

Simulering av olika underhållsstrategier inom processindustri

Simulation of different maintenance strategies in
processing industry

Magnus Hassling

Pauli Löppönen

2008

Examensarbete
Maskinteknik
Nr: E 3643 M

Högskolan Dalarna

Visiting Address: Röda vägen 3, Borlänge

Mailing Address: 781 88 Borlänge

URL: www.du.se

Telephone: 023 – 77 80 00

FAX: 023 – 77 80 50

EXAMENSARBETE

C-nivå

Maskinteknik

Program	Reg nr	Omfattning
Produkt- och produktionsutveckling	E 3643 M	15 hp
Namn	Datum	
Magnus Hassling & Pauli Löppönen	2008-06-11	
Handledare	Examinator	
Roger Johansson	Roger Johansson	
Företag/Institution	Kontaktperson vid företaget/institutionen	
Rejlers Ingenjörer AB	Lars-Olof Levén	
Titel		
Simulering av olika underhållsstrategier inom processindustri		
Nyckelord		
Simulering, förebyggande underhåll, processindustri, TPM, FU, AU, TBU, TAK		

Sammanfattning

Syftet med detta examensarbete är att utvärdera om simulering av flöden på en emballeringsavdelning kan vara till hjälp för att kunna planera in stopp av packmaskiner så att förebyggande underhåll kan utföras. Med hjälp av simulering har kölängder, kötider och belägningsgrader hos emballeringsavdelningen kunnat predikteras. Genom att skapa olika hypotesgrundade scenarion i simuleringsmodellen har ett antal resultat genererats.

Resultaten av simuleringarna har gett värdefull information till underhållsavdelningens planerare. Informationen bör kunna vara ett viktigt beslutsunderlag för att kunna avgöra vid vilka tillfällen som de planerade stoppen kommer att ge upphov till minst störning av driften. Arbetet har visat att simulering av flöden är ett bra hjälpmedel för att kunna planera in stopp för förebyggande underhåll.

För att kunna uppfylla syftet har en simuleringsmodell skapats över emballeringsavdelningen. Genom studier av processer och genom informationshämtning från kunnig personal har en användbar modell kunnat skapas. Även studier av underhållsteorier och simuleringslitteratur har varit till hjälp för att kunna uppfylla syftet med detta examensarbete.

De utförda analyserna bygger till stor del på rekommendationer hämtade från den simuleringslitteratur som studerats men även på tips och stöd från författarnas handledare som har lång erfarenhet inom området.

Högskolan Dalarna

Visiting Address: Röda vägen 3, Borlänge

Mailing Address: 781 88 Borlänge

URL: www.du.se

Telephone: 023 – 77 80 00

FAX: 023 – 77 80 50



HÖGSKOLAN
Dalarna

DEGREE PROJECT

Bachelor Thesis

Mechanical Engineering

Degree Program Mechanical Engineering, 180 ECTS	Reg number E 3643 M	Extent 15 ECTS
Name of student Magnus Hassling & Pauli Löppönen	Year-Month-Day 2008-06-11	
Supervisor Roger Johansson	Examiner Roger Johansson	
Company/Department Rejlers Ingenjörer AB	Supervisor at the Company/Department Lars-Olof Levén	
Title Simulation of different maintenance strategies in processing industry		
Keywords Simulation, maintenance, processing industry, TPM, OEE		

Summary

The aim with this degree project is to evaluate if simulation of flows in a packaging units can be of help in order to plan machine stops so that preventing maintenance can be carried out. With the aid of simulation, queue lengths, queue times and stocking degrees, can be predicted for the packaging unit. Through creating different hypotheses based scenarios in the simulation model a number of results have been generated.

The result of the simulations should give the maintenance department a solid base for deciding when planned stops of the machines will give least disturbance of the packaging process. The work has shown that simulation of flows is of good help to plan machine stops for preventing maintenance.

In order to meet the aim a simulation model has been made of the packaging unit. Through studies of processes and gathering of information from knowledgeable personnel it has been possible to make an applicable model. Also studies of maintenance theories and simulation literature have been of great help in order to meet the aim of this degree project.

The performed analyses build to a large extent on recommendations from the simulation literature that has been studied and from advice from the authors' tutor who has long experience within the area.

Högskolan Dalarna

Visiting Address: Röda vägen 3, Borlänge

Mailing Address: 781 88 Borlänge

URL: www.du.se

Telephone: 023 – 77 80 00

FAX: 023 – 77 80 50

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Problemdiskussion	5
1.2.1	Problemformulering.....	5
1.3	Syfte	5
1.4	Avgränsningar.....	6
1.5	Rapportens upplägg	6
2	Teoretisk fördjupning	7
2.1	Underhållsstrategier	7
2.1.1	Total Productive Maintenance (TPM).....	8
2.1.2	Total Quality Maintenance (TQMain)	11
2.1.3	Tillståndsbaserat Underhåll (TBU)	11
2.1.4	Underhåll vid planerade stopp (FU).....	12
2.1.5	Utnyttja externa tjänster	13
2.1.6	Avhjälpande Underhåll (AU).....	13
2.2	Simulering	15
3	Metod	18
4	Nulägesbeskrivning	19
4.1	De tre vanligaste huvudkörsätten	21
4.1.1	Huvudkörsätt1 - P1 och P2 i drift	21
4.1.2	Huvudkörsätt2 - Endast P2 i drift	22
4.1.3	Huvudkörsätt3 - Endast P1 i drift	23
4.2	Packmaskinerna	24
4.2.1	Störningar i packmaskinerna.....	25
4.3	Operatörer	28
4.4	Förebyggande underhåll.....	29
5	Analys	31
5.1	Olika scenarion	33
5.1.1	Scenario 1 - validering av modell	33
5.1.2	Scenario 2a – utgångsscenario med P1 & P2 i drift	34
5.1.3	Scenario 2b – utgångsscenario med endast P1 i drift	36



5.1.4	Scenario 2c – utgångsscenario med endast P2 i drift	38
5.1.5	Scenario 3 - färre störningar	39
5.1.6	Scenario 4 - dagliga korta stopp	40
5.1.7	Scenario 5 - färre störningar & dagliga korta stopp	42
5.1.8	Scenario 6 - färre planerade stopp	43
5.1.9	Scenario 7a - utökad produktion från PE	44
5.1.10	Scenario 7b - ökad produktion från PE & dagliga korta stopp	46
5.2	Sammanställning av analys	48
6	Resultat	52
6.1	Förslag till fortsatt arbete	53
7	Slutord	54
8	Referensförteckning	55
Bilaga A	Stopptider - Underhållsstrategier	56

1 Inledning

Inledningskapitlet behandlar bakgrunden till ämnet för arbetet och diskuterar problemet. Det leder till en problemformulering, ett syfte och avgränsningar. Slutligen beskrivs upplägget för rapporten.

1.1 Bakgrund

I dag sker konkurrensen mellan företag på en global marknad. Kunderna ställer allt högre krav då det gäller kvalitet, leveranssäkerhet och låga priser. Krav ställs även ofta på att produkterna ska vara kundanpassade. Detta innebär att företagen ständigt måste utvecklas för att vara konkurrenskraftiga och lönsamma. Utmaningen blir att försöka maximera sin operativa verksamhet då systemen blir allt mer komplexa och deras livscykler blir allt kortare (Harrell, Tumay, 1995, s 2).

Effektivitet kan vara en avgörande faktor för att finna framgång och kan vara det som avgör om företaget ska kunna överleva eller inte.

För att öka effektiviteten i producerande företag måste bland annat förluster som uppkommer i produktionen minimeras. Dessa förluster kan enligt Nord, Pettersson, Johansson (1997, s 104) kategoriseras i tre huvudgrupper:

1. Hårda förluster (utrustningens effektivitet)
2. Mjuka förluster (människans effektivitet)
3. Resursförbrukning (utnyttjande av t.ex. råmaterial och energi)

Enligt Ljungberg (2000, s 41) är det de hårda förlusterna som är de största förlusterna och det är dessa som bör styra var förbättringsarbetet sätts in.

De hårda förlusterna kan vara:

1. Utrustningsfel och avbrott
2. Ställtid och justeringar
3. Tomgång och småstopp
4. Reducerad hastighet, förlängd cykeltid
5. Defekter i processen
6. Reducerat utbyte, uppstartsförluster

För att mäta de hårda förlusterna (utrustningens effektivitet) kan ett mått användas i form av det engelska OEE, Overall Equipment Effectiveness, vilket översatt till svenska blir Utrustningens Totala Effektivitet (Nord, Pettersson, Johansson, 1997, s 105).

En annan akronym med samma innebörd är TOK vilket står för Tillgänglighet, Operationseffektivitet och Kvalitetsutbyte. Genom att multiplicera dessa uppmätta värden erhålls ett OEE/TOK-värde som bör ligga så högt som möjligt (Ljungberg (2000, s 47).

En kanske vanligare akronym än TOK är TAK. Här står versalen A för Anläggningsutnyttjande.

För att uppnå ett högt T (tillgänglighet) hos utrustningen krävs bland annat att tiden då utrustningen står stilla minskas, vilket innebär att antalet utrustningsfel och orsaker till avbrott och småstopp måste vara så få som möjligt. O (operationseffektivitet) kan ökas genom att öka hastigheten i utrustningen. Värdet på K (kvalitetsutbyte) blir högt då det ”görs rätt första gången”.

För att uppnå ett högt OEE/TOK-värde krävs att ett kompetent underhåll av utrustning prioriteras. Orsaker till att underhåll av utrustning sker är för att minska antal stopp, minska kvalitetsförluster samt för att kunna hålla en hög takt på produktionen. Andra orsaker till underhåll är att bibehålla en hög person- och miljösäkerhet (Möller, Steffens, 2006, s 13).

Sammanfattningsvis kan sägas att ett kompetent underhåll av utrustning ger ett högt OEE/TOK-värde vilket innebär att effektiviteten på utrustningen är hög. Detta minskar förlusterna i produktionen och ökar effektiviteten och lönsamheten i hela företaget.

Simulering

Då ett företag planerar att utföra förändringar i sin verksamhet ställs det inför problem. Det kan vara svårt att i förväg se vad olika förändringar kan ge för effekt. Då kan ett datorsimuleringsprogram med fördel användas. Situationer då ett simuleringsprogram brukar användas är vid produktionsplanering, vid införande av nya system och för att mäta utslag vid olika förändringar. Ett exempel på förändring är då företaget vill förändra schemat för underhåll av utrustning.

Då det till exempel ska undersökas vilka utslag olika förändringar ger av en process så skapas en förenklad modell i datorn vilken speglar den verkliga processen. I modellen kan sedan olika förändringar av processen utföras och följderna av dessa förändringar studeras. Fördelen med detta förfaringssätt är att produktionen inte påverkas då olika förändringar undersöks, utan allt utförs i simuleringsmodellen. Först då det undersökts vilka olika scenarion och lösningar i modellen som funnits ge de önskade effekterna, så implementeras den i produktionen. På detta sätt kan ett företag undvika att driftsätta förändringar där resultatet är okänt (Harrell, Tumay, 1995).

1.2 Problemdiskussion

Ett företag inom processindustrin i Mellansverige, fortsättningsvis kallat Företaget, har som önskemål att utforska om simulering kan vara ett bra verktyg för att kunna öka T (tillgänglighet i akronymen TOK) hos emballeringsavdelningens packmaskiner.

Emballeringsavdelningen, som ansvarar för packning av Företagets samtliga produkter, är i stark beroendeställning till de producerande maskinerna som ska producera dygnet runt, året om. Stödfunktionerna kring de producerande enheterna är byggda med en överkapacitet för att säkerställa att inga stillestånd på produktionen skall uppkomma. Emballeringsavdelningen får inte störa produktionen alls utan exempelvis får underhållet planeras in då beläggningen på produktionen är låg. Det krävs att underhåll på emballeringsavdelningen kan utföras med mycket kort varsel och under en kort tidsperiod för att avdelningen inte ska bli en flaskhals som tvingar de producerande enheterna att stanna.

Företaget har mycket svårt idag att planera in underhållsinsatser på emballeringsavdelningen då beläggningen varierar kraftigt beroende på de producerande maskinernas beläggning. Önskemål finns om ett bra verktyg för planering av underhåll genom att analysera olika framtidsscenario. Analysen skulle exempelvis kunna användas för att undersöka vilken effekt en produktionsökning hos de producerande enheterna skulle få på beläggningen hos emballeringsavdelningen och hur en annan underhållsstrategi gentemot packmaskinerna skulle påverka detta. Företaget vill även med verktyget optimera flödena på emballeringsavdelningen för att öka tillgängligheten för förebyggande underhåll.

En undran som Företaget ställer sig är om ändring av deras underhållsstrategier skulle ge större tillgänglighet för underhåll på emballeringsavdelningen.

1.2.1 Problemformulering

Hur kan förebyggande underhåll på emballeringsavdelningen anpassas och planeras så att huvudprocessen, vilken ligger tidigare i produktionskedjan, inte störs?

1.3 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att utvärdera om simulering av flöden kan ge hjälp för att prediktera beläggningsgraden hos emballeringsavdelningen. Med det som grund ska beslut kunna tas om hur förebyggande underhåll av packmaskinerna ska planeras in.

1.4 Avgränsningar

För att kunna behandla rapportens syfte krävs att studier av olika underhållsstrategier sker. Dessa strategier kommer endast att behandlas på en övergripande/sammanfattande nivå. Inga detaljer i form av till exempel olika smörjintervall kommer att beröras.

Vid simulering bör det undvikas att bygga för avancerade och tidskrävande modeller vilket har legat till grund för att inte hela verksamheten simuleras utan enbart emballeringsavdelningen. Modellen kommer inte att ge möjligheten att göra prioriteringar av artiklar i artikelflödenas växlar. Avgränsningen innebär att mer tid har lagts på olika underhållsstrategier, följer av kapacitetsförändringar och att få ut faktiska resultat av simuleringen osv.

Arbetet behandlar endast situationen på företaget där studien gjorts, men resultatet kan ändå vara av intresse för andra företag i liknande situationer.

1.5 Rapportens upplägg

Denna rapport består av två huvuddelar. I den första delen beskrivs inledningsvis bakgrund, problemformulering och rapportens syfte. Därefter görs en fördjupning av innebörden av olika underhållsstrategier och även av vad simulering innebär. I bakgrunden och fördjupningen har underhållsstrategier och simulering behandlats var för sig. Den första delen avslutas med en nulägesbeskrivning som redogör för den verksamhet som studerats.

Den andra delen börjar med en analys där teoridelen knyts ihop med nulägesbeskrivningen. Avsikten är att ge ett underlag för att kunna uppfylla examensarbetets syfte. Direkt efter analysen presenteras resultatet av arbetet. Sist i rapporten finns ett kort slutord.

2 Teoretisk fördjupning

Detta kapitel redogör för den teoretiska referensram som anses relevant för arbetet. Det belyser olika underhållsstrategier på en övergripande och sammanfattande nivå. Därefter görs en fördjupning över vad simulering är och hur ett simuleringsprojekt kan läggas upp.

Detta avsnitt knyts senare ihop med övriga rapporten i analysavsnittet.

2.1 Underhållsstrategier

Nedan kommer ett flertal underhållsstrategier att presenteras vilka beskriver olika sätt att angripa underhållet på.

Eftersom studien är på en mer övergripande och sammanfattande nivå kommer olika underhållsmetoder, som att exempelvis avgöra vilka tillståndskontroller som är att föredra vid tillståndsbaserat underhåll, inte att nämnas.

Trenden som läses från teorierna är att ansvaret för underhållet idag inte endast ligger, som traditionellt har varit, hos underhållsavdelningen. Idag utförs det enklare underhållet av personal i produktion/drift medan underhållsansvariga i större omfattning arbetar med förbättring av utrustning. Det som kan utläsas från samtliga teorier och som inte tas upp under varje avsnitt är vikten av att värna om renlighet. För att öka trivseln för människorna och minska antal uppkomna fel i utrustningen krävs det rena maskiner och omgivning.

En annan genomgående detalj som lyfts fram från underhållssynpunkt är vikten av att konstruera för underhåll samt att bygga bort fel. Det kan krävas ett vidare synsätt över varför utrustningen inte fungerar till fullo. Förbättringsgrupper är enligt TPM en av flera metoder för att ständigt förbättra utrustningens prestanda och effektivitet.

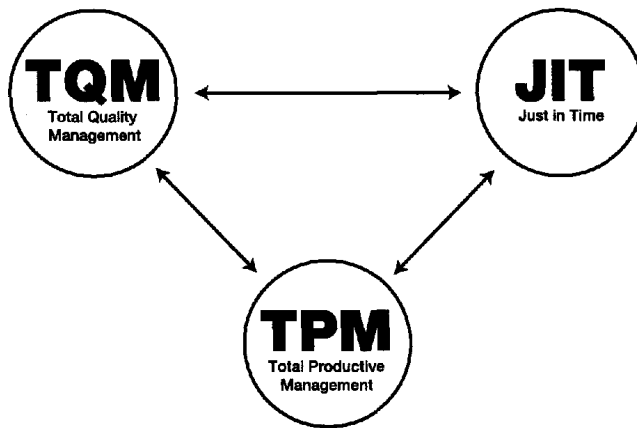
Vad teorierna för några av de nedan presenterade underhållsstrategierna innebär i total stopptid, presenteras i bilaga A.

Dock är människans inställning och engagemang det viktigaste när det gäller alla typer av underhållsstrategier. Oavsett vilken strategi som formuleras av ledningen så krävs engagemang och ansvarstagande från personalen i företaget för att strategin ska kunna bli verklighet.

2.1.1 Total Productive Maintenance (TPM)

TPM (Total Productive Maintenance), på svenska kallat för TPU (Total Produktivt Underhåll) är ett, för hela organisationen, fast förankrat arbetssätt för underhåll och driftsäkerhet. Metodiken och lojaliteten mot företaget ses som avgörande för att hålla samman helheten (Hagberg, Henriksson, 1994, s 53). TPM härstammar från bilföretaget Toyota som insåg att TQM (Total Quality Management) och JIT (Just In Time) kräver ett underhåll som förbättrar och tryggar produktionssäkerheten. Dessa tre koncept kompletterar varandra (bild 2.1) och ger rätt kapitalutnyttjande, kvalitet och säkerhet för hela företaget.

Bild 2.1



TPM är ett systematiskt upplägg som kräver allas medverkan och engagemang och ger ramar och mål i arbetet med underhåll och driftsäkerhet. Strävan är att ha ett "nollfelstänkande" på utrustningen, dvs. inga haverier, inga kassationer och inga skador (Hagberg, Henriksson, 1994 s 49). Enligt Nord, Pettersson, Johansson (1997 s 12) sammanfattas TPM på följande vis:

- *Ett systematiskt arbetssätt.* Innebörden av detta är att det inte finns något slut utan det går alltid att göra förbättringar i arbetssättet.
- *Störningsfria processer.* Alla störningar, i främst produktion men också administration skall kartläggas och elimineras.
- *Processer.* Kunden sätts i centrum och arbetet sker på ett processorienterat sätt.
- *Total ekonomisk effektivitet.* Alla insatser skall bedömas med lönsamheten i fokus.
- *Varje medarbetares engagemang.* Samtliga anställda i företaget involveras och skall medverka. Alla är viktiga!

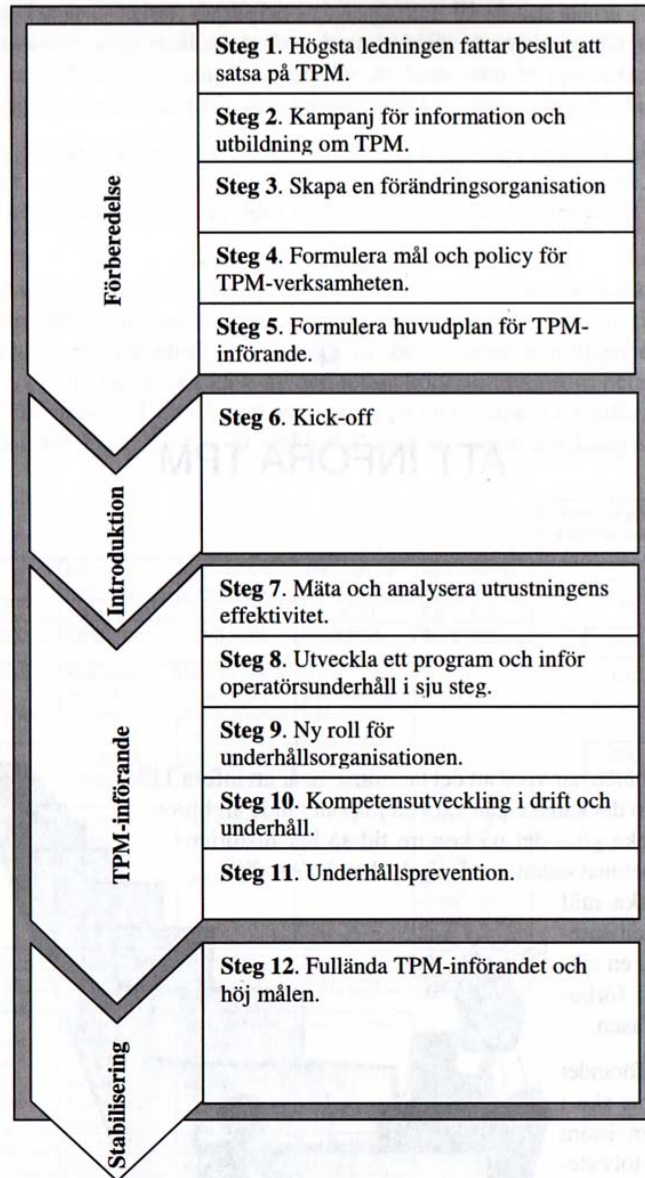


Enligt Ljungberg (2000, s 19) bygger arbetet med TPM på tre grundläggande byggstenar:

- *Uppföljningar av driftstörningar.* Ses som hjärnan i TPM som krävs för att mäta och förstå verkligheten. Att mäta och förbättra den totala utrustningseffektiviteten är exempelvis en av de vanligaste åtgärderna i TPM.
- *Operatörsunderhållet.* Detta är hjärtat i TPM. Syftet med operatörsunderhållet är att säkerställa och höja produktionsutfallet genom eliminering av små stopp samt utförande av ständiga förbättringar.
- *Förbättringsgrupper.* Musklerna i TPM är att organisera personalen i förbättringsgrupper som finns till för att skapa en omgivning där ständigt lärande och kreativitet står i fokus. I förbättringsgrupperna skall alla medverka och arbetet är fokuserat på förbättringar samt för att få till ett kontinuerligt samarbete mellan produktion/drift och underhåll.

Införandet av TPM är en mycket tids- och resurskrävande process. Kostnaderna är som tydligast vid införandet av TPM och det kan krävas stor uthållighet och förståelse från ledningens sida. Vid införandet av TPM följs en metodik i 12 steg vilket illustreras i bild 2.2.

Bild 2.2



TPM är vid jämförelse med många andra förbättringskoncept mer konkret och begripligt. Kanske har TPM därför fått stor uppmärksamhet och anammats i Sverige och i övriga världen. Det finns många exempel på företag som uppnått stora resultat genom flera års arbete med TPM. Hur stor ökning i effektivitet som är möjlig beror på vilket utgångsläge företaget har. Men för att öka lönsamheten i företaget kan lösningen och arbetssättet heta TPM (Ljungberg, 2000).

2.1.2 Total Quality Maintenance (TQMain)

Total Quality Maintenance har huvudsakligen sin grund i TPM (Total Productive Maintenance). Den svenska översättningen är TKU (Totalt Kvalitets Underhåll).

Strategin ger möjlighet att ständigt utveckla den tekniska och den ekonomiska utrustningseffektiviteten genom att ta hänsyn till det mest kostnadseffektiva underhållet.

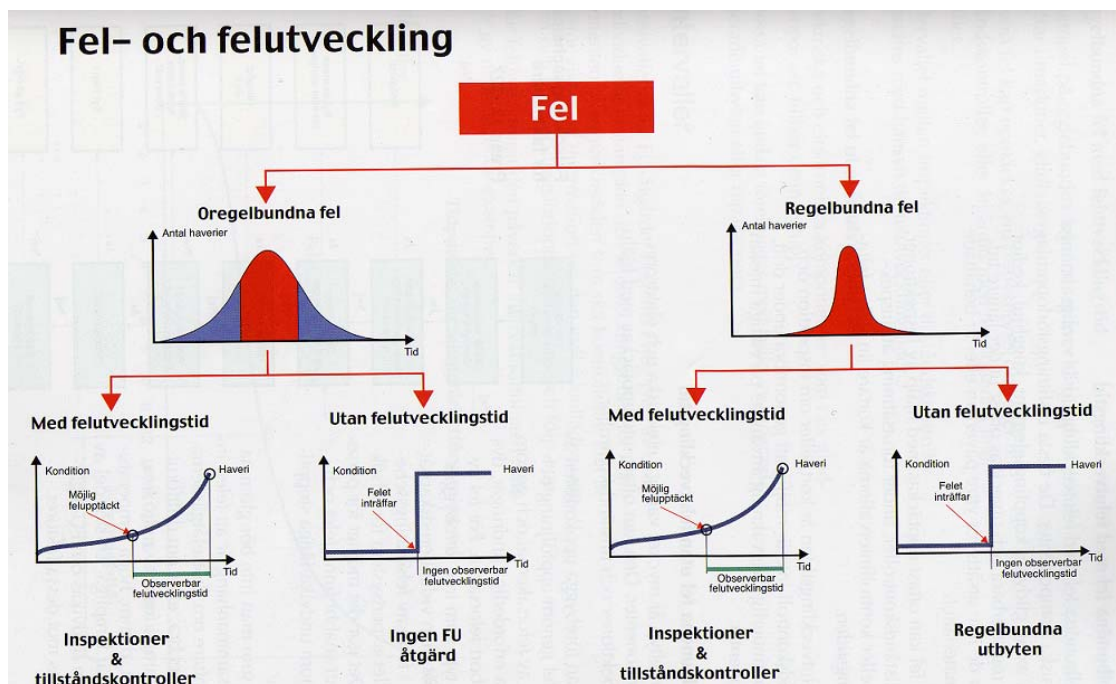
Arbetsättet är att utföra nödvändiga kontroller, exempelvis vibrationsmätningar för att upptäcka begynnande fel så tidigt som möjligt. Samla all information i en gemensam aktuell databas, undersöka felorsaker och förebygga dessa för att förhindra försämring av utrustningen. Detta utförs för att reducera kostnaden per enhet utan att försämma kvalitén (Al-Najjar, 1996).

2.1.3 Tillståndsbaserat Underhåll (TBU)

Enligt Idhammar (1997) bygger ett effektivt förebyggande underhåll på tillståndskontroller som syftar till att upptäcka fel så tidigt som möjligt och att avhjälpa dessa för undvikande av driftstörningar.

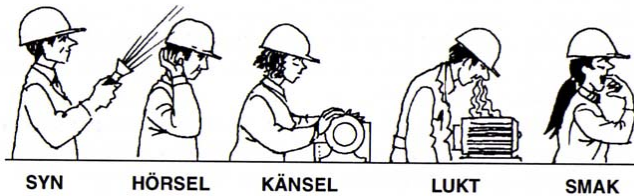
Utförande av tillståndskontroller är endast aktuellt då utrustningen har ett felutvecklingsförlopp dvs. tecken kan ses på förslitning eller begynnelse till haveri. Detta felutvecklingsförlopp kan ritas ut på en kurva som kallas för felutvecklingskurva. Se bild 2.3 för olika typer av felutvecklingskurvor. Dessa felutvecklingskurvor kan ge ett beslutsunderlag för planering av förebyggande underhåll.

Bild 2.3



Tillståndsbaserat underhåll utförs i första hand genom kontroller av utrustning med människans fem sinnen, syn, lukt, hörsel, smak och känsel, men även genom förlängningar av människans sinnen såsom diverse mätinstrument. (Bild 2.4)

Bild 2.4



Viktigt vid utförande av tillståndskontroller är människans erfarenhet, engagemang, kunskap och bedömningsförmåga.

Tillståndskontroller kan utföras genom kontinuerlig övervakning av utrustning. Typiska hjälpmedel är då givare för t.ex. temperatur och vibration som installeras på utrustningen. Dessa givare kan sedan anslutas till datorprogram som varnar då felutvecklingskurvan har nått en viss förutbestämd nivå. Kontinuerlig övervakning används då behov finns att upptäcka begynnande fel i tidigt skede av felutveckling.

Med tillståndskontroller upptäcks underhållsbehov i utrustningen i god tid så reparationer kan förberedas och planeras (Steffens, Liber, 2000, s 81). Instrument som används vid tillståndsbaserade kontroller utvecklas ständigt och även nya tekniker utvecklas. Det viktiga är dock alltid att användaren av instrumentet har tillräcklig utbildning och även det engagemang som krävs för uppgiften (Idhammar, 1997, s 133).

2.1.4 Underhåll vid planerade stopp (FU)

Att utföra förebyggande underhåll vid planerade stopp innebär ofta att den utrustning som underhålls är mycket kritisk för verksamheten och att haveri aldrig får förekomma. Kritisk innebär att utrustningen är i ett sådant beroendeförhållande med övriga processen/verksamheten att haveri av den specifika utrustningen kräver att exempelvis hela processen stannar. Underhållsstrategin med planerade stopp används ofta i process- och verkstadsindustrier. Innebörden av strategin med planerade stopp vid jämförelse med exempelvis tillståndsbaserat underhåll är att ”man tar det säkra före det osäkra” till kanske en högre underhållskostnad (Steffens, Liber, 2000, s 81).

Denna underhållsstrategi kan även motiveras om felen i utrustningen förekommer med kända intervall men att felet är av det karaktär att ingen felutveckling kan observeras. Se bild 2.3 på sidan 11.

Planeringen av underhållsinsatser styrs av endera en viss drifttid eller av ett visst antal producerade detaljer. Den optimala tidpunkten då underhållet ska ske kan dock vara svår att bestämma (Nord, Pettersson, Johansson, 1997, s 263).

2.1.5 Utnyttja externa tjänster

Att utnyttja externa tjänster som komplement till det egna underhållet kommer enligt Hagberg, Henriksson (1994, s 48) att öka. Denna utveckling drivs på av flera faktorer. Att ha en egen underhållsavdelning kan vara för kostnadskrävande, minskade mängder störningar i den egna utrustningen innebär att den egna personalen inte får nog mycket träningstillfällen för att bibehålla kompetensen.

Det händer även att företag inte har eget underhåll alls utan anlitar en extern resurs som ansvarar för hela underhållet och driftsäkerheten.

Enligt Hagberg, Henriksson (1994, s 47) kan det finnas följande orsaker till att använda sig av externa tjänster för underhållet:

1. Brist på egna specialister inom kärnområdet.
2. Brist på kompetens utanför underhållets kärnområde beroende exempelvis på en snabb teknisk utveckling.
3. Brist på kapacitet, främst vid toppbelastningar på grund av revisionsstopp eller haveri.

En följd av att använda sig av externa tjänster för underhållet blir att den egna kompetensen i företaget inte utvecklas.

Positiva följder av utnyttjande av externa tjänster kan vara, enklare och effektivare administration samt att företaget inte tar samma risker genom att ta på sig uppgifter de inte behärskar fullt ut.

2.1.6 Avhjälpande Underhåll (AU)

Definitionen för begreppet avhjälpande underhåll är enligt nomenklaturen följande: "Underhåll som genomförs efter det att ett funktionsfel upptäcks och med avsikt att få enheten i ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion" (Steffens, Liber, 2000, s 41). Innebörden av detta är att inget underhållsarbete genomförs när utrustningen är i drift utan reparatören återställer utrustningen omedelbart när ett haveri har inträffat.

Begreppet avhjälpande underhåll måste dock delas in i två kategorier vilka är, akutunderhåll och planerat avhjälpande underhåll även kallat för uppskjutet underhåll.

Planerat avhjälpande underhåll skall noga planeras i förväg. Viktiga parametrar är, hur lång tid underhållet kommer att ta, vem ska göra underhållet, vad behövs för att kunna genomföra underhållet etc. (Nord, Pettersson, Johansson, 1997, s 265). De stopp som inte kan vänta med att åtgärdas till nästa planerade stopp tillhör kategorin akutstopp och bör



undvikas i största möjliga mån då dessa tar längre tid att genomföra, inbjuder till provisoriska lösningar samt främjar nonchalans och dåliga attityder.

Det planerade avhjälpande underhållet inträffar när någonting i utrustningen måste repareras eller korrigeras. Dock finns det viktiga skillnader gentemot akutarbete, vilka är bland annat att underhållet är planerat, tar kortare tid, är både billigare och effektivare och minskar följdskadorna.

I särskilda fall uppkommer det fel i utrustning som inte kan upptäckas med hjälp av inspektioner och tillståndskontroller. De är av mycket oregelbunden karaktär och inträffar utan ett registrerbart utvecklingsförlopp. (Se bild 2.3 på sidan 11). Denna typ av fel förekommer främst i elektriska och elektroniska komponenter. Vid dessa fall går ingen åtgärd för förebyggande underhåll att planeras in, vilket rättfärdigar att avhjälpande underhåll tillämpas, dvs. ”kör till haveri”. Vid en sådan händelse bör alla tänkbara beredskapsåtgärder vara utförda för att undvika långa stopptider.

En viktig del i underhållsarbetet är då att försöka förebygga uppkomst av dessa fel genom analysering av felorsakerna samt utförande av erforderliga förändringar (Steffens, Liber, 2000, s 100).

Flera företag använder sig av olika klassificeringar av utrustning för att kunna ta beslut om lämplig underhållsstrategi. För sådan klassificering kan en metod som heter RCM (Reliability Centred Maintenance) användas. Det är en strukturerad metod för att optimera underhåll i tekniska system, med avseende på säkerhet, produktion och kostnader. Ibland kan kontentan av klassificeringen bli att den aktuella utrustningen är mest lönsam att köra tills haveri inträffar. Orsaker till detta förfarande kan vara att utrustningen är väldigt enkel att reparera eller byta, eller inte är direkt inblandat i processflödet (Nord, Pettersson, Johansson, 1997, s 262).

2.2 Simulering

Inom processindustrin kan ett datorsimuleringsprogram användas vid utveckling och analys av ett systems layout och olika flöden. I datorn byggs en modell upp av den process som ska undersökas. Modellen bör förenklas så mycket som möjligt så att den inte blir onödigt komplex. Endast de delar som har en påverkan på resultatet ska tas med. Tanken är att modellen ska fånga essensen av den verkliga processen och inte vara en exakt kopia.

Då modellen är färdigbyggd finns möjlighet att utföra olika förändringar för att undersöka vilka effekter olika processtider, antal maskiner, större inflöde, mm ger.

Viktigt att påpeka är att en simuleringsmodell inte ger lösningar på ett problem, utan den ger möjlighet att utvärdera vad som sker om en förändring av en eller flera detaljer i processen utförs.

En annan fördel är att modellbyggaren måste sätta sig in i hela processen för att kunna bygga en valid modell. En naturlig följd av det arbetet blir att modellbyggaren får nya kunskaper och insikter i processens uppbyggnad. Det leder ofta till att modellbyggaren redan i detta stadium upptäcker vilka förbättringsåtgärder som skulle kunna genomföras.

Då ett simuleringsprojekt ska genomföras är det viktigt att ha en klar struktur på hur arbetet ska läggas upp. Som riktlinje kan arbetet delas upp i följande steg:

- Formulera mål och begränsningar med simuleringsprojektet
- Samla in och analysera data till modellen
- Bygg en modell
- Utför experiment i modellen
- Dokumentera och presentera resultaten

(Harrell, Tumay, 1995)

Formulera mål och begränsningar

Det kan finnas många olika orsaker till varför ett företag har tagit beslutet att genomföra ett simuleringsprojekt. Vanliga mål är att:

- Analysera prestandan på ett system
- Analysera vilken den maximala kapaciteten är hos ett system
- Jämföra olika system med varandra
- Finna flaskhalsar

Det är viktigt att sätta avgränsningar. Det kan vara tidsbegränsningar eller en begränsad budget. Det är även viktigt att avgöra om en hel fabrik ska simuleras eller om det endast ska vara en avgränsad del (Harrell, Tumay, 1995).

Samla in och analysera data

Datainsamlingen är ofta en stor del i ett simuleringsprojekt. Det är viktigt att insamlingen sker på ett systematiskt sätt och att de data som samlas in är avgörande för modellen. Ett bra sätt är att börja med generell information och sedan steg för steg samla mer detaljerad information efterhand. Som hjälpreda och för att få en överblick över systemet kan ett flödesdiagram skapas. Därefter kan information om hur artiklar förflyttas genom systemet insamlas. Nästa steg är att samla in information om hur lång tid olika delprocesser och förflyttningar tar.

De data som är viktiga är de som kommer att driva modellen framåt, så kallade "decision-variables".

Till datainsamlingen räknas även att identifiera orsak/verkan-relationer.

Ofta måste insamlad data behandlas och sammanställas för att kunna användas. Beslut ska tas om de data som ska driva modellen ska byggas på teoretiska fördelningar med vissa avvikelser eller om det går att driva modellen med råa historiska data (Harrell, Tumay, 1995).

Bygg en modell

Vid själva modellbygget är det en fördel att använda samma taktik som vid datainsamlingen. Bygg först de stora viktiga delarna och förfina efterhand. Genom detta förfaringssätt kan modellbygget påbörjas innan all data är insamlad.

Då modellen ska byggas i datorns simuleringsprogram används oftast färdiga byggklotsar. Dessa representerar då olika processer, transportmedel, köer, mm. Varje byggklots kan sedan tilldelas olika egenskaper i form av t ex processtider. Relationer mellan olika byggklotsar skapas också (Harrell, Tumay, 1995).



Utför experiment

I detta steg utförs simuleringar av den uppbyggda modellen. Utifrån en eller flera hypoteser görs förändringar i modellen för att utröna vad förändringarna får för effekter. De ut-data som genereras vid de olika körningarna kan sedan jämföras för att finna den lösning som uppfyller simuleringsprojektets mål (Harrell, Tumay, 1995).

Dokumentera och presentera

Det är viktigt att dokumentering av allt arbete sker. Likaså är det viktigt att sammanställa både in-data och ut-data på ett överskådligt sätt. Detta är framförallt viktigt då resultatet ska presenteras. Tydliga och överskådliga data underlättar för beslutsfattarna att ta ett riktigt beslut om att genomföra de eventuella förändringar som simuleringsprojektet har påvisat vara att rekommendera (Harrell, Tumay, 1995).

3 Metod

I metodkapitlet presenteras tillvägagångssättet samt de metoder som använts i arbetet.

För att kunna besvara frågan i problemformuleringen och för att uppfylla syftet med rapporten har en simuleringsmodell skapats över emballeringsavdelningen.

Att skapa en modell som speglar den verkliga processen kräver stor förståelse och insikt i hur den verkliga processen är uppbyggd. För att erhålla den kunskapen har processen noggrant studerats och all nödvändig information samlats in.

Eftersom en simuleringsmodell skulle skapas, så följdes rekommendationerna i boken *Simulation made easy* (Harrell, Tumay, 1995) om lämpligt tillvägagångssätt för informationsinsamling. Där beskrivs hur datainsamling bör utföras, vilket ligger till grund för de metoder som använts i detta projekt.

I ett första skede studerades processen med hjälp av ett flödesschema, men även visuellt. Förutom den visuella studien och flödesschemat har avdelningens underhållsansvarige beskrivit processen.

Intervjuer och diskussioner har varit en stor källa till information. Dessa har skett med underhållspersonal, avdelningsansvariga och med driftspersonal. Andra informationskällor har varit ritningar och de tidtagningar av subprocesser som författarna har utfört.

Som "decision-variables" till modellen har historiska data om när artiklar anländer till emballeringsavdelningen insamlats och sammanställts. Som simuleringsprogramvara har FlexSim valts. Valet av programvara motiveras i analyskapitlet.

För att få insikt i Företagets synsätt gällande förebyggande underhåll, har information erhållits från emballeringsavdelningens underhållsansvarige. Information har även inhämtats från utvecklingsingenjörer som arbetar med hela företagets underhållsstrategi.

Fördjupande studier har gjorts i litteratur som berör förebyggande underhåll och simulering. Den litteratur som använts har rekommenderats av examensarbetarnas kontaktperson och av kursens examinator. Genom att studera referenslistor i böcker och andra examensarbeten inom ämnet har ytterligare relevant litteratur hittats.

Referenslistan listar huvudsakligen referenser som hänvisas till i denna rapports text. Emellertid återfinns där även sådana referenser som inte direkt är hänvisade till, men som ändå har varit goda informationskällor vilka bidragit till insikter som berikat denna rapports innehåll.

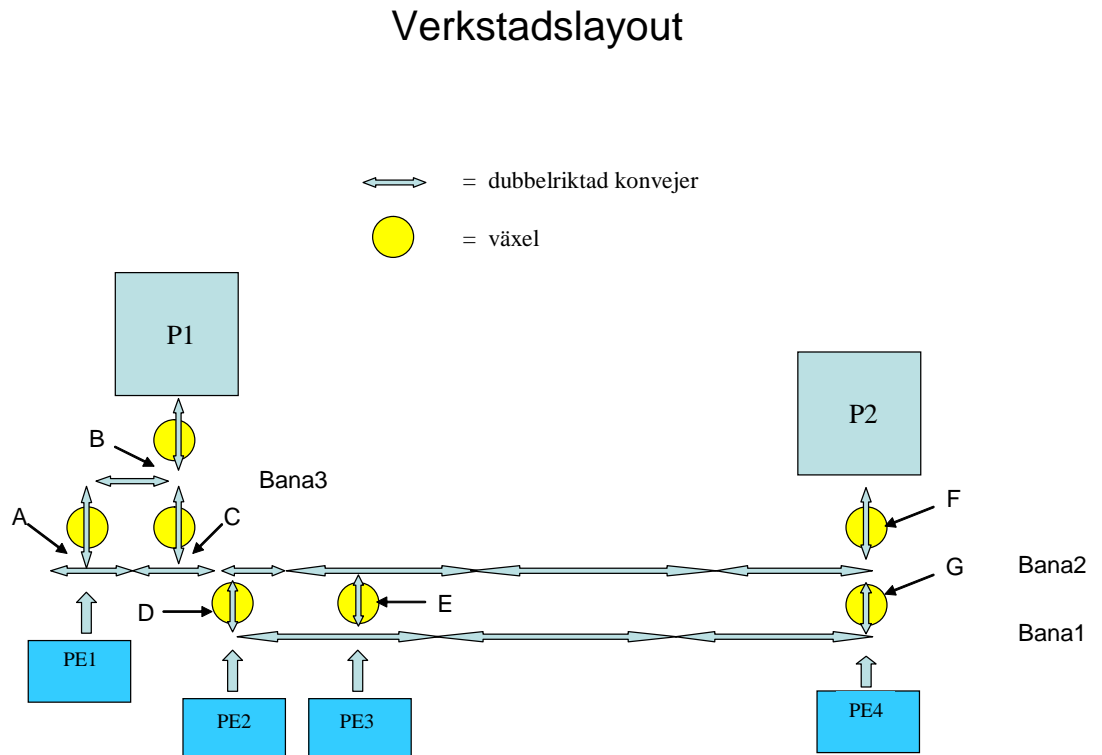
4 Nulägesbeskrivning

I detta avsnitt beskrivs emballeringsavdelningen hos Företaget. Olika huvudkörsätt av artikelflöden, och packmaskinernas uppbyggnad beskrivs. Slutligen beskrivs även operatörernas arbete samt hur det förebyggande underhållet utförs idag.

Företaget har fyra olika producerande enheter, (PE1, PE2, PE3 och PE4) vilka alla producerar samma typ av produkter. Det skiljer något mellan olika PE då det gäller hur många och hur stora produkter som produceras. Gemensamt för alla fyra PE är att målet för dem är att deras processer inte tillåts stanna oplanerat. Genom att de subprocesser som stödjer huvudprocesserna är överdimensionerade så garanteras i det närmaste att målet kan uppfyllas. Detta gäller även subprocessen emballering, vilket detta projekt har sin fokus på.

Flödet av artiklar beskrivs enklast genom att studera emballeringsavdelningens verkstadslayout i bild 4.1.

Bild 4.1





Artiklarna anländer från de fyra producerande enheterna, PE, via transportbanor. Flödestätheten ifrån dessa är högst varierande. Artiklarna ska packas i antingen packmaskin 1 (P1) eller packmaskin 2 (P2). P1 och P2 utför identiska uppgifter. Den enda väsentliga funktionella skillnaden är att P1 inte kan hantera de största artiklarna. Det är endast de producerande enheterna PE1 och PE3 som kan producera sådana artiklar som överstiger P1:s begränsning då det gäller artiklarnas storlek.

Samtliga konvejrar är reversibla och kan styras oberoende av varandra. För att förenkla styrningen av dessa har åtta olika huvudkörsätt utvecklats (Huvudkörsätt1, Huvudkörsätt2 ... Huvudkörsätt8). Genom att välja ett av dessa körsätt har operatören möjlighet att styra de olika artiklarnas färdväg. För att få ökad flexibilitet i systemet så har operatören även möjlighet att välja ett antal underkörsätt till respektive huvudkörsätt.

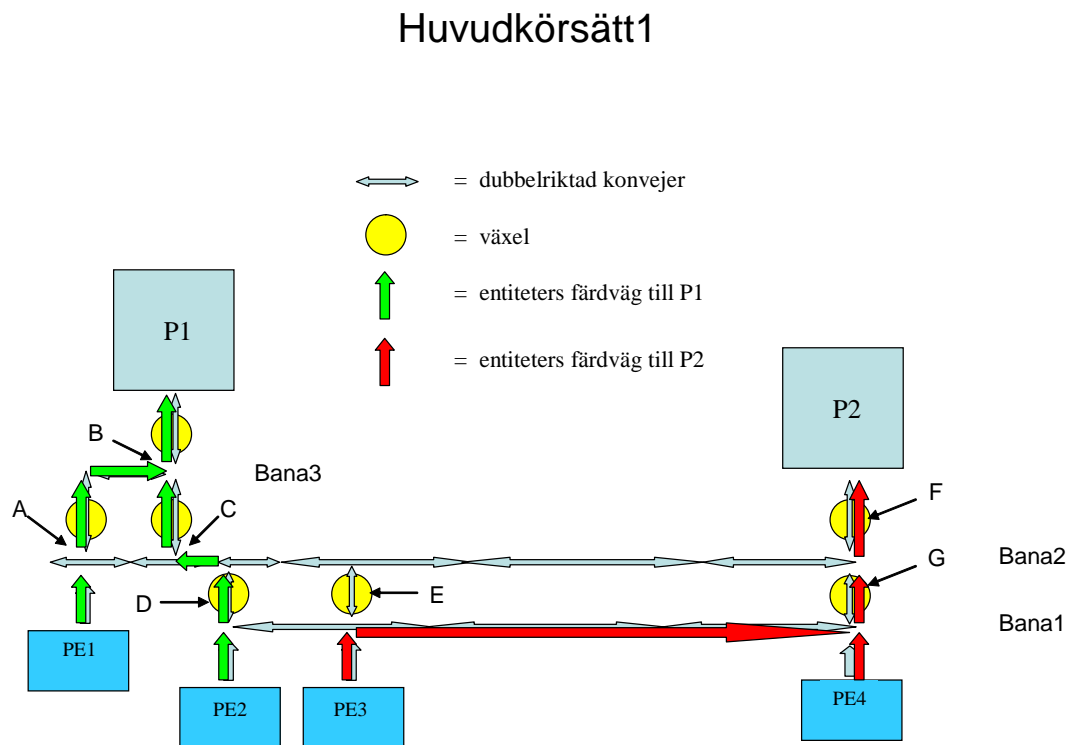
Konvejsystemet är grupperat i tre olika banor, (Bana1, Bana2 och Bana3). För att växla mellan de olika banorna används sju växlar (VäxelA, VäxelB ... VäxelG).

4.1 De tre vanligaste huvudkörsätten

4.1.1 Huvudkörsätt1 - P1 och P2 i drift

Mestadels används Huvudkörsätt1. I det körsättet sänds artiklar från PE1 och PE2 till P1 för packning, medan P2 packar de artiklar som anländer från PE3 och PE4. Se bild 4.2

Bild 4.2



Artiklar från PE1 skickas till Bana3 via VäxelA och sedan via VäxelB till P1. Artiklar från PE2 skickas till Bana2 via VäxelD och sedan via VäxelC och VäxelB till P1.

Artiklar från PE3 skickas via Bana1 och sedan via VäxelG och VäxelF till P2. Artiklar från PE4 skickas via VäxelG och VäxelF till P2.

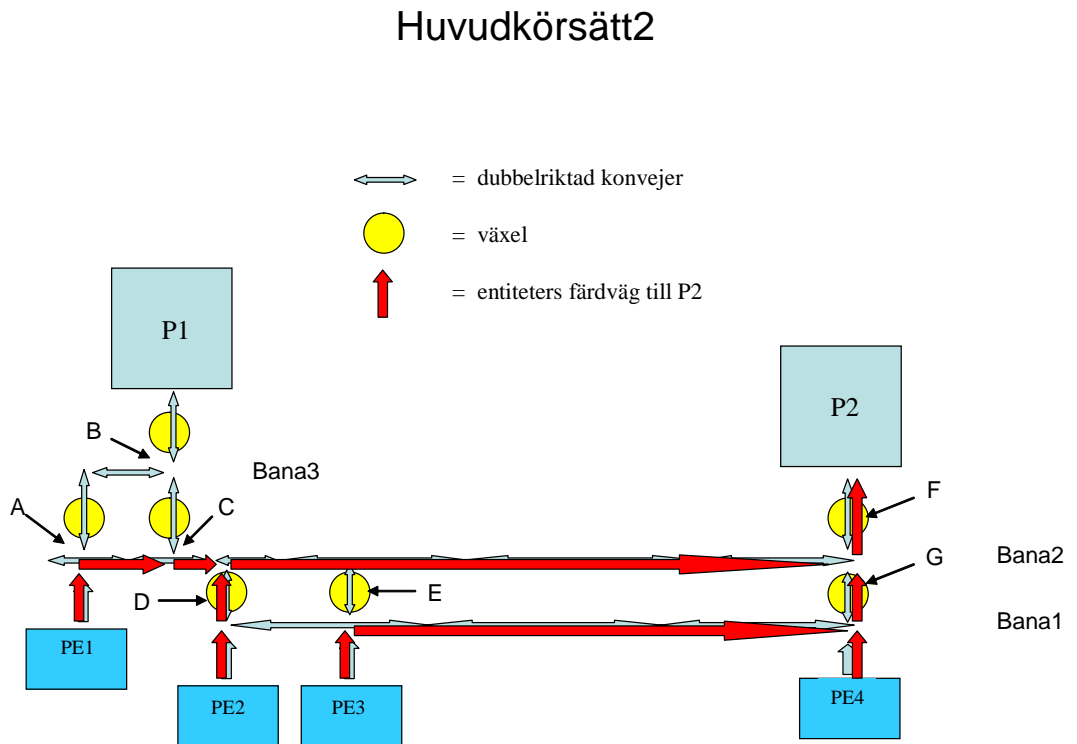
Det viktigaste undantaget från denna beskrivning av Huvudkörsätt1 är att de artiklar som anländer från PE1 och samtidigt är större än vad P1 kan hantera, skickas till P2 via Bana2. Denna färdväg är inte utritad i figuren. (PE2 producerar inga artiklar som är större än vad P1 kan hantera.)

4.1.2 Huvudkörsätt2 - Endast P2 i drift

Huvudkörsätt2 används huvudsakligen då P1 har ett planerat stopp för underhåll eller vid oplanerade längre stopp. Då skickas artiklar från PE1 och PE2 via Bana2 till P2.

Artiklar från PE3 och PE4 följer samma bana som vid Huvudkörsätt1.
Se bild 4.3

Bild 4.3

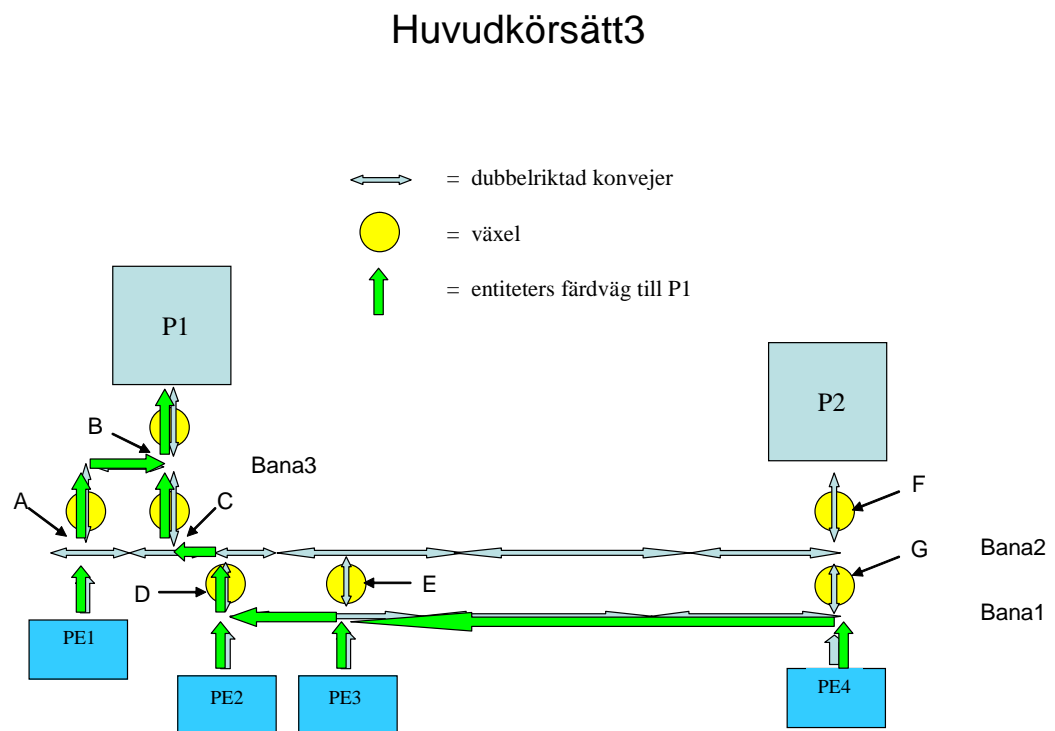


4.1.3 Huvudkörsätt3 - Endast P1 i drift

Huvudkörsätt3 används huvudsakligen då P2 har ett planerat stopp för underhåll eller vid oplanerade längre stopp. Då skickas artiklar till P1 från PE3 och PE4 via Bana1. Vid VäxelD sker växling till Bana2. I nästa steg sker växling i VäxelC och slutligen i VäxelB till P1.

Artiklar från PE1 och PE2 följer samma bana som vid Huvudkörsätt1. Se bild 4.4

Bild 4.4



Om det anländer större artiklar från PE1 och PE3 än vad P1 kan hantera buffras dessa mellan VäxelE och VäxelF på Bana2. Denna färdväg är inte utritad i figuren. Om bufferten skulle bli full måste artiklarna manuellt avlägsnas från konvejerbanorna för att undvika stopp i flödet.

4.2 Packmaskinerna

De båda packmaskinerna (P1 och P2) är funktionsmässigt identiska. Det är endast två skillnader mellan P1 och P2 som är av intresse.

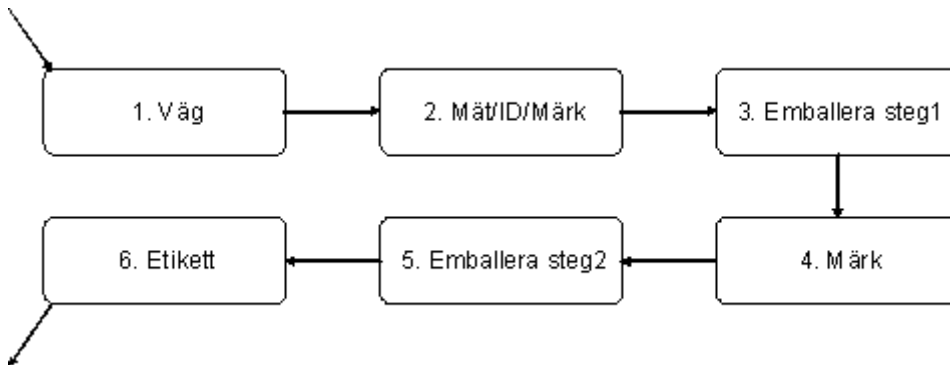
1: P1 kan inte hantera artiklar över en viss bredd.

2: Tekniken för hur omslagspappret anbringas skiljer mellan de båda packmaskinerna.

Packmaskinerna vilka är helautomatiska består av ett antal subprocesser där alla artiklar behandlas i samtliga subprocesser.

De olika subprocesserna beskrivs enklast genom att studera flödesschemat i bild 4.5.

Bild 4.5



Steg 1: Vägning av artikeln

Steg 2: Mätning, identifiering och märkning av artikeln

Steg 3: Emballering av artikeln med omslagspapper

Steg 4: ID-märkning utanpå artikelns omslagspapper

Steg 5: Emballering av artikeln med sidoskydd

Steg 6: Etikettering av artikeln

Steg 3 sker med olika tekniska lösningar i de båda packmaskinerna. För att omslagspappret ska passa artikelns bredd finns flera olika bredder på omslagspappret. P1 har tio olika bredden på omslagspapper vilket är tillräckligt för att kunna emballera alla förekommande storlekar på artiklar. P2 har endast 4 olika bredder på omslagspapper. Då det bredaste omslaget inte är tillräckligt för ett heltäckande omslag, så läggs ett nytt omslag på bredvid och omlott med det första omslaget. Totalt upp till tre bredvidliggande omslag kan krävas för de största artiklarna. Detta gör att processtiden i steg 3 skiljer sig åt beroende på artiklarnas storlek.

I tabell 4.1 redovisas tiden för varje subprocess i respektive packmaskin. Där återfinns även den totala genomloppstiden för en detalj, både inklusive och exklusive den sammanlagda transporttiden mellan varje subprocess. De tider som anges i tabellen är medelvärden och har klockats med stoppur.

Tabell 4.1

	Processtid (s)	
	Packmaskin P1	Packmaskin P2
Steg 1: Vägning av artikeln	-	13
Steg 2: Mätning, identifiering och märkning av artikeln	18	19
Steg 3: Emballering av artikeln med omslagspapper	28	1 omslag = 27 2 omslag = 54 3 omslag = 81
Steg 4: ID-märkning utanpå artikelns omslagspapper	22	17
Steg 5: Emballering av artikeln med sidoskydd	25	28
Steg 6: Etikettering av artikeln	20	20
Total tid exkl. transporttid	113	1 omslag = 124 2 omslag = 151 3 omslag = 178
Total tid inkl. transporttid	223	1 omslag = 203 2 omslag = 230 3 omslag = 257

Packmaskin P2 har en maxprestanda på 140 artiklar/timme. Emellertid går den i skrivande stund på ca 90 % av maxfart. Det motsvarar 126 artiklar/timme. Packmaskin P1 går oftast på maxfart vilken är 120 artiklar/timme.

4.2.1 Störningar i packmaskinerna

Då en störning uppstår i någon av packmaskinernas subprocesser stoppas den subprocessen och en felkod genereras. Samtidigt skickas ett larm till operatören så att felet kan åtgärdas. Efter utförd åtgärd dokumenterar operatörer detta i en blankett.

Blanketten består av en matris i vilken 14 olika störningstyper finns fördefinierade. För varje uppkommen störning drar operatören ett streck.

I tabell 4.2 är en månads störningar sammanställda för packmaskin P1 och i tabell 4.3 finns motsvarande sammanställning för packmaskin P2.

Där framgår hur många av respektive störningstyp som uppkommit under perioden. Den kolumn som anger åtgärdstid är grovt uppskattad och grundar sig på information från operatörerna.

Värt att notera är att störningstyp 8 hos packmaskin P1 i tabell 4.2 och störningstyp 7 hos packmaskin P2 i tabell 4.3 är både högfrekventa och dessutom kräver relativt lång åtgärdstid. Det resulterar i att den kumulativa åtgärdstiden på de feltyperna markant avviker från de övriga feltyperna.

Tabell 4.2

	Störningstyp																									
Dag		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1		3	11	3	3		3						1	2				2	1			2				
2			1	3		6	2	4			2				2			2		3		11		5		
3		1	3	1	1	1	2	2		2	1	2		1	2	1		1		2		1		1	2	
4			1	2	2								2		1											
5		2		1		1	1																	6	1	
6		1	1	1		1														1		1				
7		8	7	10	2	1	9		9		11			4					4	12	2	10	3	3	6	6
8		8	22	12	12	10	15	36	8	2	9	3	65	25	13	20	7	3	7	3	2	2		1		
9		3	3	12		1	8				5						1	6				7	1	1	1	
10																										
11			5				3	8	1		1											2	1	1		
12				1		8				5		1														1
13			2	1	1				3					5	12			9		1	20				1	1
14			4	3	1																					1

	Störningstyp																										
Dag		26	27	28	29	30	31	Summa antal störningar	Åtgärds tid per gång (sek)	Kumulerad åtgärds tid (sek)	Kumulerad åtgärds tid (min)																
1			3	1				35	25	875	15																
2		1			4		3	49	25	1225	20																
3		3	1	1	2			34	25	850	14																
4			8	6	2			24	25	600	10																
5								12	120	1440	24																
6		3	5	2	9	3	10	38	60	2280	38																
7		10		8	19	4	2	150	180	27000	450																
8		3	6	3	1	4	1	303	300	90900	1515																
9		4	4					57	25	1425	24																
10								0	300	0	0																
11			1	3	1			27	270	7290	122																
12								16	25	400	7																
13		4	1					61	300	18300	305																
14		2						11	30	330	6																

4.3 Operatörer

Eftersom både konvejersystemet och packmaskinerna är automatiserade så består en stor del av operatörernas uppgift i att övervaka processen. Det sker med hjälp av övervakningskameror, displayer och genom att de använder sina fem sinnen. Då en störning uppkommer ska operatören vara beredd att avhjälpa felet med omedelbar verkan för att undvika att onödigt långa köer bildas.

Val av huvudkörsätt och underkörsätt är även det operatörens ansvar. Operatören får via displayer information om hur långa köerna är från varje producerande enhet, PE. För att undvika problem bör kölängden från respektive producerande enhet, PE, inte överstiga 100 - 120 artiklar. Det ger att den sammanlagda kölängden bör understiga 500 artiklar. Gränsen för när den sammanlagda kölängden blir så lång att en eller flera PE måste stoppas är 900 - 1000 artiklar. Hittills har ännu inte någon PE stoppats på grund av att emballeringsavdelningen inte klarat av att utföra sin uppgift.

Med bland annat kölängder som underlag väljer operatören hur kvotering ska ske vid varje växel. Genom att göra ett taktisk korrekt val kan köerna hållas nere på en acceptabel nivå.

Exempel på kvotering då Huvudkörsätt1 körs:

Kvotering med förhållandet 1:3 i VäxelG väljs. Det resulterar i att systemet väljer en artikel från PE3, tre artiklar från PE4, en artikel från PE3, tre artiklar från PE4 etc etc.

En annan viktig uppgift för operatören är att hålla rent och snyggt för att undvika att onödiga störningar uppkommer.

4.4 Förebyggande underhåll

Underhåll hos Företaget delas upp i kategorierna avhjälpande underhåll, förebyggande underhåll samt förbättrande underhåll. (Bild 4.6)

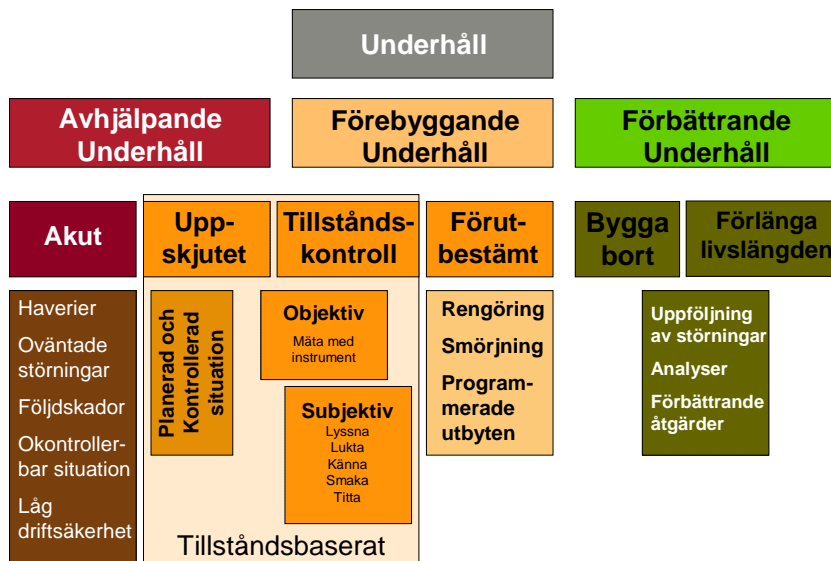
Vid det förbättrande underhållet fokuseras, som bilden visar, på att förbättra funktioner och att bygga bort problem samt att förlänga livslängden på utrustningen.

Vid det förebyggande underhållet utförs rengöring, smörjning och planerade utbyten vilket sker vid förutbestämda intervaller. Till det förebyggande underhållet räknas även tillståndskontroller.

Till det avhjälpande underhållet räknas akuta eller uppskjutna avhjälpande åtgärder.

Det tillståndsbaserade underhållet tillhör både det förebyggande och det avhjälpande underhållet. Ett uppskjutet avhjälpande underhåll föregås av att ett problem har upptäckts vid en tidigare utförd tillståndskontroll.

Bild 4.6



För att kunna utföra underhåll, planeras driftstopp av varje packmaskin in en gång per vecka. Driftstoppet sätts normalt till fem timmar. Om större arbeten på packmaskinen ska utföras kan driftstoppet bli betydligt längre. Vanligtvis utförs både förebyggande och avhjälpande underhåll vid de planerade stoppen.



För att undvika att allt för långa köer uppstår vid dessa stopp så planeras de in så att de sammanfaller med planerat driftstopp av någon av de producerande enheterna.

Allt planerat underhåll utförs dagtid av underhållsgruppen. Det akut avhjälpande underhållet utförs av den skiftgående servicegruppen, vilken är en del av underhållsgruppen. Operatörerna utför inget underhållsarbete förutom rengöring vilket inte räknas som underhåll utan anses tillhöra skötsel av maskinen.

5 Analys

I analyskapitlet presenteras resultatet av olika simuleringar. Dessa simuleringar speglar olika scenarion som knyts ihop med den teoretiska fördjupningen. Här återfinns även simuleringar på scenarion som inte är knutna till den teoretiska fördjupningen, utan är önskemål från Företaget. Resultaten från de olika simuleringarna presenteras efter varje scenario och sammanställs i slutet på kapitlet.

Syftet med detta examensarbete är att utvärdera om simulering av emballeringsavdelningen kan vara ett bra redskap för att kunna planera förebyggande underhåll på packmaskinerna.

För att kunna besvara den frågan har två ämnen behandlats - underhållsstrategier och simulering. I detta kapitel kommer simulering av olika scenarion över emballeringsavdelningen att presenteras. De olika scenarierna är valda utifrån hypoteser om vilka olika förändringar som kan påverka möjligheten till planerat underhåll av packmaskinerna.

Vid skapandet av simuleringens modellen har de olika stegen för ett simuleringensprojekt som beskrivs i boken *Simulation made easy* (Harrell, Tumay, 1995) och som kort sammanfattas i kapitel 2.2 i denna rapport, följts.

Bygget av den simuleringens modell där simuleringar har utförts, har skett i programmet FlexSim. Det är ett flexibelt simuleringensprogram med 3D-grafik. Motivet till att just det programmet har använts är att programmet lämpar sig mycket väl för uppgiften samt att examensarbetarnas handledare har mycket goda kunskaper i det och även innehar licenser på programmet.

Eftersom denna rapports syfte inte är att beskriva hur en simuleringens modell skapas så beskrivs inte själva bygget av simuleringens modellen i denna rapport utan fokus har lagts på vilka resultat olika scenarion har gett.

Till grund för modellbygget har de data som insamlats under arbetets gång använts. Vilka metoder som nyttjats för datainsamlingen beskrivs under kapitel 3. Exempel på insamlad data är processtider, störningar, planerat underhåll, mm

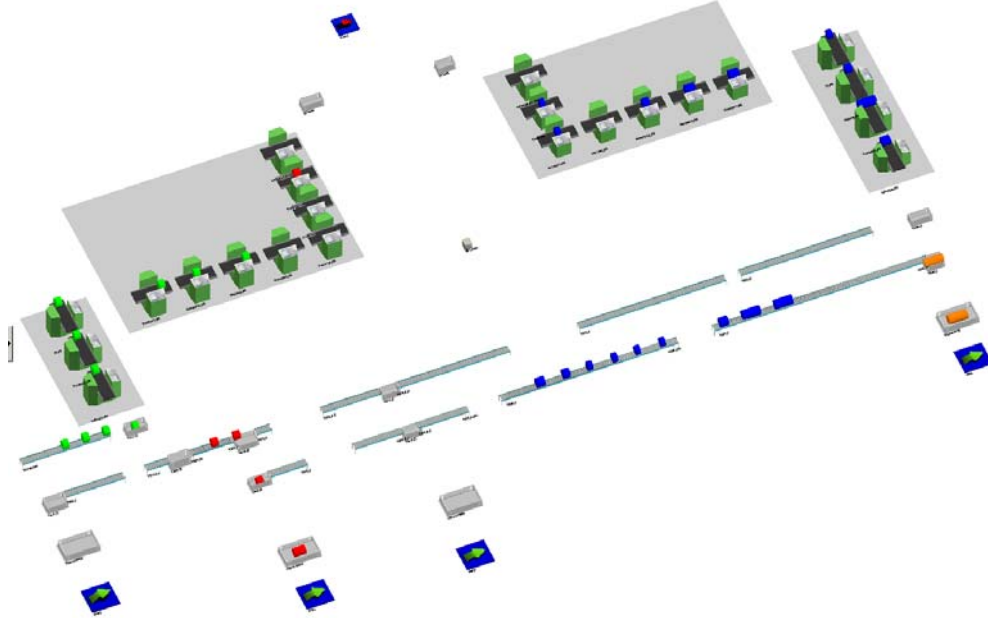
De data som representerar inflödet av artiklar till modellen härstammar från verkliga historiska data under en månads period. Dessa har använts utan att fördelningar eller avvikelseberäkningar har beräknats. All data har däremot bearbetats för att få ett format som är användbart i simuleringensprogrammet.

De i modellen inmatade värdena för genomloppstider, subprocesstider och störningstider har triangulärfördelats med ± 2 sekunder.

De ut-data som simuleringensprogrammet genererat har krävt mycket bearbetning så att ett överskådligt resultat har kunnat skapas. Arbetet har huvudsakligen bestått i att sortera all data och att sammanställa dessa i tabeller, stapeldiagram och cirkeldiagram.

Bild 5.1 visar en grafisk 3D-vy över den simuleringsmodell som representerar emballeringsavdelningen.

Bild 5.1



5.1 Olika scenarion

Nedan kommer ett flertal scenarion att simuleras. I scenarierna ändras de planerade stoppen för förebyggande underhåll, störningarna samt takten från de producerande enheterna, PE.

Resultaten från simuleringarna visar hur kölängderna, genomsnittliga genomloppstiden och den genomsnittliga kötiden varierar samt i de fall där det anses intressant hur belägningsgraden påverkas av förändringarna.

Hur förändringarna påverkar driftsäkerheten ger inte simuleringen något svar på. Driftsäkerhetsfrågor ligger utanför denna studies syfte och mål men är givetvis av högsta intresse för ett företag som planerar att förändra underhållsstrategi.

5.1.1 Scenario 1 - validering av modell

I scenario 1 har modellens validitet undersökts. Det är ett viktigt steg i ett simuleringsprojekt (Harrell, Tumay, 1995).

För att validera modellen har simuleringen körts hela den månadslånga perioden med målet att undersöka vilken modellens maxkapacitet är. Detta har sedan jämförts med de verkliga packmaskinernas maxkapacitet. Följande parametrar har använts för att modellens packmaskiner ska vara fullt belagda: Köerna har gjorts oändligt långa. Inga störningar har lagts in. Varje artikel har packats med endast ett omslag.

Som tabell 5.1 visar har modellens packmaskiner P1 och P2 en maxkapacitet på 128 artiklar/timme. Detta ska jämföras med maxkapaciteten på de verkliga packmaskinerna, P1 och P2, vilken är 120 respektive 126 artiklar/timme.

De processtider som använts i modellen är inte exakta utan har mätts med stoppur. Dessa tider har triangulärfördelats med ± 2 sek. Eftersom en exakt noggrannhet av modellen inte är nödvändig för att kunna dra slutsatser av simuleringarna, anses värdena från modellen och de verkliga värdena ligga tillräckigt i paritet med varandra för att kunna dra slutsatsen att modellen är validerad.

Tabell 5.1

Packmaskin	Modellens maxkapacitet (artiklar/timme)	Verklig maxkapacitet (artiklar/timme)
P1	128	120
P2	128	126

5.1.2 Scenario 2a – utgångsscenarioet med P1 & P2 i drift

Scenario 2a är utgångsscenarioet. Här är både packmaskin P1 och P2 i drift, vilket är det normala tillståndet. Resultat av simuleringen visar hur kölängder, genomsnittliga kötider och genomsnittlig genomloppstid var vid den historiska månadsperiod som samtliga scenarion bygger på. (tabell 5.2)

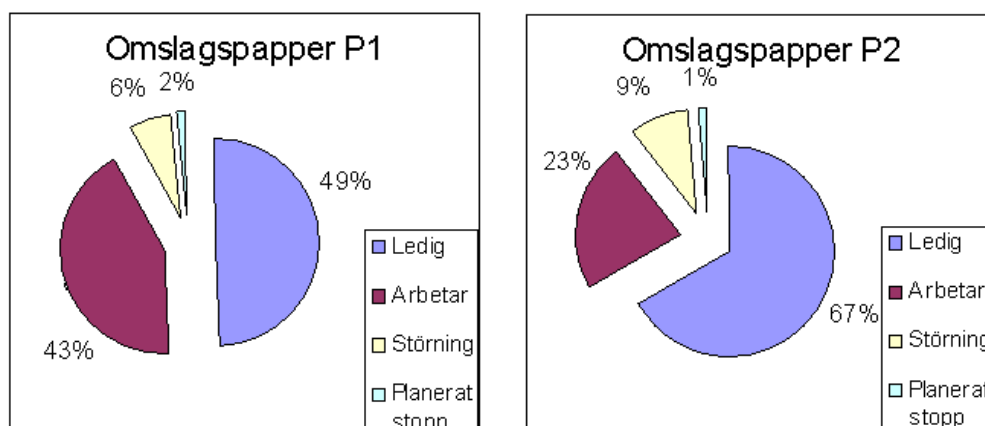
Tabell 5.2

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	515
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	78

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	21
PE2	69
PE3	44
PE4	22

Nyttjandegraden för den mest belagda subprocessen i varje packmaskin visas i bild 5.2. Detta för att visa hur mycket ledig tid som finns för exempelvis underhåll i hela packmaskinen. Det är subprocess 3 (emballering med omslagspapper) som är varje packmaskins flaskhals, vilket gör informationen intressant. Bilderna visar att packmaskinerna har en ordentlig överkapacitet.

Bild 5.2





De historiska störningar som sammanställts, har vid körning av modellen fördelats jämnt under perioden.

Ett fem timmar långt planerat stopp för underhåll sker en gång per vecka per packmaskin. För packmaskin P1 sker det planerade stoppet i modellen på måndagsförmiddagar och för packmaskin P2 på tisdagsförmiddagar.

I modellen har inte beaktats att planerade stopp av packmaskinerna i den verkliga processen enligt nuvarande strategi, sker då en av de producerande enheterna har ett planerat stopp. Det innebär att de ut-data som simulering av modellen ger visar något sämre prestanda än om det hade beaktats.

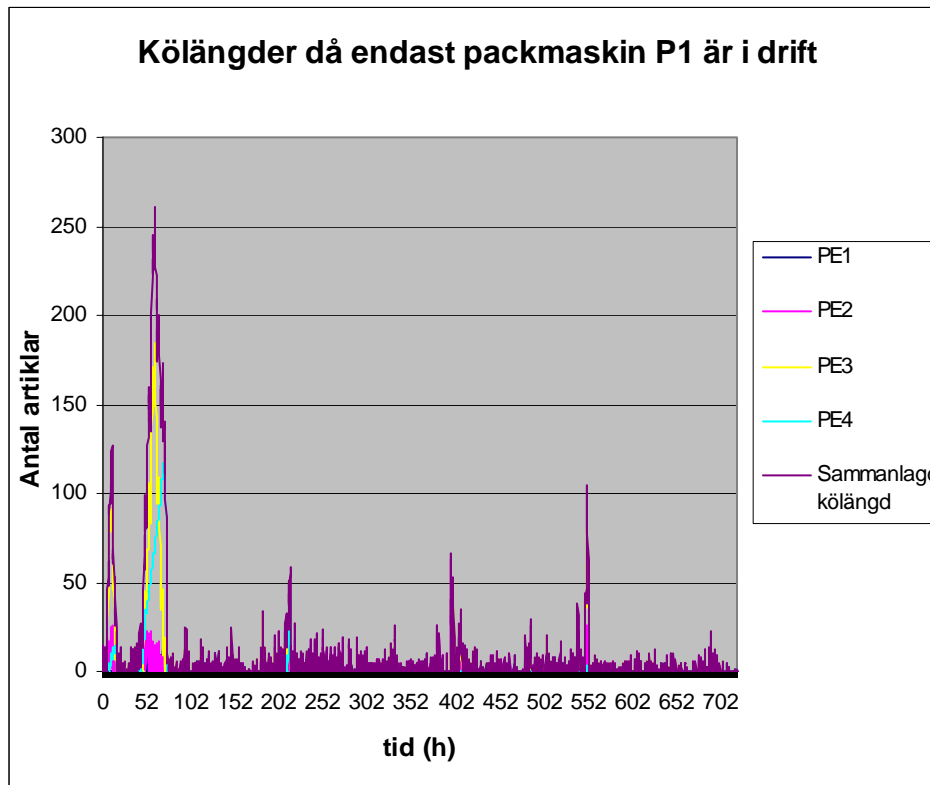
Underhållsstrategin att använda sig av planerade stopp ger enligt Steffens (2000) större säkerhet mot fel i processen men innebär även att den totala stopptiden för underhåll ofta förlängs. Det säkra väljs före det osäkra.

5.1.3 Scenario 2b – utgångsscenario med endast P1 i drift

I scenario 2b är endast packmaskin P1 i drift. Det innebär att alla artiklar från alla producerande enheter, PE processas i packmaskin P1. Kurvan i bild 5.3 visar hur långa köer som uppkommer under perioden. I detta scenario är inga planerade stopp inlagda.

Detta scenario är av intresse eftersom det kan vara ett underlag för att avgöra vid vilka tider ett stopp av packmaskin P2 kan planeras in. Vid de perioder då kölängderna från respektive producerande enhet, PE, understiger 120 artiklar kommer emballeringsavdelningen att kunna behandla inkommande artiklar med endast packmaskin P1 i drift.

Bild 5.3



Resultatet av simuleringen visar att emballeringsavdelningen skulle kunna klara av den simulerade månads arbete med bara packmaskin P1 i drift, förutom under det tredje dygnet. Påminnas bör att simuleringen innebär som ovan nämnts att inga underhållsinsatser har utförts under perioden.



Slutsatsen av denna körning är att packmaskin P2 kan stängas ner för underhåll när som helst förutom under det tredje dygnet.

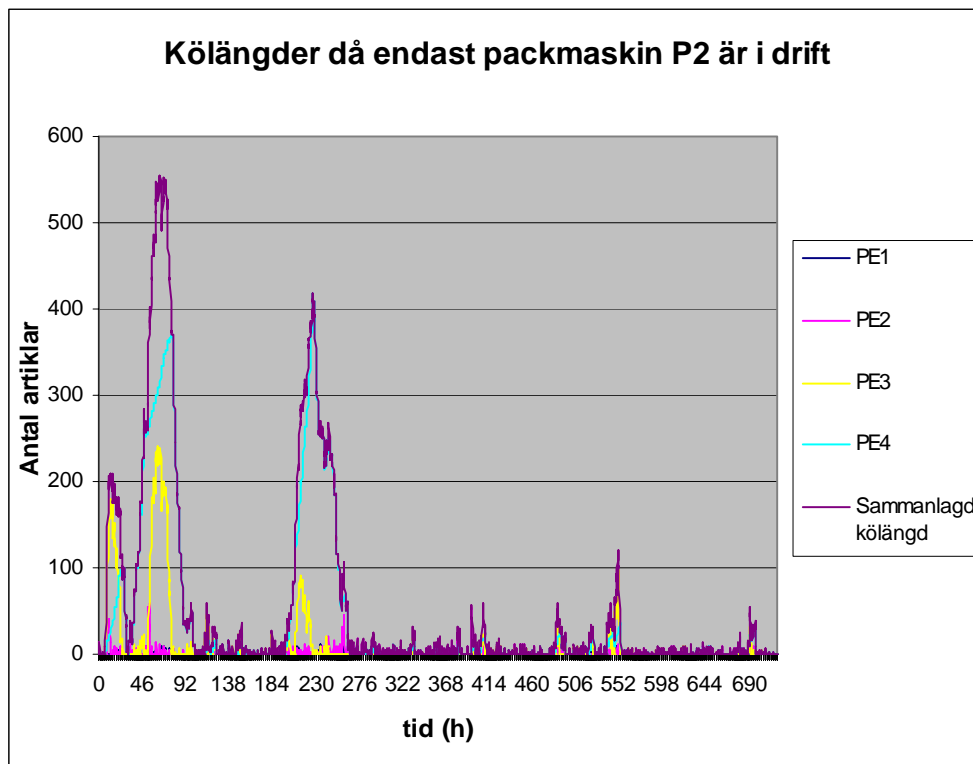
Viktigt att notera är att packmaskin P1 inte kan hantera de allra största artiklarna, vilket kräver att dessa plockas ur systemet tidigare i processkedjan eller att de buffras upp på konvejrarna som är avsedda för detta ändamål. Storleken på buffringskonvejrarna är dock begränsad vilket innebär att då buffern är full så måste artiklarna manuellt plockas ur systemet för att undvika att de stoppar hela flödet av artiklar.

5.1.4 Scenario 2c – utgångsscenario med endast P2 i drift

I scenario 2c är endast packmaskin P2 i drift. Det innebär att alla artiklar från alla producerande enheter, PE processas i packmaskin P2. Kurvan i bild 5.4 visar hur långa köer som uppkommer under perioden. I detta scenario är inga planerade stopp inlagda.

Detta scenario är av intresse eftersom det kan vara ett underlag för att avgöra vid vilka tider ett stopp av packmaskin P1 kan planeras in. Vid de perioder då kölängderna understiger 120 artiklar från respektive producerande enhet, PE, kommer emballeringsavdelningen att kunna behandla inkommande artiklar med endast packmaskin P2 i drift.

Bild 5.4



Simuleringen visar tydligt att under en stor inledande del av den simulerade månadslånga perioden, är köerna främst från PE3 och PE4 oacceptabelt långa. Att skillnaden jämfört med scenario 2b är så stor, trots att samma antal artiklar har anlänt till emballeringsavdelningen, beror på att packmaskin P2 mer frekvent drabbas av störningar i processen.

Den slutsats som kan dras från grafen är att packmaskin P1 kunde ha stoppats för underhåll alla tidpunkter förutom då kölängden från en eller flera av de producerande enheterna, PE översteg 120 rullar.

5.1.5 Scenario 3 - färre störningar

Scenario 3 utgår från utgångsscenario 2a. I detta scenario har antalet störningar som är direkt orsakade av problem med packmaskinerna halverats. Det är alla störningstyper förutom störningstyp 2, 3, 4 och 6. De ej inkluderade störningstyperna härstammar från fel som uppkommit tidigare i produktionskedjan.

Detta scenario bygger på hypotesen att färre störningar uppkommer om operatörerna tar ett större ansvar för det enklare underhållet och att deras engagemang ökar enligt TPM (Total Productive Maintenance). I TPM talas även om att underhållsavdelningen ska få mer tid till att utföra förbättrande underhåll, exempelvis att skapa störningsfria processer genom att bygga bort fel (Ljungberg, 2000).

Tabell 5.3

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	502
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	75

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	21
PE2	69
PE3	44
PE4	21

Tabell 5.3 visar de längsta uppkomna köerna från varje producerande enhet, PE till emballeringsavdelningen, den genomsnittliga genomloppstiden genom systemet för varje artikel samt den genomsnittliga kötiden för varje artikel.

Vid jämförelse med tabell 5.2 i scenario 2a kan utläsas att den genomsnittliga genomloppstiden samt den genomsnittliga kötiden minskat något. Detta ökar marginellt emballeringsavdelningens tillgänglighet och möjlighet till flexiblare planering av underhållsinsatser. Orsaken till att skillnaden vid jämförelse med scenario 2a blev så liten beror till stor del på att de störningar som uppkommer i processen har i simuleringssmodellen blivit jämnt fördelade över hela simuleringstiden och inte enbart under processtiden.

5.1.6 Scenario 4 - dagliga korta stopp

Scenario 4 utgår från utgångsscenario 2a. I detta scenario sker inte ett fem timmar långt stopp per vecka och packmaskin. Istället sker ett entimmestopp varje dag i veckan. Eftersom underhållsavdelningen endast jobbar dagtid och inte på helgerna, ställer det krav på att operatörerna på packmaskinerna tar ett större ansvar för det enklare underhållet.

Det stämmer bra överens med teorierna i TPM om att operatörerna ska ta ett större ansvar för det enklare underhållet. Det resulterar i mer kunniga operatörer, vilket är ett steg mot ”nollfelstänkandet. Dessutom frigör det resurser från underhållsavdelningen vilken kan ägna mer tid åt förbättrande underhåll (Ljungberg, 2000).

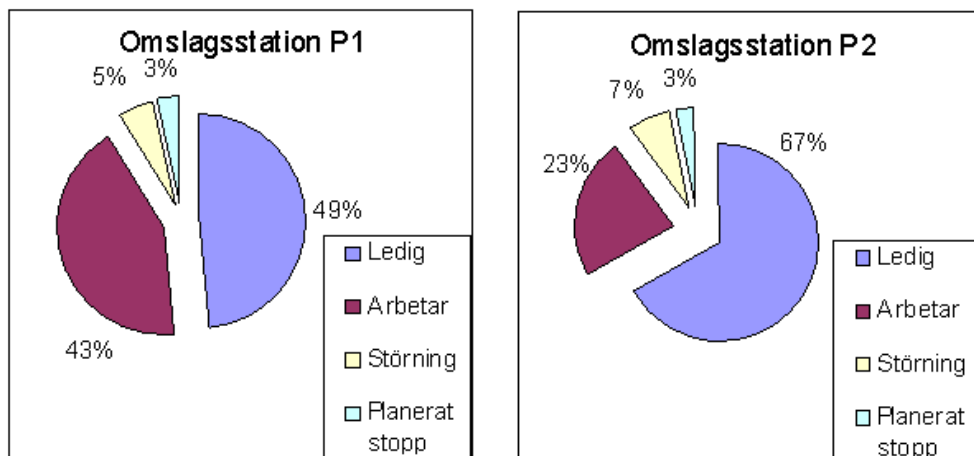
I denna simulering studeras förutom kölängder, genomsnittlig genomloppstid och genomsnittlig kötid även hur belägningsgraden av subprocess 3 (emballering med omslagspapper) förändras jämfört med utgångsscenarioet. Se tabell 5.4 och bild 5.5

Tabell 5.4

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	500
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	68

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	37
PE2	69
PE3	26
PE4	14

Bild 5.5





Den genomsnittliga genomloppstiden och även genomsnittliga kötiden har minskat jämfört med scenario 2a vilket beror på att de planerade stoppen endast är en timme per gång, vilket är att jämföra med fem timmar i scenario 2a. En naturlig följd blir att i detta scenario tillåts inte lika långa köer att byggas upp.

Belägningsgraden i form av ledig tid och tid då packmaskinen arbetar har inte förändrats nämnvärt jämfört med det ursprungliga scenario 2a. Däremot har antalet planerade stoppen ökat.

5.1.7 Scenario 5 - färre störningar & dagliga korta stopp

I scenario 5 samkörs scenario 3 och scenario 4. Resultatet av körningen visar effekterna av att köra färre störningar kombinerat med dagliga planerade entimmes stopp för underhåll. (tabell 5.5)

Om operatörerna tar ett större ansvar för underhållet och dessa underhållsinsatser utförs i korta etapper men oftare kan det ge färre störningar i processen. Det beror främst på att operatörerna lär sig hantera utrustningen och själva mer aktivt kan arbeta för en störningsfri process. Det stämmer bra överens med teorierna i TPM och TQM om att då ett företag arbetar med ständiga förbättringar (Bergman, Klefsjö, 2007) och med det synsättet som grund, satsar mer på att låta operatörerna utföra visst underhåll, så ökar kunskapen hos operatörerna. Det leder i sin tur till minskat antal störningar i processen (Nord, Pettersson, Johansson, 1997).

Tabell 5.5

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	487
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	64

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	30
PE2	69
PE3	23
PE4	11

Resultatet visar tydligt att den genomsnittliga genomloppstiden samt den genomsnittliga tiden i kö minskar, vid jämförelse med scenario 2a, då störningarna minskar och då underhållet sker under korta intervaller.

5.1.8 Scenario 6 - färre planerade stopp

Scenario 6 utgår från scenario 4. Planerade stopp sker här en timme varannan dag till skillnad mot i scenario 4 där planerade stopp sker en timme varje dag.

Detta scenario bygger på hypotesen att tillståndsbaserat underhåll, TBU, kan korta ner den totala planerade stopptiden (Möller & Steffens, 2006). Se jämförelser, i bilaga A, hur olika underhållsstrategier ger olika total stopptid.

Kortare stopptider kan åstadkommas genom att livslängden på utrustningen förlängs genom att dess tillstånd kan mätas. Det ger att utrustningsdetaljer byts ut först då deras tillstånd uppnått fastlagd förslitningsnivå. Effekten blir att den totala tiden som krävs för förebyggande underhåll av maskinen kan minskas (Idhammar, 1997).

Simuleringsresultaten redovisas i tabell 5.6.

Tabell 5.6

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	488
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	64

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	24
PE2	73
PE3	21
PE4	12

Simulering av scenario 6 ger att mer tillståndsbaserat underhåll kan ge kortare genomsnittliga genomloppstider och kortare genomsnittliga kötider. De maximala kötiderna har minskat något jämfört med ursprungsscenarioet (scenario 2a) och då främst med köerna från PE3 och PE4.

5.1.9 Scenario 7a - utökad produktion från PE

Scenario 7a utgår från utgångsscenario 2a. Här har antal artiklar som anländer till emballeringsavdelningen ökat med 30 % från varje producerande enhet, PE, jämfört med utgångsscenario. Eftersom antalet störningarna baseras på antalet artiklar som processas har även antalet störningar ökat med 30 %.

En ökning på produktionen med 30 % kan kännas som en väldigt stor ökning men det motiveras med att detta skulle kunna vara en undersökning av hur emballeringsavdelningen blir belagd vid exempelvis inköp av ytterligare en ny producerande enhet, PE, alternativt att en produktionsökning sker i de befintliga producerande enheterna.

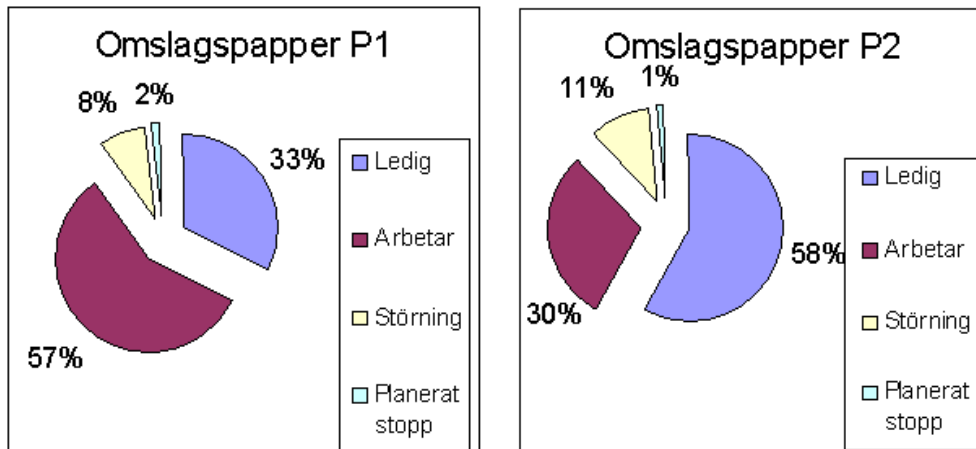
Precis som i ursprungsscenario (scenario 2a) så sker ett fem timmar långt planerat stopp för underhåll en gång per vecka per packmaskin. I resultatet från simuleringen kommer, förutom den genomsnittliga genomloppstiden och den genomsnittliga kötiden, även anläggningens nyttjandegrad att undersökas. Resultatet av simuleringen redovisas i tabell 5.7 och bild 5.6.

Tabell 5.7

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	870
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	371

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	175
PE2	361
PE3	82
PE4	127

Bild 5.6



Simuleringen visar att den genomsnittliga genomloppstiden och den genomsnittliga tiden i kö kraftigt ökar. Även de maximala kölängderna från de producerande enheterna, PE blir mycket större. Kölängderna från PE1 och PE2 blir oacceptabelt höga och det kan utläsas en antydning till att störning av produktionen på framförallt PE2 skulle uppkomma.

Bild 5.6 visar att nyttjandegraden blir mycket förhöjd på båda packmaskinerna jämfört med tidigare scenarion. Den större ökningen av beläggningen drabbar packmaskin P1 vilket beror på att den redan idag är hårdare belagd och packar fler artiklar än packmaskin P2. Därför blir en ökning på 30 % mer kännbar för packmaskin P1.

5.1.10 Scenario 7b - ökad produktion från PE & dagliga korta stopp

Scenario 7b skiljer sig från scenario 7a genom att de planerade stoppen sker en timme varje dag i veckan, på samma vis som beskrivs i scenario 4. Eftersom framför allt kölängderna vid simulering av scenario 7a blev oacceptabelt långa undersöks i scenario 7b om en annan planering av underhållsinsatser kan ge kortare kölängder och kortare genomloppstider samt kortare kötider.

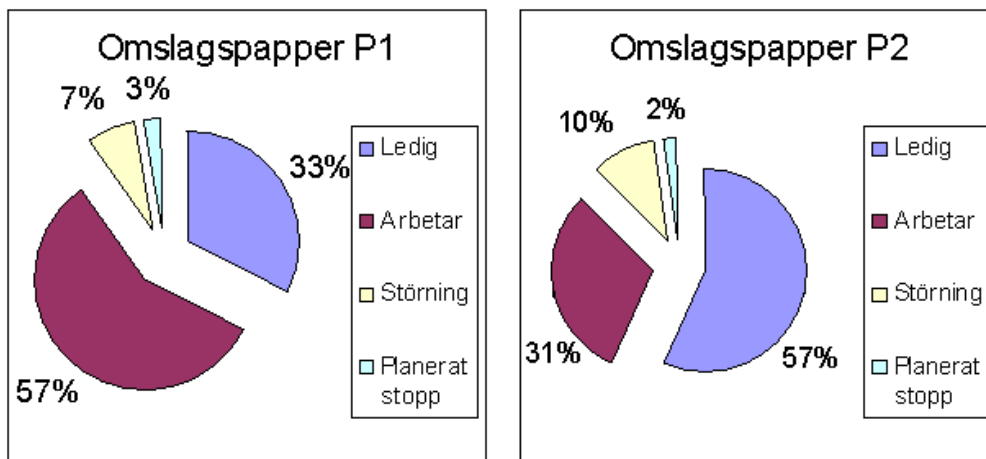
Resultatet av simuleringen redovisas i tabell 5.8 och bild 5.7.

Tabell 5.8

Genomsnittlig genomloppstid per artikel (s)	630
Genomsnittlig kötid per artikel (s)	162

Producerande enhet	Max kölängd från respektive PE (st)
PE1	56
PE2	169
PE3	44
PE4	14

Bild 5.7



Simuleringen ger mycket intressanta resultat. Genom att planera in underhållsinsatserna under en timmes tid varje dag istället för en gång varje vecka under fem timmars tid (scenario 7a) kan mycket vinnas. Den genomsnittliga genomloppstiden minskar kraftigt. Minskar mycket kraftigt gör även den genomsnittliga kötiden.



De långa köerna undviks med undantag för kön från PE2 som dock är mycket kortare än i scenario 7a.

Nyttjandegraden visar att de planerade stoppens totala tid ökar medan tiden då packmaskinerna arbetar förblir i stort sett oförändrad.

Slutsatsen av simulering av scenario 7b är att vid en trettioprocentigt ökad belastning blir betydelsen av underhållsplanering mycket viktig. Genom att utföra de planerade stoppen vid rätt intervaller och med rätt tidslängd så kan tillgängligheten ökas jämfört med om planeringen av underhållet inte är välgrundad.

5.2 Sammanställning av analys

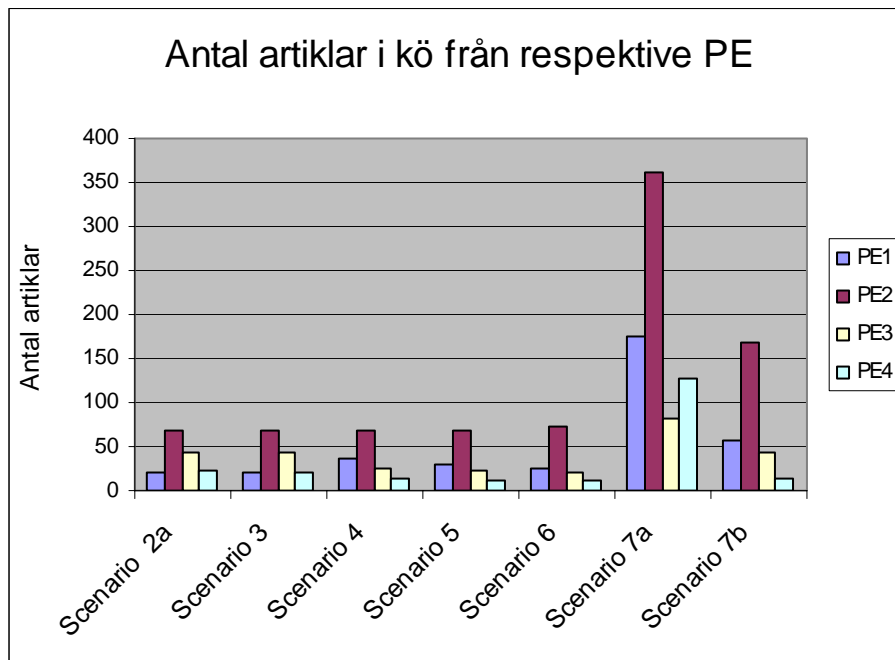
Nedan följer en sammanställning i form av stapeldiagram som ger en överblick över resultaten från de körda scenarierna.

Upprepning över innebörden av de olika scenarierna:

- Scenario 1: Validering av modell
- Scenario 2a: Ursprungscenario
- Scenario 2b: Endast packmaskin P1
- Scenario 2c: Endast packmaskin P2
- Scenario 3: Färre störningar
- Scenario 4: Dagliga korta stopp
- Scenario 5: Färre störningar & dagliga korta stopp
- Scenario 6: Korta stopp varannan dag
- Scenario 7a: Ökad beläggning
- Scenario 7b: Ökad beläggning & Korta dagliga stopp

Bild 5.8 visar hur kölängderna från respektive producerande enhet, PE ändras i de olika scenarierna.

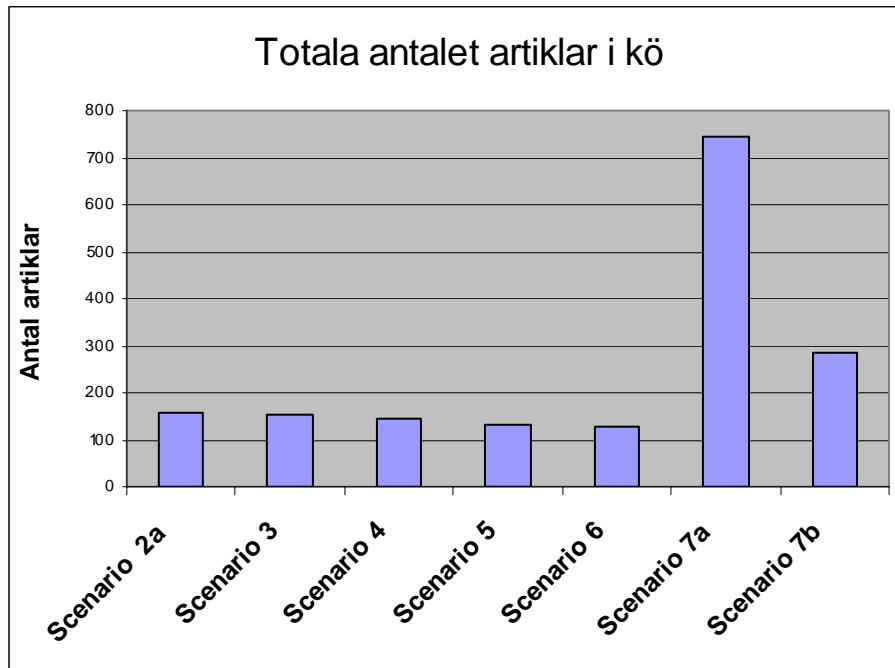
Bild 5.8



Diagrammet visar inga stora skillnader i antal artiklar i kö på de första scenarierna. Vilken kö som är längst är mycket beroende på vilka styrregler som modellen har försetts med. Att kön från PE2 är den längsta vid varje scenario härrörs från det faktum att i modellen har flödena från de andra producerande enheterna prioriterats.

Hur det totala antalet artiklar i kö förändras vid varje scenario visas nedan i bild 5.9.

Bild 5.9

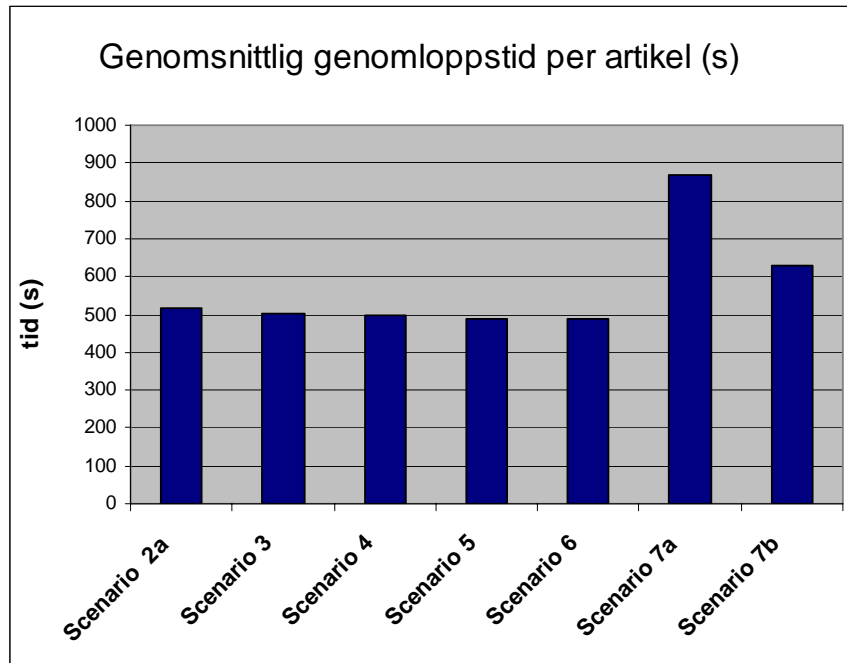


Skillnaderna mellan antal artiklar i kö är inte så stora i de fem första scenarierna. Den stora skillnaden mellan scenario 7a och scenario 7b visar att det är mycket känsligare med långa stopp för underhåll då beläggningen på maskinerna ökat.

Tillfälligheter kring det ojämna flödet med artiklar från de producerande enheterna i kombination med olika planerade underhållsinsatser kan vara orsaken till en del av skillnaderna. Tendensen att korta dagliga stopp ger kortare köer vid jämförelse med långa stopp en gång i veckan kan dock tydligt utläsas från diagrammet.

I bild 5.10 redovisas en sammanställning för den genomsnittliga genomloppstiden från varje scenario.

Bild 5.10

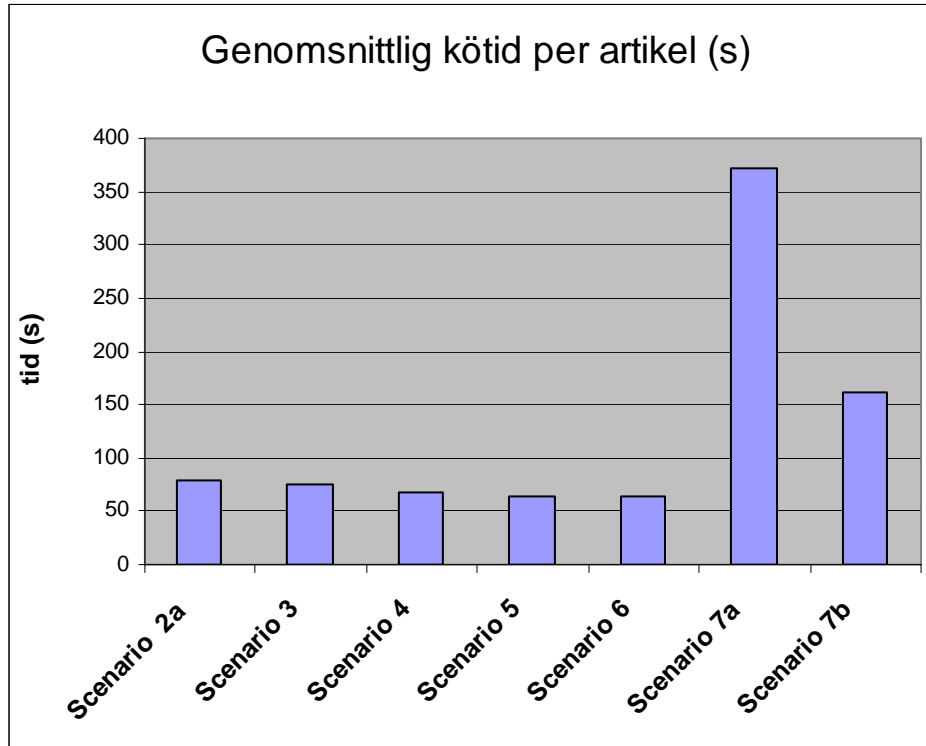


Vid jämförelse mellan de olika scenarierna syns skillnader i den genomsnittliga genomloppstiden. Av stort intresse är skillnaden i genomloppstid mellan scenario 2a och scenario 4 då enda skillnaden i simuleringen har varit att underhållsinsatser har skett en timme varje dag (scenario 4) jämfört med fem timmar en gång i veckan (scenario 2a). Resultatet visar att det är möjligt att minska på genomloppstiden per artikel genom att underhålla totalt mer, men under korta dagliga stopp istället för en gång i veckan. Detta kan vara en grund för ändring av underhållsstrategin. Ännu tydligare blir detta i scenario 7a och scenario 7b då beläggningen är förhöjd.

Överlag krävs mycket noggrannare planering kring underhållsinsatser då beläggningen på packmaskinerna ökar. Att underhålla packmaskinerna med korta dagliga stopp kan vara ett bra alternativ eftersom flödena inte alls störs på samma sätt som under ett fem timmar långt underhållspass.

Bild 5.11 visar en sammanställning av den genomsnittliga kötiden per artikel från varje scenario

Bild 5.11



Samma resultat kan utläsas från diagrammet för den genomsnittliga kötiden som från den genomsnittliga genomloppstiden (bild 5.10). Mindre tid behöver tillbringas i kö när underhållsinsatserna sker i dagliga korta stopp jämfört med en längre underhållsinsats en gång i veckan. Detta trots att den totala stopptiden för underhåll är längre. Resultatet kan utläsas vid jämförelse mellan scenario 2a och scenario 4 där förutsättningarna annars är lika. Mycket mer tydligt blir detta vid en ökning av beläggningen vilket illustreras av skillnaden mellan staplarna i scenario 7a och scenario 7b.

6 Resultat

I detta kapitel upprepas syftet med arbetet och resultatet presenteras. Några förslag till fortsatta undersökningar ges till sist av författarna.

Denna studies syfte är att utvärdera om simulering av flöden kan vara en hjälp för att prediktera beläggingsgraden hos emballeringsavdelningen. Med simulering som grund ska beslut kunna tas om hur förebyggande underhåll av packmaskinerna ska planeras in.

Emballeringsavdelningen består av två funktionellt likvärdiga packmaskiner. Deras uppgift består i att emballera de artiklar som producerats tidigare i produktionskedjan av de fyra producerande enheterna. Artiklarna anländer till emballeringsavdelningen via transportbanor. Vid ankomsten finns ett konvejsersystem som tillåter att artiklarna kan sändas till valfri packmaskin.

En stor del av det förebyggande underhållet kräver att driftstopp av packmaskinerna planeras in. Genom att skapa en simuleringsmodell över emballeringsavdelningen har ett antal scenarion kunnat simuleras. Dessa scenarion bygger på hypoteser om vilken effekt olika förändringar av det förebyggande underhållet kan ha på köer, processtider och genomloppstider.

Från de olika simuleringarna har resultat om beläggingsgrad och köbildning genererats. De har sammanställts och jämförts med varandra. Sammanställningen visar på ett överskådligt sätt skillnader på köbildning och beläggingsgrad mellan de olika scenarierna.

Resultaten från simuleringarna visar att dagliga korta underhållsinsatser stör flödet av artiklar mindre och även minskar genomloppstiden för varje artikel jämfört med vad en längre underhållsinsats gör. Detta trots totalt mer tid för underhåll.

Detta examensarbete visar att de resultat som kan genereras vid körning av olika simuleringar bör kunna vara ett bra underlag för att avgöra vilka underhållsstrategier som är bäst lämpade för att planerade stopp på emballeringsavdelningen ska orsaka minimalt med störningar på artikelflödet. Arbetet har visat att simulering av flöden är ett bra hjälpmedel för att kunna planera in stopp för förebyggande underhåll.

6.1 Förslag till fortsatt arbete

Förslag till fortsatt arbete är att utveckla modellen vidare för att noggrannare kunna styra artiklarnas väg genom modellen. På detta vis kan även kvotering studeras och beslutas om noggrannare riktlinjer kring. För optimering av flöden genom emballeringsavdelningen är kvotering en viktig parameter att ta hänsyn till. I samband med den utvecklade modellen vore det önskvärt att direkt och med automatik kunna förse modellen med indata från de producerande enheterna, PE, för att på så vis snabbt och enkelt kunna utföra en simulering.

Simuleringsmodellen passar utmärkt till att prova andra tänkbara scenarion som inte har undersökts i detta arbete.

För förändring av emballeringsavdelningens underhållsstrategi hos företaget krävs fler studier av vad andra underhållsalternativ ger för effekter på exempelvis tillförlitligheten.

Att använda simulering i andra delar av företagets verksamhet kan vara fullt möjligt. Simulering har stora möjligheter men det krävs att användaren också vet vad målsättningen är med varje simulering så att onödigt arbete kan undvikas.

Ytterligare förslag på fortsatt arbete är att finna en lösning på de problem som störningstyp 7 i P2 och störningstyp 8 i P1 orsakar.

De korsande flöden som uppkommer i konvejsystemet, då de artiklar som inte kan hanteras av P1 utan måste dirigeras till P2, skulle även det kunna vara av intresse att studera.

7 Slutord

I kapitlet slutord ger författarna egna kommentarer om arbetet.

Examensarbetet har varit mycket roligt och stimulerande. Det har gett många nya insikter och nyttiga erfarenheter.

Riktlinjerna för hur simuleringsmodellen skulle tas fram och avgränsas har beslutats i samråd med handledaren. Tiden för arbetet har varit begränsat vilket fått som följd att exempelvis flödesoptimering har utelämnats. Simuleringsmodellen är byggd med en logik som ger ett strikt reglerat flöde där kvoteringsändringar i växlarna inte går att utföra snabbt och enkelt. I företagets verkliga verksamhet kan operatören, om en kö från någon av de producerande enheterna, PE är för stor, utföra kvotering för att fördela kölängderna jämnare vilket skulle öka tillgängligheten för underhåll.

Vad operatörsrollen innefattar i form av underhåll av maskiner och även hur operatören avgör hur kvotering sker blev sent klarlagt. Ett bra arbetssätt för att lära sig mer om operatörsrollen kunde ha varit att i ett tidigt skede praktisera någon dag som operatör på emballeringsavdelningen.

Företaget är inne i en omorganisation där en del av förändringarna rör förbättrat underhåll och ökad medvetenheten och engagemang bland de anställda. I samband med detta kan en diskussion om val av underhållsstrategi vara lämplig.

Vid val av underhållsstrategi kan simulering med fördel användas. Dock krävs mycket kompletterande undersökningar av exempelvis hur driftsäkerheten påverkas.

8 Referensförteckning

Böcker

Bergman Bo & Klefsjö Bengt (2007) ”Kvalitet, från behov till användning” upplaga 4:1, Lund, Studentlitteratur, ISBN 978-91-44-04416-3

Björklund Maria & Paulsson Ulf (2003) ”Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera” Lund, Studentlitteratur ISBN 91-44-04125-X

Hagberg Leo & Henriksson Tomas (1994) ”Lönsamt Underhåll, 8 Steg till säkrad produktion. Del 5” Helsingborg, Captrona Fackpress AB, ISBN 91-972362-4-1

Harrel Charles & Tumay Kerim (1995) ”Simulation made easy: a managers guide” Atlanta (USA), Institute of Industrial Engineers ISBN 0-89806-136-9

Idhammar Börje. (1997) ”Rationellt underhåll 2, Underhåll – Teknik och metoder” andra upplagan. Tullinge, Idhammar Förlag ISBN 91-630-5161-3

Ljungberg Örjan (2000) ”TPM, vägen till ständiga förbättringar” Lund, Studentlitteratur ISBN 91-44-00837-6

Law Averill M. & Kelton W. David (1991) ”Simulation Modeling & Analysis” andra upplagan, USA, McGraw-Hill, Inc. ISBN 0-07-036698-5

Möller Per & Steffens Jürgen. (2006) ”Underhållsteknik” andra upplagan. Stockholm, Liber ISBN 91-47-01904-2

Nord Christer, Pettersson Bengt & Johansson Berndt. (1997) ”TPM, Total Productive Maintenance med erfarenhet från Volvo” Upplaga 2. Mölndal, Institutet för Verkstadsteknisk Forskning och Volvo ISBN 91-972795-8-7.

Vetenskapliga artiklar

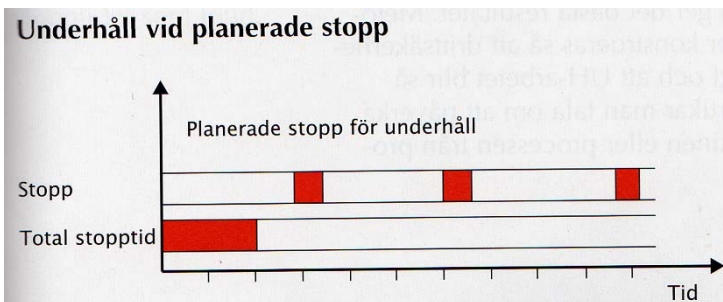
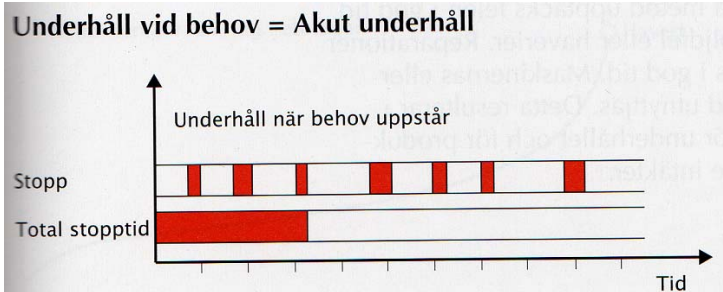
Al-Najjar Basim (1996). ”Total quality maintenance - An approach for continuous reduction in costs of quality products”. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Emerald (MCB) Volym: 2, Nummer: 3, Sida: 4-20.

Bala Krishnan N.T. (1992). ”A simulation model for maintenance planning”. Reliability and Maintainability Symposium, IEEE, Annual, Sida: 109-118.

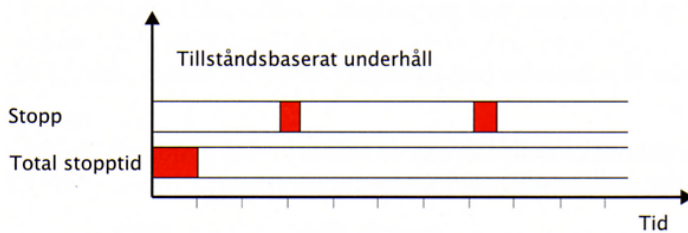
Kompendium

Langhé Roland ”Grundläggande presentation av området Underhållsteknik” Rönninge, RL Teknikinformation.

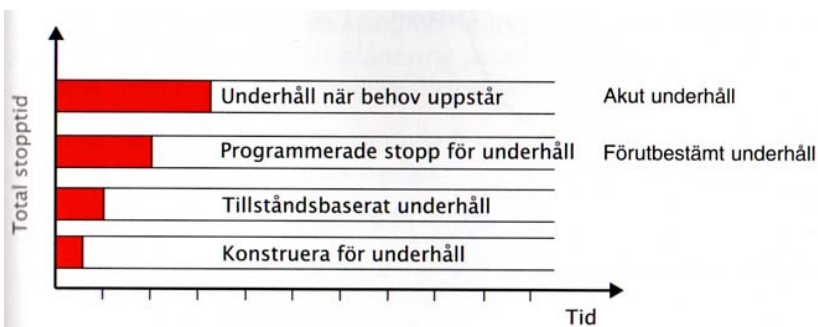
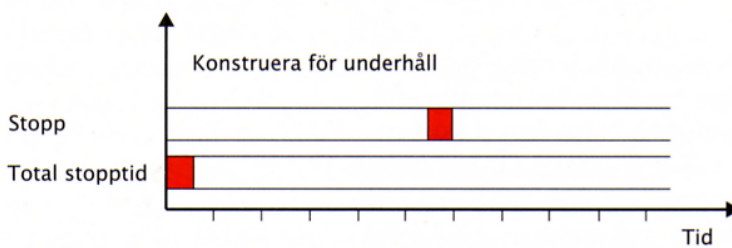
Bilaga A Stopptider - Underhållsstrategier



Tillståndsbaserat underhåll



Konstruera för underhåll



Källa: Möller, Steffens (2006)