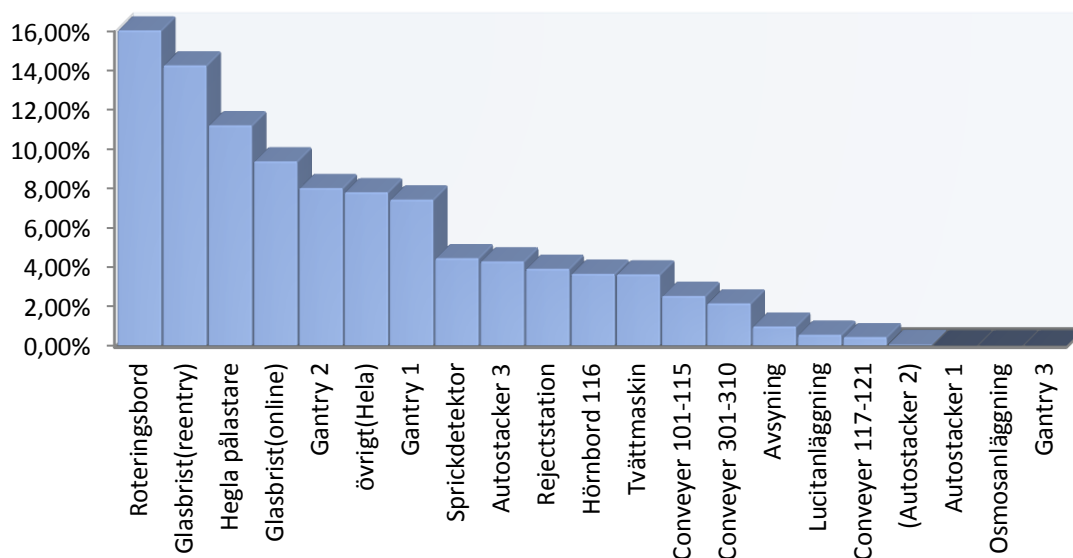
4.3.1 Övergripande problematik

Följande problematik har identifierats genom intervjuer, diskussioner och möten med operatörer och ledning:

- *Processen är invecklad*, maskinen som krävs för att lägga skikten på glaset är oerhört komplicerad och om inte de tekniska förutsättningarna är perfekta, t.ex. rätt atmosfärtryck i kammaren, så blir beläggningen otillfredsställande. Därför måste man ha högutbildad personal samt dyra maskiner som är svåra att ersätta.
- *Stora produktvariationer*. Ett stort antal olika produkter behövs för att kunna erbjuda kunderna vad som efterfrågas och vara konkurrensmässiga, dock leder produktvariationerna till att det blir många omställningar och olika processer, vilket leder till produktionsstopp.
- *Produktionen är maximerad i beläggningsprocessen*, vilket leder till att varje stopp är förlorad tid som oftast inte går att producera igen vid ett annat tillfälle.
- *Produktionen är beroende av andra delar i linjen*, t.ex. om det uppstår ett avbrott på ett transportband så kan det drabba hela beläggningsprocessen under tiden bandet står stilla. Därför är även små fel viktiga att ta hänsyn till.
- *Utrymmet räcker inte alltid till i lagret*, vilket kan leda till att utrustning och glas inte alltid står på avsedd plats, vilket i sin tur leder till logistiska problem.
- *Pilkington påverkas av omvärldsfaktorer och en global marknad*, därmed är priset på glas hårt pressat, vilket medför att produktionen måste vara väldigt effektiv.

4.3.2. Problematik med kringutrustningen

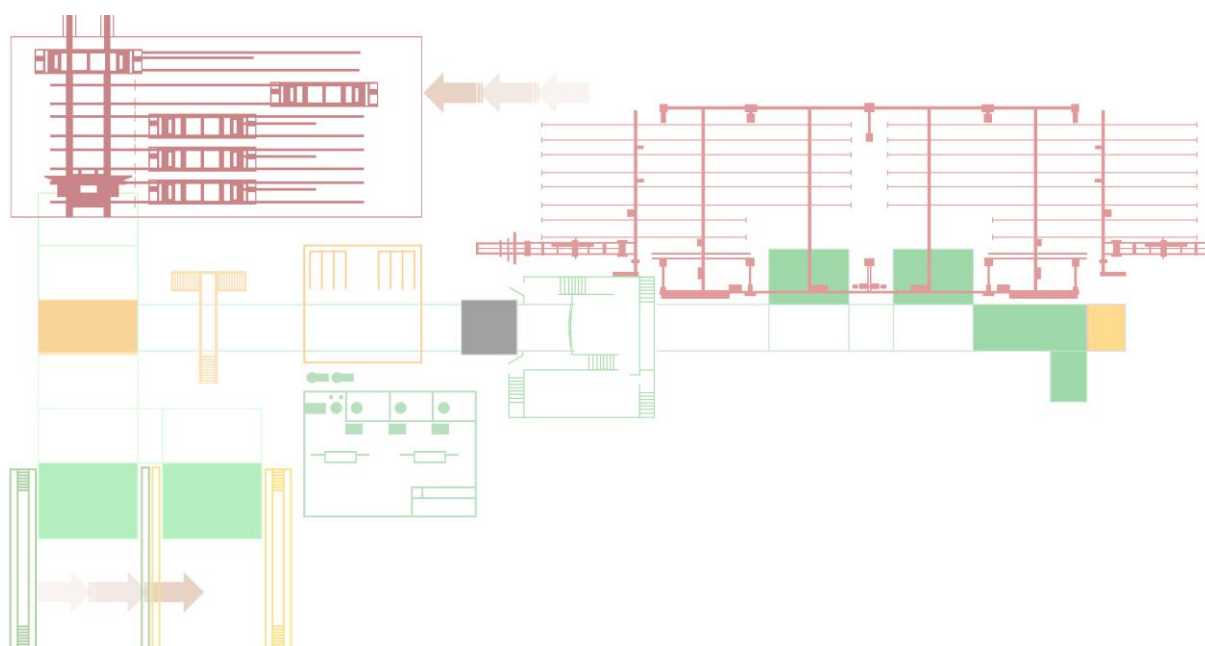
En förhållandevis stor del, 30,6%, av alla stopptider orsakas av kringutrustningen i beläggningsprocessen. Dessa processer är som tidigare nämnt inte särskilt komplicerade men orsakar ändå många småfel som kan få hela linjen att stanna. Felen tar generellt inte lång tid att åtgärda och beror på ett flertal olika varierande anledningar. Nedan visas ett diagram över felfördelningen hos kringutrustningen (se figur 4.8).



Figur 4.8 – Felrepresentation över de olika felen som uppstod i den uppmätta perioden.

Diagrammet visar att de allvarligaste felen under den uppmätta tidsperioden var roteringsbordet, glasbrist från lagret (reentry), glasbrist från floatglaslinjen (online), Hegla-pålastaren, Gantry 1, Gantry 2 och övrigt (hela). Resterande fel utgjorde en liten del av stopptiderna hos kringutrustningen, och i relation till hela beläggningslinjen var de fel under 5 % nästintill obetydelsefulla och därmed bör fokus ligga på de kritiska felen.

Denna felfördelning är representativ för beläggningslinjen året om, förutom roteringsbordet som innehar ett förhöjt värde p.g.a. en engångsföreteelse som tog lång tid att åtgärda, därmed tillhör inte roteringsbordet de kritiska felen. Figur 4.9 nedan är en visualisering över beläggningslinjen med färgkodning enligt felfördelningen ovan.



Figur 4.9 – Förenklad, färgkodad, ritning över beläggningslinjen

4.3.3. Felidentifiering

För att kunna förbättra och analysera felen och varför de uppkommer behöver de först identifieras:

- *Glasbrist:* Felet glasbrist innebär att glas av olika anledningar inte lyckats levereras till beläggningslinjen i tid. Detta sker vid två olika scenarion beroende på aktuell order. Antingen sker det genom s.k. reentry där glasbristen uppstår när lagrat glas i form av glasstativ inte levereras i tid till Hegla-pålastaren eller så uppstår det online, när autostacker 1 & 3 inte kan hämta glas från floatglaslinjen. Dessa fel är de mest förekommande felen i kringutrustningen med sammanlagt 120 stycken olika feltillfällen under den uppmätta perioden. (Se bilaga 1)

Felen definieras som rent logistiska och beror på varierande orsaker. Vanligtvis beror glasbrist online på bristande kommunikation mellan floatglaslinjen och beläggningslinjen samt att floatglaslinjen har egna stopptider som kan hindra dess glasflöde och därmed inte kan tillhandahålla beläggningslinjen tillräckligt med glas när det behövs.

Vid glasbrist reentry är det huvudsakligen transporten från lager till pålastningsavdelningen som ligger till grund för problemet. Anledningarna är varierande, men av samma karaktär, t.ex. att glasstativen som behövs för ordern står på felaktig plats.

Fel av denna karaktär är även svåra att följa upp eftersom logistiska fel inte är lika konkreta som elektriska eller mekaniska och därmed är dokumentationen över dessa fel bristande.

- *Hegla-pålastaren:* De stopptider som uppstår vid pålastningen är vanligtvis mekaniska fel såsom att: vagnarna som stativen står på inte fungerar korrekt, en fot på stativen lyfts, vakuumsugpropparna behöver bytas ut eller bräckage uppstår. Generellt kan man säga att driftstoppen som felen orsakar sällan överstiger en timme men är många till antalet. (Se bilaga 1)
- *Gantry 1 & 2:* Maskinerna som fungerar som avlastare är också högt representerade i felstatistiken, även här är felen vanligtvis konkreta mekaniska fel såsom att: en givare inte fått signal om att glaset har passerat givaren, att det blir repor på glaset när de lyfts upp på vakuumramen m.h.a. remmar, vagnarna som stativen står på inte fungerar korrekt, glaset som körs två och två har delat på sig, apparaturen som transporterar glaset i x-led fungerar inte korrekt eller att vakuumsugpropparna behöver bytas ut.

Generellt har felen som uppstår i kringutrustningen en del gemensamma drag:

- Stoppen orsakas ofta av ett flertal olika varierande anledningar.
- Stoppen är svåra att förutspå.
- Felen går ofta snabbt att åtgärda, den genomsnittliga stopptiden är bara 12,9 min/fel.
- Felen är många till antalet, i den uppmätta perioden uppstod det totalt 332 dokumenterade fel.

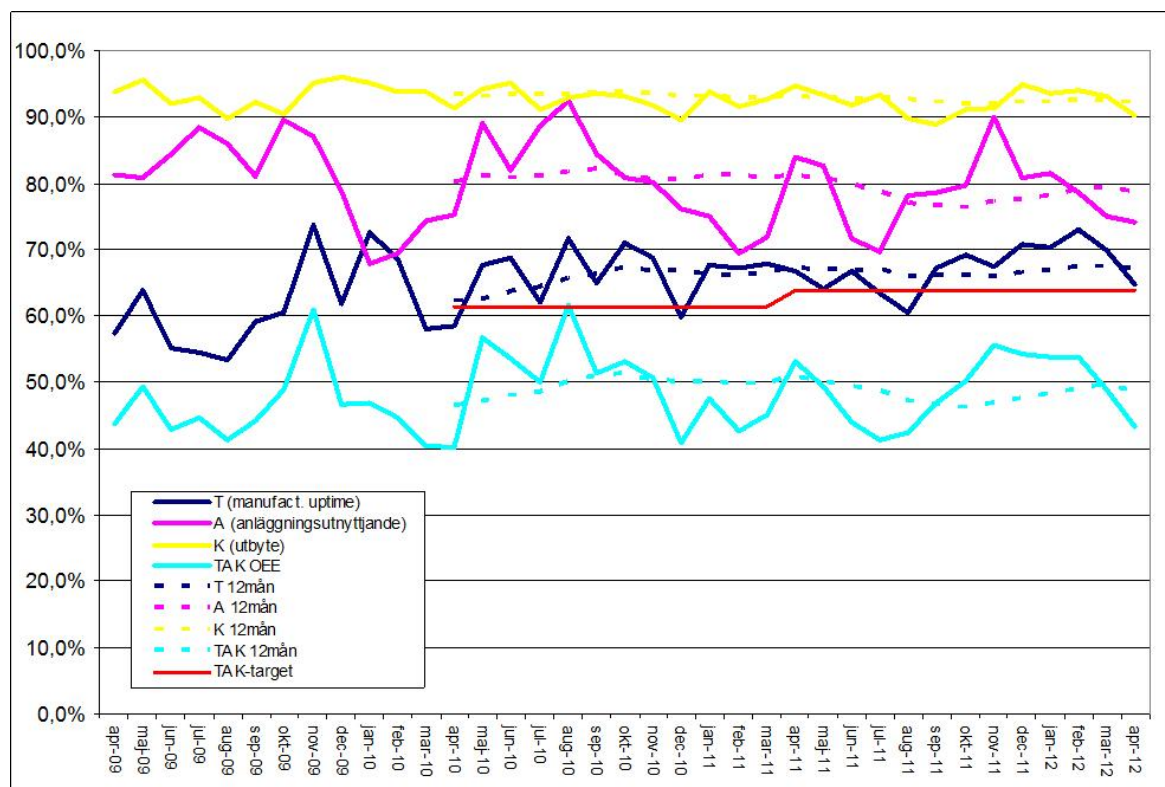
5. DISKUSSION

I detta avsnitt kommer undersökningsresultaten behandlas, likt kapitlet ovan är resultaten från beläggningslinjen och underhållsavdelningen separerade för överskådlighetens skull. Kapitlet syftar till att presentera lösningar och förslag på hur Pilkington kan förbättra sin nuvarande driftsäkerhet.

5.1 Grundförutsättningar

Det är viktigt i OEE-sammanhang att vara medveten om att en fabrik i världsklass med ett utmärkt underhåll innehar ett OEE-värde på 80 - 85 %. För att bidra till ett utökat perspektiv, är det även värt att känna till att medelvärdet för alla operativa fabriker i världen ligger på 60 %. (World Class OEE, 2012)

Figur 5.1 nedan visar att Pilkingtons genomsnittliga OEE-värde fluktuerar runt 50 %.



Figur 5.1 – Utrustningseffektivitet under en för specificerad period

Diagrammet visar även att under de bra månaderna ligger värdet på strax under och vid vissa tillfällen strax över 60 %. Detta innebär att Pilkington har kapaciteten att vara bättre än resten av världen, vilket tydligt även är målet (TAK-target) med förbättringsarbetet.

Detta uppställda mål på strax över 60 % har historiskt uppstått när anläggningsutnyttjandet fluktuerat runt 90 % och när uptime stigit över 70 %. Kvalitetsutbytet har en jämn och stabil hög nivå.

Den tidigare behandlade perioden, 1 mars – 31 maj 2012, visade att det skulle behövas en ungefärlig förbättring med 10 % på OEE-talet för att uppnå målet. I nästkommande kapitel kommer det att ges konkreta förslag, baserat på data som har samlats in, på hur detta kan åstadkommas.

5.2 Förbättringsförslag (Beläggningslinjen)

Som tidigare konstaterats är många av de problem som Pilkington står inför idag svårlösta, komplicerade och kräver orimliga lösningar.

Kringutrustningen upptar en betydande del av driftsäkerhetsproblematiken i beläggningslinjen. Felen har visat sig vara korta och många till antalet och det finns en möjlig förbättringspotential. De allvarligaste felen enligt analysen som utfördes visade sig vara glasbrist reentry, Hegla-pålastare, glasbrist online, Gantry1, Gantry 2 och övrigt(hela).

Glasbrist uppstår när glaset inte lyckas levereras till beläggningslinjen, antingen via online linjen eller från lagrat glas, reentry. Analysen visade att glasbristen beror på logistiska problem och misstag orsakade av personalen. I flertalet av fallen var inte en orsak noterad i prost. För att komma tillrätta med problemen är en möjlig lösning att införa ett system där det registreras var varje stativ med glas befinner sig i lagret och tidpunkterna när glaset ska förflyttas. På detta sätt kommer truckföraren bli informerad i tid så att glaset kan flyttas till rätt plats och operatören bli medveten var glaset är om en brist skulle uppstå. Ett annat förslag på hur glasbrist kan förbättras är att se över möjligheten att utöka lagerlokalen, ett sådant förslag skulle kunna resultera i att ordningen bibehålls i större omfattning. Det sista men kanske viktigaste förslaget som rekommenderas är att dokumentationen över felen bör förbättras, detta förslagsvis genom utförligare beskrivning i Prost samt ytterligare förbättringsarbete i form av grupper med personal från beläggningsavdelningen.

Maskinen som lastar på glaset, den s.k. Hegla-pålastaren var också högt representerad över felen av kringutrustningen till beläggningsavdelningen. Det visade sig att felen beror på flera orsaker. En av orsakerna till fel var att vagnarna till stativen med glas på inte var tillräckligt stabila. Ett förslag till förbättring här är att stabilisera fötterna, detta skulle kunna genomföras genom en fästianordning mellan L-ryggen och bottenplattan.

Avlastningsmaskinerna, Gantry 1 och Gantry 2 uppvisade också en hög felstatistik. En orsak till fel var att glaset fick repor när remmar användes vid förflyttning från transportbanden med avlastningsmaskinen Gantry. En eventuell lösning skulle vara att tillföra remmarna ett skyddande hölje i ett material som motverkar repor på glaset.

5.3 Förbättringsförslag (Underhållsavdelningen)

5.3.1 Driftsäkerhetsuppföljning

Pilkington använder sig idag av moderna mätmetoder där driftsäkerhetsuppföljning sker med som tidigare nämnts ett system som heter PROST. Fördelarna med detta system har visat sig vara stora då många nyckeltal kan utläsas som t.ex. TAK och därifrån användas för att förbättra orsaken till problemet. (Ljungberg, 2000) Pilkington utnyttjar detta system väl och

har stor kontroll på var insatser för förbättringar bör läggas, hur produktionen förhåller sig till uppsatta krav samt möjligheten att relatera nyckeltalen till olika problem. Systemet är redan väl etablerat men vissa förbättringar kan möjligen införas för att ytterligare stärka systemets funktion. PROST som är produktionens produktionsmätningssystem är idag inte kopplat till underhållets system för underhållsåtgärder. En möjlig sammankoppling mellan PROST och SAP-modulen för underhåll skulle kunna förbättra samarbetet mellan produktionsverksamheten och underhållsverksamheten. Dessutom skulle underhållsverksamheten möjligtvis kunna ta del av felhistoriken på ett lättare sätt och kunna ytterligare prioritera arbetet efter detta.

Ett annat förslag på förbättring av PROST är att använda systemets fulla potential till större utsträckning, där en utförligare beskrivning tillförs systemet när ett fel inträffat. Mer detaljer skulle kunna kopplas till felet, varför det inträffade, hur det inträffade och även möjlig orsak. Detta skulle dock kräva ytterligare tid vilket kan vara en brist, men skulle kunna resultera i att man vid givna tidpunkter, kanske i form av en förbättringsgrupp eller expertgrupp på ett enklare sätt kan reflektera över orsaken till problemen. (Ljungberg, 2000) T.ex. skulle felet glasbrist kunna kopplas till varför det inträffade och hur och man skulle kunna tillsätta en förbättringsgrupp till detta fel.

5.3.2 Total productive maintenance (TPM)

På beläggningslinjen utnyttjas det idag redan en stor del av TPM, där Pilkington använder en egendefinierad version av TPM som kan jämföras med den som förespråkas av modern driftsäkerhetsmetodik. Företaget har anpassat sin verksamhet och tillämpar idag både operatörsunderhåll och driftsäkerhetsuppföljning i stor grad. (Ljungberg, 2000) Eftersom införandet under relativt kort tid har genererat stora resultat i form av engagemang hos medarbetarna och en säkrare kontroll av driften, anser vi att man bör överväga möjligheten att ta steget fullt ut och ytterligare anpassa sig efter modellen. Förbättringsgrupper brukar anses vara musklerna i TPM och det är viktigt att all den kunskap som operatör och reparatörer besitter tas tillvara på av företaget. (Ljungberg, 2000) Pilkington använder sig inte idag av strukturerade förbättringsgrupper, men har möten som kan liknas vid dessa. Ett eventuellt införande av förbättringsgrupper där underhållsavdelningen och beläggningsavdelningens operatörer, tekniker och reparatörer skulle samarbeta för att åtgärda återkommande problem i produktionen tror vi skulle gynna verksamheten, då tiden detta skulle ta skulle vara relativt liten i förhållande till de möjliga vinsterna.

Dessutom tror vi att en effekt av förbättringsgrupperna skulle på samma sätt som operatörerna känner ansvar för sin utrustning dem reparerar, leda till att personalen känner ansvar för att förbättra produktionen. Då t.ex. de själva är ansvariga för förbättrings- och uppföljningsarbetet, skulle detta fungera som ett incitament för att dokumentera mer och söka efter orsaker till fel direkt på plats. Det skulle nämligen bespara dem en massa tid i förbättringsgrupperna.

5.3.3 Reliability centered maintenance (RCM)

Även RCM-metodiken har företaget tagit i anspråk. Inte minst visar det sig i samband med att de arbetar så nära de fyra grundpelarna som RCM-metodiken förespråkar. (Ylipää, 2012)

Den första punkten, ”bedöma behovet av underhåll”, uppfylls genom kritikalitetsanalyser och tillståndsbaserad övervakning.

Tidigare försök har implementerats med FMEA men denna har inte varit tidseffektiv då företaget velat ha möjligheten att upprepa analysen för att kunna få ut relevant information. Istället har Pilkington implementerat en kritikalitetsanalys som kan liknas vid en FMEA där tanken har varit att man ska kunna se vilka maskiner som är kritiska och utifrån detta ta ytterligare steg för att förebygga fel och eventuella åtgärder.

Den tillståndsbaserade övervakningen som Pilkington arbetar efter idag använder sig av både värmekameror, vibrationsmätning och inspektionsrum.

Här anser vi att företaget arbetar effektivt då detta även framkommit av hur lågt det avhjälpande underhållet 10-15 % av de totala underhållsåtgärderna, faktiskt är.

Den andra punkten som är ”styra behovet av underhållsåtgärder”, uppfyller Pilkington med CMMS systemet SAP som är underhållets system för att hantera underhållsåtgärder. (Sahoo, Liyanage, 2008) Systemet registrerar förebyggande, planerade och akuta underhållsåtgärder och i vilken tidsram underhållsarbetet ska utföras och av vem.

Den tredje punkten att ”optimera underhållsaktiviteterna” är vad RCM-metodiken går ut på, och som tidigare nämnts arbetar alltså Pilkington med en kritikalitetsanalys, SAP och tillståndsbaserat underhåll för att effektivt koordinera detta. (Moubray, 1997)

Den fjärde punkten att ”optimera mängden tidsbaserat förebyggande underhåll och dess underhållsintervall” uppfylls genom att man planerar och samordnar underhåll i SAP.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att Pilkington inte arbetar exakt efter RCM-modellen men arbetar ständigt med att förbättra och optimera underhållsaktiviteterna på samma sätt genom projektgrupper, analyser och system som mäter behovet av underhållsaktiviteter.

Rekommendationen är att fortsätta analysera vad man gör för åtgärder för att arbeta så effektivt som möjligt för att förebygga fel. Mängden förebyggande underhållsarbete ska vara motiverad genom analyser, där man försöker hitta den optimala mängden. Man ska även vara medveten om de vanliga fel som brukar uppkomma vid RCM arbete och försöka undvika dessa.

5.4 Diskussion kring arbetet

Vi anser arbetet fortskred och utfördes på ett bra vis med ett kontinuerligt och strukturerat flöde. Arbetet utformades enligt vår tänkta plan och resulterade i användbara lösningar som planerat. Vi åstadkom majoriteten av de mål vi hade ställt upp och besvarade både den ursprungliga frågeställningen samt uppnådde syftet med arbetet. Däremot kunde vår tidsdisponering varit annorlunda, då vi anser att tiden kunde fördelats på ett effektivare och mer precist sätt. T.ex. en del av den tid som disponerades till att ge läsaren en ingående inblick i de ej undersökta processerna hade troligtvis varit bättre spenderad på fördjupning av teori och metoder som sedan hade kunnat användas för att generera mer konkreta förbättringsförslag.

Teorin som arbetet är baserat på är av tillförlitlig karaktär med flertal år av granskning, t.ex. så är majoriteten av teorin hämtad från antingen de ursprungliga förespråkarna av de olika modellerna eller djupt pålästa personer inom ämnet. T.ex. *Seiichi Nakajima*, *John Moubrey* och *Terry Wireman*.

6. SLUTSATSER

Syftet med arbetet var att undersöka om det existerade några applicerbara förbättringsmöjligheter som kan förbättra Pilkingtons driftsäkerhet. Detta skulle utföras genom att granska driftsäkerheten på två olika fronter, dels genom att inspektera beläggningslinjen på maskinnivå samt att studera vilka underhållsmetoder Pilkington brukar och se om deras implementation skiljer sig något från de klassiska beprövade metoderna.

Granskningen av beläggningslinjen resulterade i konkret statistik över vilken utrustning som hade högst felfrekvens och vilken utrustning som ansågs vara kritisk enligt RCMs riktlinjer. Arbetet identifierade även felen och vad de innebar. Underhållsavdelningen undersöktes och jämfördes med den teori som fanns tillgänglig inom respektive område. Dessa undersökningar gav uppkomst till en del konkreta förbättringsförslag.

Arbetet hade som utgångspunkt att besvara tre frågor:

- Vad ligger till grund för den nuvarande driftsäkerheten?
- Hur kan man öka driftsäkerheten?
- Kan underhållsarbetet förbättras vid jämförelse med klassiska driftsäkerhetsmetoder?

Dessa frågor har alla besvarats i stor omfattning under arbetets gång.

Vi konstaterade att kringutrustningen utgjorde en stor del av problematiken i beläggningslinjen, cirka 30 %. Av dessa maskiner i kringutrustningen var glasbrist, Gantry och Hegla-pålastaren de mest kritiska och rekommenderade åtgärder togs fram.

Underhållsarbetet granskades och vi rekommenderade att de ska följa det TPM-metodiken förespråkar och framförallt utveckla förbättringsarbete i form av förbättringsgrupper där tekniker och operatörer bör vara med i större utsträckning för att vidareutveckla verksamheten. Rekommendationen angående RCM-metodiken är att de bör fortskrida som planerat, dock bör de vara aktsamma om de vanliga felen som brukar förekomma vid RCM-analyser.

7. REFERENSER

Ahuja, I.P.S. (2011) Manufacturing excellence through total productive maintenance paradigm. Int. J. Technology, Policy and Management, Vol. 11, Nr. 1, ss.1–10.

Barker, T. C. (1977), The Glassmakers: Pilkington: 1826-1976, London: Weidenfeld & Nicolson.

Bergman, B och Klefsjö, B. (2007) Kvalitet från behov till användning. Lund: Studentlitteratur.

Björklund, M och Paulsson, U. (2003) Seminarieboken: Att skriva, presentera och opponera. Lund: Studentlitteratur.

Byggnadsarv (2012) http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Rakennusmateriaaleja/sv_SE/Glas/ (2012-06-14)

Chapman, C.D. (2005) Clean House With Lean 5S. Iiquality. <http://iiquality.com/articles/lean.pdf> (2012-01-07)

Hernandez, V.-M. (2001) Computerized maintenance management systems: An overview. Parks & Recreation, Vol. 36, Nr. 6, ss. 64 – 69

Ljungberg, Ö. (2000) TPM: Vägen till ständiga förbättringar. Lund: Studentlitteratur.

Johansson, K.-E. (1997) Driftsäkerhet och underhåll. Lund: Studentlitteratur.

Labib, A.-W. (1998) World-class maintenance using a computerized maintenance management system. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4, Nr. 1, ss. 66 – 75

Moubray, J. (1997) Reliability-centered Maintenance. 2Nd Ed. New York: Industrial Press Inc.

Nord, C och Pettersson, B och Johansson, B (1997) TPM: Total Productive Maintenance med erfarenhet från Volvo. Andra upplagan. Mölndal: Institutet för verkstadsteknisk forskning .

Pilkington Floatglas AB (2012) <http://www.pilkington.com> (2012-06-13)

Sahoo, T och J.-P., Liyanage. (2008) COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEMS: For Effective Plant Performance. Chemical Engineering, Vol. 115, Nr. 1, ss. 38 - 41

Smith, S.E. (2012) What Is Corrective Maintenance? WiseGeek.
<http://www.wisegeek.com/what-is-corrective-maintenance.htm> (2012-07-08)

Stamis, H. (2003) Failure Mode and Effect Analysis: Fmea from Theory to Execution. 2nd Ed. Milwaukee: ASQ Quality press

TPM - Total Productive Maintenance (2011)
http://www.axxos.com/svenska/forbattringsarbete/tpmtpu/?gclid=COumva_r6bACFW0umAodDzxTaQ (2012-07-04)

What is TPM? (2012) <http://tpm.jipms.jp/tpm/index.html> (2012-07-04)

Wireman, T. (2004) Total Productive Maintenance. New York: Industrial Press Inc.

Wireman, T. (2008) Preventive Maintenance. New York: Industrial Press Inc.

World Class OEE (2012) <http://www.oee.com/world-class-oee.html> (2012-08-03)

BILAGOR

Bilaga 1: Felstatistik

Felstatistik

Kategori:	Summa (min):	min/tot	Felantal:	tid/stopp
Autostacker 1	0	0,00%	0	0,00
(Autostacker 2)	2	0,05%	1	2,00
Autostacker 3	182	4,25%	15	12,13
Hegla pålastare	477	11,14%	35	13,63
Conveyer 101-115	107	2,50%	5	21,40
Hörnbord 116	155	3,62%	11	14,09
Sprickdetektor	189	4,41%	17	11,12
Tvättmaskin	154	3,60%	3	51,33
Osmosanläggning	0	0,00%	0	0,00
Conveyer 117-121	18	0,42%	1	18,00
Conveyer 301-310	257	6,00%	18	14,28
Gantry 1	316	7,38%	25	12,64
Gantry 2	341	7,96%	27	12,63
Gantry 3	0	0,00%	0	0,00
Roteringsbord	517	12,07%	23	22,48
Avsyning	41	0,96%	1	41,00
övrigt(Hela)	332	7,75%	12	27,67
Rejectstation	166	3,88%	15	11,07
Lucitanläggning	23	0,54%	3	7,67
Glasbrist(online)	399	9,32%	40	9,98
Glasbrist(reentry)	607	14,17%	80	7,59
Totalt	4283	100,000%	332	12,90