



AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för industriell ekonomi, industridesign och maskinteknik

En arbetsmodell för intervallplanerat underhåll

Planering och kostnadsberäkning för underhållsarbete

Elias Lind & Erik Västerbo

2021

Examensarbete, Grundnivå (högskoleexamen), 15 hp
Maskinteknik
Maskiningenjör, Co-op

Handledare: Robert Märs
Examinator: Sven-Erik Lundberg

Förord

Stort tack till:

Malin Åkesson för korrekturläsning.

Handledare Robert Märs som har varit en stor hjälp som handledare.

Uppdragsgivarens kontaktperson som varit till stor hjälp med information och synpunkter på hur studien ska utformas.

Referensgruppen för bra feedback och korrekturläsning.

Sammanfattning

Denna studie har genomförts hos en uppdragsgivare som verkar inom livsmedelsindustrin. Studien genomfördes då en av deras maskiner i produktionslinan har återkommande haverier. Maskinen är det sista steget i paketeringen och kallas för tejpnedtryckare. Den fäster en tejprensa på förpackningarna för att försegla förpackningen under tillverkningsprocessen samt att konsumenterna kan återförsegla förpackningen vid användning. Maskinens oplanerade stopptid står för 2,4 procent av den totala produktionstiden och ett genomsnittligt avhjälpande underhållsarbete på tejpnedtryckaren tar två timmar. När studien genomfördes fanns det ingen tydlig plan för hur förebyggande underhåll på maskinen skulle utföras för att minska de haverier som inträffar. Syftet med denna studie är att minska den stopptid som uppstår på grund av haverier vid tejpnedtryckaren och målet med denna studie är därför att presentera en arbetsmodell för planering och kostnadsberäkningar av underhållsarbete.

För att uppfylla studiens mål och syfte användes olika metoder. Det första som gjordes var att samla in data med hjälp av observationer, intervjuer och uppdragsgivarens databas. Utifrån datainsamlingen skapades det sedan ett Ishikawadiagram som visade vilka felkällor det finns till haverierna. Efter det utfördes en parvis jämförelse mellan felkällorna för att rangordna felen i hur allvarlig konsekvensen av ett haveri är. För att validera rangordningen av felkällorna gjordes en FMEA vid sidan av Ishikawadiagrammet. Efter felkällorna rangordnats beräknades dessa i en Weibullmodell för att få ut ett intervall för förebyggande underhåll. För att se underhållsarbetet ur ett ekonomiskt perspektiv utfördes beräkningar för att se vilken typ av underhållsarbete som ska utföras.

Metoderna sammanfattades till en arbetsmodell som kan användas för att utreda och implementera underhåll på utrustning som saknar tillståndsbaserad övervakning. Arbetsmodellen består av en instruktion för hur modellen ska användas och kalkylark för kostnads- och intervallberäkningar. Stegen i modellen är genomförda i denna studie för att säkerställa att det är genomförbart och att det går att applicera på en maskin utan tillståndsbaserad övervakning.

Felkällornas haveridatum var tvetydiga då underhållsrapporterna från uppdragsgivaren var mycket bristfälliga och svåra att tyda. Det var inte alltid möjligt att utläsa hur eller vad underhållet var utfört på. Detta medför att trovärdigheten för Ishikawadiagrammets, FMEA:ns och intervallberäkningarnas resultat är låg. FMEA, Ishikawadiagrammet och parvis jämförelse ingår inte i den slutgiltiga arbetsmodellen då de var överflödiga.

Summary

This study has been carried out with a client in the food industry. One of their machines in the production line has recurring breakdowns. The machine is the last step of the packaging process, and it is called the tape presser. It attaches a strip of tape to the packages to seal the package during the manufacturing process and so consumers can reseal the package when used. The machine's unplanned downtime accounts for 2.4 percent of the total production time and an average corrective maintenance work on the tape presser takes two hours. At the time of the study, there was no clear plan for how preventive maintenance on the machine should be carried. The aim of this study is to present a work model for planning and calculating the cost of maintenance work, and the purpose is to reduce the stop time due to the failure at the tape presser.

To meet the aim and purpose of the study, different methods were implemented. The first thing was to collect data using observations, interviews, and the client's database. Based on the data collection, an Ishikawa diagram was then created that showed the sources of error to the failures. After that, a pairwise comparison of the sources of error was performed to rank the errors in the severity of the consequence of a failure. To validate the ranking of the error sources, an FMEA was made after the Ishikawa diagram. When the error sources were ranked, these were calculated in a Weibullmodel to get an interval for planned maintenance. In order to see the maintenance work from an economic perspective, calculations were made to see what type of maintenance work is to be carried out.

The methods were summarized into a work model that can be used to investigate and implement maintenance on equipment that does not have state-based monitoring. The work model consists of an instruction for using the model, a cost and interval calculation spreadsheet. The steps in the model are completed in this study to ensure that it is feasible and that it is possible to apply to a machine without permit-based monitoring.

The date of the fault sources was ambiguous as the maintenance reports from the client was very deficient and difficult to decipher. It is not always possible to determine how or what the maintenance is carried out on. As a result, the credibility of the results of the Ishikawa diagram, FMEA, and range calculations is low. FMEA, Ishikawa diagram and the pairwise comparison was removed because they did not provide anything.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
2	Teori	3
2.1	Kostnader för underhållsarbete	3
2.2	Intervallberäkning	4
3	Metod och genomförande	6
3.1	Datainsamling	6
3.2	Ishikawadiagram	7
3.3	Feleffektsanalys	8
3.4	Intervallberäkning	8
3.5	Kostnadsberäkningar	9
3.6	Framtagning av underhållsinstruktioner	9
3.7	Framtagning av arbetsmodell Flytta upp ovan delress	10
4	Delresultat	11
4.1	Datainsamling	11
4.2	Analys av felkällor	12
4.2.1	Genomförande av feleffektsanalys Erik	12
4.3	Intervallberäkning för felkällor	13
4.4	Kostnadsberäkningar för avhjälpande och förebyggande underhåll	14
4.5	Resultat	14
5	Analys och diskussion Klar	17
6	Slutsatser	20
6.1	Förslag på framtida studier	20
	Referenser	21
	Bilaga A	A1
	Bilaga B	B1
	Bilaga C	C1

1 Introduktion

För de allra flesta företag är tid lika med pengar. När produktionen stannar på grund av oplanerade stopp innebär det en kostnad. Att inte ha en förebyggande underhållsplan kan göra att risken för dessa stopp ökar och därför också företagets kostnader. Finns det inte en plan för hur avhjälpande underhåll ska hanteras kommer tiden för stoppen öka [1]. Därför är det intressant att ta fram både en avhjälpande och en förebyggande underhållsplan ur en metodologisk synvinkel. Vilket kommer att genomföras i denna studie.

Uppdragsgivaren för denna studie verkar inom livsmedelsindustrin. Verksamheten kännetecknas av en effektiv tillverkning och de ska tillhandahålla säkra och användarvänliga förpackningar till sina konsumenter. I slutet av produktionslinjen fästs en tejprensa på förpackningarna för att både försegla förpackningen under tillverkningsprocessen samt för att konsumenterna kan återförsegla den vid användning. Tejpnedtryckaren består av en dubbelverkande pneumatisk cylinder och fyra fjädrar som hjälper till på minusrörelsen. Bottenplattan pressar ner tejpens uppe på förpackningen och en rulle fäster tejpens längst med ena långsidan, se figur 1.



Figur 1. Pneumatisk tejpnedtryckare, en modell skapad 3D miljö.

Tejpnedtryckaren havererar oregelbundet vilket resulterar i behov av avhjälpande underhåll. Detta medför att produktionslinans utnyttjandegrad minskar till 2,4 procent och ett genomsnittligt avhjälpande underhållsarbete på tejpnedtryckaren tar 120 minuter enligt uppdragsgivaren. I skrivande stund finns ingen tydlig plan för hur förebyggande underhåll ska genomföras på tejpnedtryckaren. För att höja utnyttjandegraden vill uppdragsgivaren upprätta en plan för avhjälpande- och förebyggande underhåll i form av instruktioner och tidsplanering. Planen för underhåll ska även vara ekonomisk hållbar.

Syftet med denna studie är att minska den stopptid som uppstår på grund av haverier vid tejpnedtryckaren. Målet är att presentera en arbetsmodell för planering och kostnadsberäkningar av underhållsarbete. För att uppnå studiens syfte och mål kommer följande frågeställningar att besvaras:

- Hur bestäms ett intervall för förebyggande underhåll?
- Hur identifieras felkällorna och de grundläggande orsakerna till tejpnedtryckarens oplanerade stopp?
- Hur kan tydliga underhållsinstruktioner skapas?

2 Teori

Produktionsplanering fokuserar på att en maskins kapacitet och underhåll planeras samtidigt för att bibehålla maskinens kapacitet. Dessa två delar går hand i hand och bör planeras gemensamt. I de flesta fall arbetas det med dessa problem separat, men en kombination av de två delarna kan göra maskinen mer effektiv och öka maskinens pålitlighet och tillgänglighet [2].

2.1 Kostnader för underhållsarbete

Avhjälpande- och förebyggande underhåll är båda förknippade med direkta och indirekta kostnader. Direkta kostnader är det materiel och den arbetskraft som krävs för att genomföra underhållet. Indirekta kostnader är förlusten av produktionskapacitet när underhållet genomförs. Med hjälp av ekvation (1) och (2) kan kostnaden för både avhjälpande- och förebyggande underhåll beräknas.

Kostnaderna kan jämföras mot varandra för att bestämma vilket alternativ som är mest lönsamt. I tabell 1 och 2 benämns de olika variablerna som finns i ekvation (1) och (2). Ekvation (1) beräknar kostnaden för avhjälpande underhåll och ekvation (2) beräknar kostnaden för förebyggande underhåll [3].

$$C_{CM} = \sum_{i=1}^n (n_{p,i} C_p \{2t_{LT,i} + t_{RT,i}\} + C_{M,i}) + t_{DT,i} C_{DT} \quad (1)$$

Tabell 1. Benämningar till ekvation (1) för avhjälpande underhåll.

Variabel:	Beskrivning:
n	Antalet underhållsarbeten
n_p [n]	Antalet personer som utför underhållet
C_p [kr/timme]	Personalkostnad
t_{LT} [timmar]	Transporttid till objekt
t_{RT} [timmar]	Aktiv tid för avhjälpande underhållsarbetet
C_m [kr/timmar]	Materiel och reservdelskostnad
t_{DT} [timmar]	Tid för produktionsstopp
C_{DT} [kr/timmar]	Förlust i produktion
C_{CM}	Kostnad, avhjälpande underhåll

$$C_{PM} = C_p \left(\sum_{i=1}^k n_{p1,i} t_{PM,i} + \sum_{j=1}^m n_{p2,j} \{t_{AT,j} + 2t_{LT,j}\} \right) + C_{PMM} + C_{PMDT} \quad (2)$$

Tabell 2. Benämningar till ekvation (2) för förebyggande underhåll.

Variabel:	Beskrivning:
c_p [kr/timme]	Personalkostnad
n_{p1} [n]	Antalet personer som utför underhållet
t_{pm} [timmar]	Aktiv tid för förebyggande underhåll
n_{p2} [n]	Antalet personer som jobbar med admin. och logistik
t_{AT} [timmar]	Tid för administration och förberedelser
t_{LT} [timmar]	Tid för logistikplanering
C_{pmm} [kr]	Materiel och reservdelskostnad
C_{pmdt} [kr*timmar]	Förlust i produktion gånger antalet timmar
m	Antalet underhållsarbeten eller kontroller
k	Turer från objektet till reservdelslager och planeringstillfällen
C_{PM}	Kostnad, förebyggande underhåll

De kostnadsposter som tas i beaktan i ekvation (1) och (2) kan betraktas tabell 1 och 2. Skillnaden mellan ekvationerna är att i ekvation (2) tas planering och logistikkostnader i beaktan dessa kostnadsposter beräknas under en egen summafunktion.

2.2 Intervallberäkning

Intervall mellan haverierna kan beskrivas med den s.k. Weibullmodellen ekv. (3) [4],

$$F = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta}}, \quad (3)$$

Där;

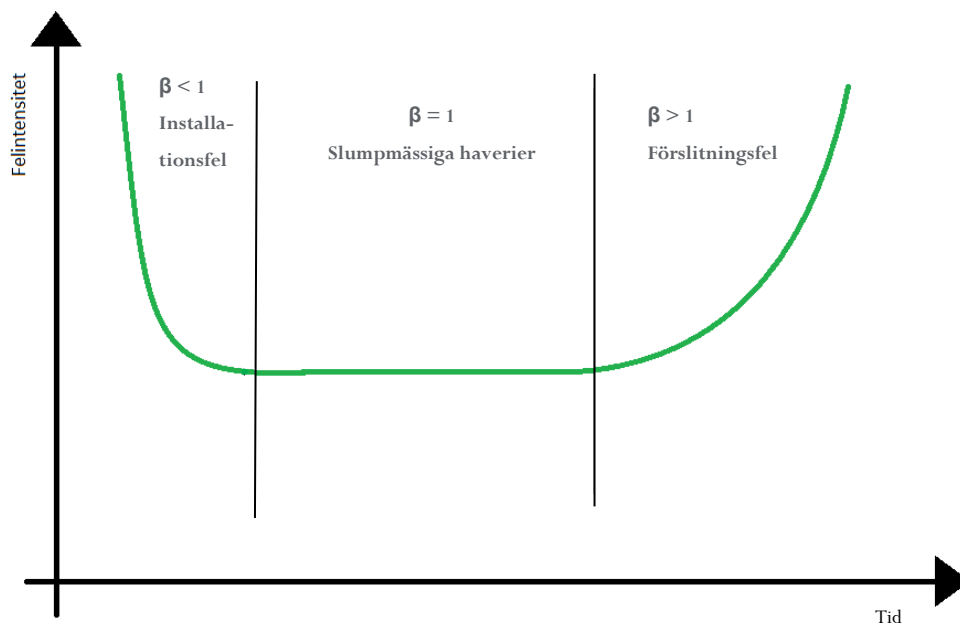
F är en procentsats över hur stor del som har havererat i det skedet,

t representerar tid eller tiden till haveri,

β står för lutningsparametern,

η representerar skalparametern för fördelningen.

Ekvation (3) kallas oftast för två-parameter Weibull-distributionen. Lutningen på kurvan är viktig då den indikerar vilket typ av fel som uppstått. Om $\beta < 1$, tyder det på att maskinen har ett installationsfel. Om $\beta = 1$ betyder det att felet är oberoende av tid och att det inträffar av ren slump. Om $\beta > 1$ indikerar det ett förslitningsfel, se Figur 2.



Figur 2. Kurva över β på en tid och felintensitet koordinatsystem.

Skalparametern η vilket är intervalltiden till haveri. I en Weibullmodell är η definierad som att 63,2 procent av populationen har havererat [4]. I denna studie kommer η vara intressant för att ta fram ett intervall för när förebyggande underhåll bör ske.

Att ta fram den felande tidpunkten, även kallad den kumulativa fördelningsfunktionen, kan härledas från ekvation (3) enligt [4]

$$\ln \ln \left(\frac{1}{1-F} \right) = \beta \ln(t) - \beta \ln(\eta). \quad (4)$$

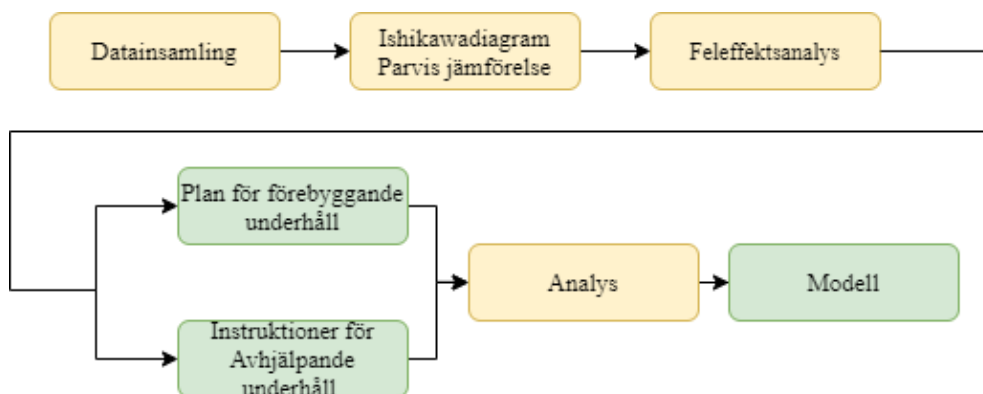
Ekvation (4) är en rät linje på en logaritmisk skala. För att ange koordinater i detta system blir y-axeln $\ln(\ln \frac{1}{1-F})$ och x-axeln blir $\ln(t)$ [4]. För att räkna ut skalparametern η används ekvationen

$$\eta = \frac{1}{e^{\frac{x_0}{\beta}}}. \quad (5)$$

x_0 är skärningspunkten i y-axeln.

3 Metod och genomförande

I detta kapitel beskrivs de olika metoderna som användes under studien. Se figur 3 för en bild över vad som genomfördes i studien och i vilken ordning.



Figur 3. Arbetsgång för studien. De gula rutorna är arbetsmetoder och de gröna är resultat.

3.1 Datainsamling

För att insamla nödvändiga fakta och information angående maskinens konstruktion genomfördes observationer av tejpnedtryckaren och en datainsamling från uppdragsgivarens databas från år 2019 och år 2020. Den inhämtade informationen bestod av:

- Hur ofta tejpnedtryckaren havererar.
- Vilka delar i maskinen som havererar.
- Hur lång tid det avhjälpande underhållet för maskinen tar.

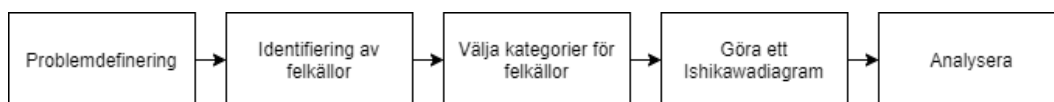
För att samla ytterligare information om maskinen intervjuades en operatör, underhållspersonal och en reservdelsinköpare som dagligen jobbar med maskinen. Intervjuerna var av en semistrukturerad karaktär och hade inledande frågor om ämnet för att sedan övergå till ett mer fritt samtal om maskinen och underhållsarbetet. För att en god etik skulle följas inom studien rådde en viss konfidentialitet kring intervjuer. Intervjupersonen informeras om syftet med studien, de metoder som används och personens rätt att när som helst avbryta sin medverkan. Personuppgifter publicerades inte då det inte var nödvändigt för studiens genomförande.

3.2 Ishikawadiagram

Ett Ishikawadiagram används för att hitta grundorsaken till ett problem och för att strukturera de felkällor som identifieras.

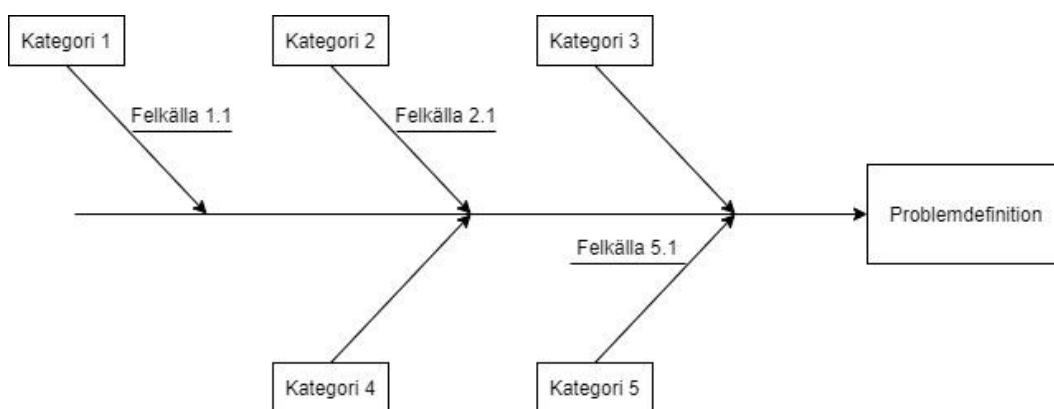
I denna studie genomfördes ett Ishikawadiagram av just denna anledning.

Diagrammet utformades av det material som kom av intervjuerna, observationerna och datainsamlingen. Arbetssättet för att göra ett Ishikawadiagram visas i figur 4 och beskrivs nedan steg för steg.



Figur 4. Arbetssätt för Ishikawadiagram [5].

Problemdefinieringen är att göra en enkel definiering av problemet, varför det är ett problem. För att identifiera alla felkällor är en användbar metod fem-varför. Frågan varför ställs fem gånger för att hitta grundorsaken till problemet och på så sätt identifieras också felkällan. Målet med detta är att reducera och helst av allt eliminera felkällan [6]. Att kategorisera de identifierade felkällorna görs lättast genom att använda sig av 5M. I denna studie användes M:en människa, maskin, material, metod och mätning [7]. Slutligen är det att göra själva diagrammet. Figur 5 visar ett exempel på hur ett Ishikawadiagram kan se ut.



Figur 5. Ett exempel på Ishikawadiagram.

Det sista steget var att analysera de felkällor som tagits fram. Detta gjordes genom en parvis jämförelse för att jämföra de olika felkällorna mot varandra i en tabell. Den felkälla som har störst påverkan på problemet som definierats fick ett poäng medan den jämförande fick noll poäng. När alla felkällor jämförts mot varandra adderades poängen ihop. Summan av dessa poäng utgör ett risktal som antingen klassificeras som låg eller hög riskgrad. 1 – 3 klassas som låg riskgrad och 4 – 7 klassas som hög riskgrad.

3.3 Feleffektsanalys

Feleffektsanalys, FMEA (eng. Failure Mode and Effect Analysis) är en metod för att förutsäga och rangordna möjliga felkällor. I detta fall var utgångspunkten tejpnedtryckaren. Tänkbara felkällor formulerades med hjälp av resultatet från Ishikawadiagrammet, intervjuer och uppdragsgivarens databas. Därefter kunde felkällorna viktas i en tabell där de med högst risknummer värderas högst [8].

De olika kategorierna poängsattes på en skala från 1 till 4, där 4 är mycket allvarligt och 1 är lägst i riskskalan. Därefter beräknades Risk Numret (RN) enligt

$$RN = O \cdot S \cdot D, \quad (6)$$

där: Occurance (O), innebär sannolikheten för att felet ska uppstå.
Significance (S), innebär vilken betydelse felet har för maskinen.
Detection (D) innebär hur troligt det är att felet kan upptäckas innan följderna drabbar flödet.

Produkten av dessa faktorer blir RN. De felkällor som fick högst risknummer prioriterades för intervallberäkningarna.

3.4 Intervallberäkning

Intervallberäkningen utformades genom att skriva in datumet vid haveri, som sedan räknar ut tiden emellan haverierna. Varje haveri får en tilldelad ranking. Ranking sker i storleksordning genom hur lång tiden till haveri är. Kvoten F räknas ut automatiskt efter haveriet registrerats. Kvoten F är en procentsats över hur stor del som har havererat i det skedet. Den räknades ut genom,

$$F = \left(\frac{\text{rankning} - 0,5}{\text{antal haverier}} \right). \quad (7)$$

För att räkna ut kvoten sattes en konstant in i täljaren i ekvation (7) på 0,5 för att det sista haveriet inte skulle få en kvot som var lika med ett. Om sista haveriet får en kvot som är lika med ett kommer Y-värdet blir ogiltigt då det annars blir nolldivision. Tiden till haveri och haverikvoten F logaritmerades som X- och Y-värden. Formlerna som användes för att räkna ut X och Y är presenterade i teoridelen. För att ta fram det optimala intervallet behövdes skärningspunkten och lutningen på X- och Y-värdena. Med X- och Y-värdet användes ekvation (5) för att ta fram intervallet.

3.5 Kostnadsberäkningar

För att säkerställa att det är mer kostnadseffektivt att genomföra förebyggande underhåll kontra avhjälpande underhåll beräknades kostnaderna för installation av den dyraste delen, som detta fall var en cylinder. Det förebyggande underhållet kan genomföras vid större stopp och på ett mer planerat sätt. Detta kan öka maskinens tillgänglighet och tillförlitlighet. Ekvation (1) och (2) ställdes upp i ett kalkylark för att på ett enkelt sätt beräkna kostnaderna för underhållsarbetet. Förlusten när produktionen står still är 2900 kr/timme, reservdelskostnad cylinder är 500 kr/styck, tid för avhjälpande underhåll är 120 minuter och det tar 60 minuter att montera ner och upp maskinen. Den information som saknas är: personalkostnad, reparationstid vid förebyggande underhåll, tid för logistikplanering och administrativa kostnader och tid. Då logistikplanering och administrativa kostnader och tider inte har någon större inverkan på resultatet räknas de inte med. Personalkostnader uppskattas till 500 kr/timme. Det tar 120 minuter att genomföra avhjälpande underhåll och det går snabbare att genomföra åtgärderna när maskinen är nedmonterad. Tiden det tar att reparera den nedmonterade maskinen uppskattas till 90 minuter, kostnader och tider presenteras i tabell 3.

Tabell 3. Kostnader och tider för underhållsarbete, avhjälpande och förebyggande vid tejpnedtryckaren.

Variabel:	Beskrivning:
Personalkostnad (kr/timme)	500
Kostnad för produktionsstopp (kr/timme)	2900
Tid för avhjälpande underhåll (timmar)	2
Tid för förebyggande underhåll (timmar)	1,5
Produktionsstopp avhjälpande (timmar)	2
Produktionsstopp förebyggande (timmar)	1
Reservdelskostnad, cylinder (kr)	500
Antalet personer som arbetar samtidigt på samtliga kostnadsposter (st)	1

3.6 Framtagning av underhållsinstruktioner

Underhållsinstruktionerna som skapades i denna studie skall hjälpa underhållspersonalens arbete med avhjälpande och förebyggande underhåll. Detta genom att förtydliga vilka av tejpnedtryckarens komponenter som ska ses över. En metod för detta var att utifrån instruktionen kan läsaren bygga upp en mental plan för hur hen ska utföra arbetet och även att instruktionerna ej ska missförstås [9]. Att skriva i arabisk numrering är bättre för förståelsen än romersk numrering [10].

Arbetet inleddes med att konstruera en färgkodad modell i 3D-miljö. Därefter skrevs textrutorna ut baserat på intervjuer, observationer och underhållspersonalens rapporter. Två kortfattade punktlister för hur avhjälpande och förebyggande underhåll skall utföras skapades.

3.7 Framtagning av arbetsmodell Flytta upp ovan delress

Arbetsmodellen togs fram i tre steg. I det första steget skapades en manual för hur modellen ska användas och vilken information som behövs för att använda den. De två andra stegen gick ut på att skapa två kalkylark där kostnaden kan beräknas och därmed bestämma om avhjälpande eller förebyggande underhåll bör tillämpas. I det sista kalkylarket kan ett intervall för hur ofta förebyggande underhåll ska genomföras.

4 Delresultat

Nedan presenteras resultaten av de metoder som tidigare beskrivits.

4.1 Datainsamling

Inom uppdragsgivarens verksamhet finns det två olika typer av data för maskindriften. Den ena är ett driftdatablad som operatörer fyller i efter avslutat skift. Den andra är en rapport som underhållspersonalen fyller i på vad som har lagats under varje skift. Den data som analyserats resulterade i haveridatum för de olika delar under år 2020 taget ur underhållspersonalens rapporter. Datumen kan ses nedan i tabell 4.

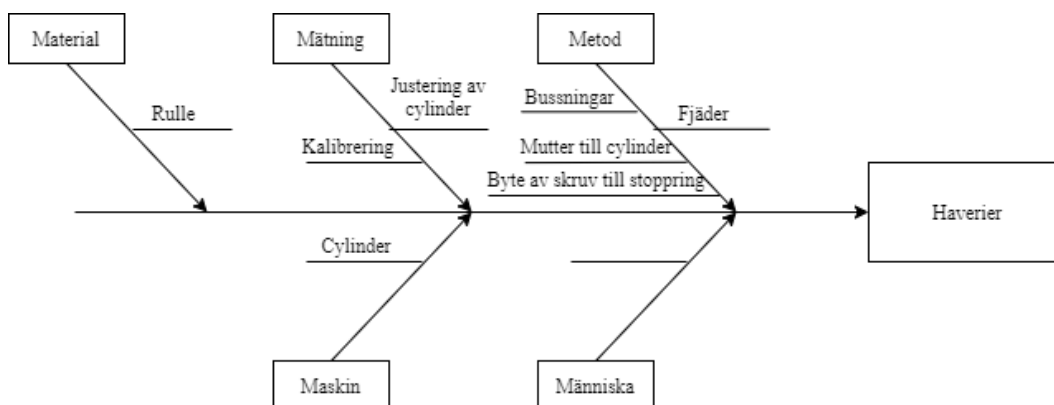
Tabell 4. insamlade data ifrån uppdragsgivarens databas.

Typ av del	Datum för haverier [vecka månad/dag]
Rulle	v.18 04/29, 04/29, v46 11/11, v27 07/02, v43 10/23, v26 06/22, v19 08/05
Kalibrering	v52 12/21
Justering av cylinder	v34 08/17
Bussningar	v20 05/10, v31 07/29
Mutter till cylinder	v45 10/28
Byte av skruv till stoppring	v12 03/17, v.18 03/05, v25 18/06, v19 08/05, v50 12/11
Fjäder	v20 05/10
Cylinder	v24 06/10, v27 07/02, v38 09/14

Anteckningar och frågor till intervjuerna finns i Bilaga A. Kontentan av det som kom ut av intervjuerna är de vanligaste felkällorna till haveri på tejpnedtryckaren. Dessa är rullen, skruvarna som fäster rullen vid armen och armarna till rullen. Andra felkällor är stoppringar, stoppringsskruvar och returfjädrar.

4.2 Analys av felkällor

Ishikawadiagrammet som genomförts i denna studie presenteras i figur 6.



Figur 6. Ishikawadiagram, fylld med felkällor.

Resultatet från den parvisa jämförelsen kan ses i tabell 5 nedan. Den kategorin som får högst riskgrad är cylinder. Detta då det är den styrande mekanismen i tejpnedtryckaren och den mest invecklade delen att byta ut.

Tabell 5. Parvis jämförelse. Där 1 är rulle, 2 kalibrering, 3 justering av cylinder, 4 bussningar, 5 mutter till cylinder, 6 byte av skruv till stoppring, 7 fjäder och 8 är cylinder.

	1	2	3	4	5	6	7	8	Summa	Riskgrad
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Hög
2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	Låg
3	0	0	1	0	1	0	1	0	2	Låg
4	0	0	1	1	0	0	0	0	2	Låg
5	1	1	0	0	1	1	1	0	4	Hög
6	1	1	1	1	0	1	1	0	5	Hög
7	0	1	0	1	0	0	1	0	2	Låg
8	1	1	1	1	1	1	1	1	7	Hög

4.2.1 Genomförande av feleffektsanalys Erik

Resultatet från den FMEA som utfördes var likt resultatet från Ishikawadiagrammets parvisa jämförelse. De kategorier som fick högst risknummer är: cylinder (16), rulle (16) och skruv till stoppring (16). Resultatet från FMEA:n presenteras i tabell 6 nedan. FMEA:ns komponenter baseras på underhållspersonalens rapporter där de olika felen som åtgärdats under år 2020 kategoriseras.

Tabell 6. Resultat av FMEA:n.

Komponent	Felsannolikhet	Allvarlighetsgrad	Upptäcktssannolikhet	Risktal (RN)
Armar till rulle	1	4	2	8
Rulle	4	2	2	16
Bussningar	2	2	2	8
Skruv till stoppring	4	2	2	16
Fjäder	1	1	2	2
Justering cylinder	1	1	2	2
Skruv till platta	1	2	2	4
Mutter lossnat till cyl.	1	4	2	8
byte, hela tejpnedtryckaren	1	4	1	4
Byte av trasig cylinder	4	4	1	16

4.3 Intervallberäkning för felkällor

I tabell 7 och tabell 8 presenteras resultatet från intervallberäkningarna för de tre felkällor som fick högst risknummer i FMEA:n.

Tabell 7. Uträkning för byte av skruv, rulle och cylinder.

Rankning	Datum vid haveri	Kvot (F)	TTF	X	Y
Byte av skruv					
1	17 mars	0,1	12	2,48	-2,25
2	05 augusti	0,3	48	3,87	-1,03
3	05 mars	0,5	63	4,14	-0,37
4	18 juni	0,7	93	4,53	0,18
5	11 december	0,7	128	4,85	0,83
Byte av rulle					
1	02 juli	0,08	10	2,30	-2,44
2	11 november	0,25	19	2,94	-1,25
3	05 augusti	0,42	34	3,53	-0,62
4	22 juni	0,58	54	3,99	-0,13
5	23 oktober	0,75	79	4,37	-0,33
6	29 april	0,92	118	4,77	-0,91
Byte av cylinder					
1	10 juni	0,17	22	3,09	-1,70
2	02 juli	0,50	74	4,30	-0,37
3	14 september	0,83	160	5,08	0,58

Tabell 8. Resultat av de tre felkällor med högst risknummer i den parvisa jämförelsen och FMEA:n.

Komponent	Skärningspunkt	Lutning β	Intervall i dagar
Byte av skruv	-5,57	1,27	80,72
Byte av rulle	-5,26	1,29	58,14
Byte av cylinder	-5,26	1,15	98,33

4.4 Kostnadsberäkningar för avhjälpande och förebyggande underhåll

Resultatet av kostnadsberäkningarna presenteras i tabell 9. Beräkningar är utförda enligt värdena som presenteras i kapitel 3.5.

Tabell 9. Resultat av kostnadsberäkningar för avhjälpande och förebyggande, beräkningarna är genomförda på ett fall av underhåll där cylindern byttes.

Ekvation	Kostnad i kr
(1), C_{CM}	8300
(2), C_{CP}	4150

4.5 Resultat

Studiens slutgiltiga resultat består av en arbetsmodell som uppdragsgivaren kan använda för att utreda och implementera underhåll på maskiner som saknar tillståndsbaserad övervakning. Modellen består av en instruktion för hur modellen ska användas och två kalkylark som beräknar intervall och kostnader för underhåll. Nedan beskrivs modellen kortfattat, se hela modellen i bilaga C.

Instruktionen beskriver vilka typ av data som behövs för att beräkna intervall och kostnader för underhåll. Om förebyggande underhåll ska implementeras bör det ske under planerade stopp för att minimera produktionsförlusten. De data som behövs för att beräkna intervall och kostnader är:

Dokumentation över tidigare haverier:

- Tidsintervall mellan haverier.
- Vilka delar som havererar.
- Vilka reservdelar som använts.
- Hur lång tid avhjälpande och förebyggande underhåll tar.

Kostnader:

- Kostnader för reservdelar.
- Personalkostnader.
- Förlust i produktion vid stopp.

Kalkylarket för intervallberäkningar är utformat att endast ett datum för haveri behövs skriva in i en kolumn. Det som sker i arket då är att alla rutor på den raden fylls i automatiskt och efter två datum räknas det ut ett intervall i arket. I tabell 10 och 11 presenteras kalkylarket för intervallberäkningar ifyllt och icke ifyllt.

Tabell 10. Kalkylarket när det inte är ifyllt med datum.

Rank	Datum vid haveri	TTF	Rank i storleksordning	TTF i storleksordning	Kvot (F)	X	Y		
	2021-01-01								
									Skärningspunkt
									Lutning
									Intervall

Tabell 11. När kalkylarket är ifyllt. Här med exemplet byte av skruv.

Rank	Datum vid haveri	TTF	Rank i storleksordning	TTF i storleksordning	Kvot (F)	X	Y			
	2021-01-01									
3	05-mar		63	1	12	0,10	2,48	-2,25	Skärningspunkt	-5,57
1	17-mar		12	2	48	0,30	3,87	-1,03	Lutning	1,27
4	18-jun		93	3	63	0,50	4,14	-0,37	Intervall	80,72
2	05-aug		48	4	93	0,70	4,53	0,19		
5	11-dec		128	5	128	0,90	4,85	0,83		

I kostnads kalkylarket matas värden in, därefter beräknas totalkostnaden för förebyggande och avhjälpande underhåll, se tabell 12.

Tabell 12. Kalkylark för kostnadsberäkning för avhjälpande och förebyggande underhåll.

Kostnadsberäkningar, förebyggande och avhjälpandeunderhåll		
I detta kalkylark kan kostnaden för avhjälpande och förebyggande underhåll beräknas och jämföras. Fyll i värdena för de olika parametrarna under kolumnen "Värde:", om någon information saknas kan detta de utelämnas, notera att detta kan påverka resultatets trovärdigheten. Den med lägst totalvärdet är den typ av underhåll som bör implementeras.		
Ekvation för avhjälpande underhåll: $C_{CM} = \sum_{i=1}^n (n_{p,i} C_p \{2t_{LT,i} + t_{RT,i}\} + C_{M,i}) + t_{DT,i} C_{DT}$		
Variabel:	Beskrivning:	Värde
n	Antalet underhållsarbeten	
n_p [n]	Antalet personer som utför underhållet	
C_p [kr/timme]	Personalkostnad	
t_{LT} [timmar]	Transporttid till objekt	
t_{RT} [timmar]	Aktiv tid för avhjälpande underhållsarbete	
C_m [kr/timmar]	Matriel och reservdelskostnad	
t_{DT} [timmar]	Tid för produktionsstopp	
C_{DT} [kr/timmar]	Förlust i produktion	
C_{CM}	Kostnad, avhjälpande underhåll	0
Ekvation för förebyggande underhåll: $C_{PM} = C_p \left(\sum_{i=1}^k n_{p1,i} t_{PM,i} + \sum_{j=1}^m n_{p2,j} \{t_{AT,j} + 2t_{LT,j}\} \right) + C_{PMM} + C_{PMDT}$		
Variabel:	Beskrivning:	Värde
c_p [kr/timme]	Personalkostnad	
n_{p1} [n]	Antalet personer som utför underhållet	
t_{pm} [timmar]	Aktiv tid för förebyggande underhåll	
n_{p2} [n]	Antalet personer som jobbar med admin. och logistik	
t_{AT} [timmar]	Tid för admin. och förberedelser	
t_{LT} [timmar]	Tid för logistikplanering	
C_{pmm} [kr]	Matriel och reservdelskostnad	
C_{pmdt} [kr*timmar]	Förlust i produktion gånger antalet timmar	
m	Antalet underhållsarbeten eller kontroller	
k	Turer från objekt till reservdelslager och planeringstillfällen	
C_{PM}	Kostnad, förebyggande underhåll	0

5 Analys och diskussion Klar

Arbetsgången för att ta fram intervall och underhållskostnader för haverierna på tejpnedtryckaren gav goda insikter i vilket arbete som behöver genomföras i en arbetsmodell.

Resultatet från informationshämtningen bestod av två delar, driftdatablad och underhållsrapporter från år 2020. Vid intervallberäkningarna är data från driftdatabladet inte applicerbart då stopptiderna inte är specificerade mot en viss komponent på maskinen. Underhållsrapporterna är mer specifika gällande typ av komponent som havererat. Det är stor skillnad på datumen från driftdatabladet och underhållsrapporterna, ett underhållsarbete som dokumenterats i underhållsrapporterna bör också vara dokumenterat i driftdatabladet, vilket det inte är idag. Detta innebär att trovärdigheten för både driftdatabladet och underhållsrapporterna är låg. Data från underhållspersonalens rapporter användes i intervallberäkningen då det i den är specificerat vilken del som har havererat och under vilken dag. Dock är det svårt att bedöma hur pålitliga underhållspersonalens rapporter är. Om en cylinder går sönder står det inte alltid vilken cylinder det gäller. Det kan dessutom vara en annan komponent än tejpnedtryckarens cylinder och i en annan del av produktionslinan.

Intervjun med underhållspersonalen gav oss vilka felkällor som bör fokuseras på i arbetet med felkällor. Den intervju som hölls med operatören gav inte lika mycket till arbetet med felkällor då underhållspersonalens expertis är större än operatörens när det kommer till underhållsarbetet. Ytterligare en sak som framkom efter intervjuerna var att det råder en dokumentationsbrist i verksamheten. Detta illustrerades av att ingen av de personer som intervjuats kunde bekräfta det som stod i underhållspersonalens rapporter.

Ishikawadiagrammet gav studien en visuell översikt över vilka felkällor som finns. Dock framkom ingen felkälla i kategorin "människa" då det inte fanns några relevanta felkällor från underhållspersonalens rapporter som passade in under denna kategori. Den parvisa jämförelsen genomfördes på ett subjektivt sätt av studiens författare med grund från intervjuer och data från uppdragsgivaren.

Resultatet från FMEA:n bekräftar till viss del resultatet från Ishikawadiagrammet. Med FMEA:ns resultat kan de olika felkällorna bestämmas med högre säkerhet. Dock baseras en del av poängsättningen på bristfälliga underhållsrapporter från år 2020 och från intervjuerna. Detta resulterar i opålitliga resultat i poängsättningen.

Framtagningen av intervall via Weibullmodellen gav ett rimligt resultat. Det finns dock osäkerheter i denna modell. En av dessa osäkerheter är att β -värdet är strax över ett, vilket tyder på att många av dessa haverier är slumpmässiga. Den andra osäkerheten är att det inte finns mycket data att tillgå till intervallberäkningen. I intervallberäkningen för byte av rulle finns det mest haverier dokumenterade. Det är dokumenterat sex olika haverier, vilket kan ses som lite och ger därför ingen god bild av maskinens felintensitet. Detta visar på att mer dokumentation behövs, med större precision. Om mer dokumentation skulle finnas tillgänglig skulle även β -värdet se annorlunda ut.

Då inga exakta uppgifter finns gällande hur lång tid avhjälpande eller förebyggande underhåll tar uppkommer en viss osäkerhet i hur exakta kostnadsberäkningarna är. Ett mer exakt resultat eller ett helt annat resultat hade kunnat redovisas om det i studien hade funnits tillfälle att ta tid när avhjälpande- respektive förebyggande underhåll genomfördes. Det finns även osäkerheter i hur trovärdig förlusten i produktion på 2900 kronor i timmen är. Detta är något som vi och uppdragsgivaren tyckte var lågt men ingen annan uppgift gick att tillgå. Kostnaden för förebyggande underhåll är hälften av kostnaden för avhjälpande underhåll, detta ger ett utrymme för fel i inmatningsdata utan att resultatet förändras.

Uppdragsgivaren kan inte bekräfta om underhållsinstruktionerna är tydliga. De olika delar som ska kontrolleras är baserade på underhållsrapporterna och intervjuerna. Det kan finnas delar som inte framkom under genomförda moment. I efterhand kan uppdragsgivaren korrigera instruktionen för att göra den fullständig.

Arbetsmodellen i denna studie baseras på resultat och genomförande. Den är framtagen för att implementera förebyggande underhåll för maskiner utan tillståndsbaserad övervakning.

De olika kategorierna och rangordningen i både FMEA, Ishikawadiagram och parvis jämförelse baseras på underhållspersonalens rapporter. Dessa rapporter ska sedan användas för intervallberäkningen. Efter genomförd FMEA, Ishikawadiagram och parvis jämförelse framkom insikten att resultatet av nämnda metoder var nästintill identiska. Därför uteslöts FMEA:n, Ishikawadiagrammet och parvis jämförelse ur arbetsmodellen då det går lika bra att enbart använda dokumentation och statistik över haverier. Ett annat argument varför FMEA, Ishikawadiagram och parvis jämförelse inte bör ingå i modellen är att resultatet av dessa är mindre trovärdigt än intervallberäkningarna. Utan FMEA och Ishikawadiagrammet blir arbetsmodellen mer kortfattad och lättare att förstå.

Målet med studien är att presentera en arbetsmodell för planering och kostnadsberäkningar för underhållsarbete. I studien presenterats en arbetsmodell som har sin grund i den dokumentation som sker hos uppdragsgivaren där arbetsmodellen ska implementeras. Instruktionen till arbetsmodellen beskriver vilken typ av data som ska samlas in för att kunna utföra de olika beräkningarna i modellen. Genom intervallberäkningar kan förebyggande underhåll planeras och kostnadsberäkningarna kontrollerar vilken typ av underhåll som är bäst ekonomiskt.

Den osäkerhet som finns i denna arbetsmodell är att beräkningarna inte är testade och verifierade på verkliga fall med tillräckliga data. Intervallberäkningen har endast haft som mest sex dokumenterade fall av haverier inlagda i uträkningen. I kostnadsberäkningen har antaganden om olika kostnader behövt göras. Kostnadsberäkningarna är utförda på endast ett fall av underhåll, detta skadar trovärdigheten. För att öka trovärdigheten måste kostnaden beräknas på fler fall över en längre tid med mer precisa underhållstider. Om dokumentationen hos uppdragsgivaren varit bättre skulle intervall- och kostnadsberäkningarna fått ett mer exakt resultat.

Ur en hållbarhetsaspekt kan denna studie bidra till ett mer effektivt flöde av produkter i en produktionslina. Detta genom att sänka stopptider vid haverier samt att planera för förebyggande underhåll så att dessa haverier inte inträffar. Genom förebyggande underhåll kan livslängden på en maskin förlängas. Istället för att köpa en ny maskin kan en väl underhållen maskin producera under en längre tid. Med förebyggande underhåll byts delar ut i intervall, vilket är dåligt ur ett hållbarhetsperspektiv då risken finns att delar som inte är defekta kasseras.

Förebyggande underhåll kan även bidra till en mindre stressig arbetsmiljö för underhållspersonalen då arbetet kan genomföras på ett mer planerat och systematiskt sätt.

6 Slutsatser

I denna studie presenteras ett förslag på hur uppdragsgivaren kan arbeta med avhjälpande- och förebyggande underhåll för minska de haverier som sker på tejpnedtryckaren och på så sätt öka maskinens utnyttjandegrad. För att uppdragsgivaren ska utveckla sitt underhållsarbete bör en mer detaljerad dokumentation påbörjas. Intervaller fastställas för när och hur förebyggande underhåll ska genomföras. Intervallet togs fram genom en Weibullmodell, vilket ger säkrare resultat ju mer data det finns registrerat över de haverier som sker.

Ishikawadiagrammet, den parvisa jämförelsen och FMEA:n som gjordes i denna studie användes för att ta fram vilka felkällor det finns till haverierna som inträffat. Att ta fram felkällor är en viktig del för att veta vad grundorsaken till haverierna är. Om uppdragsgivaren skulle ha bättre dokumentation över de haverier som sker skulle felkällorna kunna identifieras enbart genom dokumentationen. Dock kan dessa metoder ge en tydligare bild över vilka felkällor som finns. Den parvisa jämförelsen och FMEA:n kan också rangordna vilka felkällor som högst prioriterade att åtgärda, vilket är svårt att göra i en enkel dokumentation.

Den slutgiltiga produkten av denna studie är en arbetsmodell som är applicerbar på maskiner utan tillståndsbaserad övervakning. För att använda modellen krävs god dokumentation för tidigare haverier. Med rätt information kan rätt typ av underhåll implementeras med ett förbestämt intervall.

6.1 Förslag på framtida studier

Det finns många osäkerheter i underhållsrapporterna och driftdatabladerna och mer information om tidigare haverier behövs. Med arbetsmodellen som presenteras i resultatet kan uppdragsgivaren fortsätta med att effektivisera underhållsarbetet. För att utveckla modellen och kontrollera dess funktion bör den testas på tejpnedtryckaren under en längre tid. Arbetsmodellen bör även testas på andra maskiner för att kontrollera repeterbarheten.

Mer specifikt om tejpnedtryckaren, något som inte utreds i denna studie är eventuell omkonstruktion av maskinen då detta inte var aktuellt för uppdragsgivaren i skrivande stund är detta något som skulle kunna utredas i framtiden.

Referenser

- [1] P. Daisyme, "Understanding the Financial Cost of Downtime in Manufacturing," 16 juni 2018. [Online]. Available: <https://due.com/blog/understanding-the-financial-cost-of-downtime-in-manufacturing/>. [Använd 25 mars 2021].
- [2] Y. Kuo och Z.-a. Chang, "Integrated Production Scheduling and Preventive Maintenance Planning for a Single," *Interscience*, pp. 602-614, 2007.
- [3] C. Stenström, "Preventive and corrective maintenance – cost comparison and cost–benefit analysis," *tandfonline*, vol. I, pp. 603-617, 2016.
- [4] D. Galar och U. Kumar, *eMaintenance*, London: Elsevier Science, 2017.
- [5] S. Stefanovic, I. Kiss, D. Stanojevic och N. Janjic, "Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram," *Acta Tehnica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, vol. VII, nr 12, pp. 93-98, 2014.
- [6] L. Luca och A. Stanicioiu, "The study applying a quality management tool to identify the causes of a defect in an automotive," i *Advances in circuits systems automation and mechanics*, Montreux, WSEAS Press, 2012, pp. 192-195.
- [7] B. Bergman och B. Klefsjö, *Kvalitet från behov till användning*, Lund: Studentlitteratur, 2012.
- [8] P. Blomqvist och D. Forsman, *Grundläggande CAD och produktutveckling*, Lund: Studentlitteratur, 2020.
- [9] A. Boekelder och M. Steehouder, "Switching from instructions to equipment: the effect of graphic design," i *Visual information for everyday use*, London, Taylor & Francis, 2004, pp. 67-73.
- [10] P. E. Doherty, "A study of the effects of spatial contiguity and hierarchically structured headings in a shipboard operating and maintenance manual," *WMU J Marit Affairs*, nr 15, pp. 97-125, 2016.

Bilaga A

Nedan presenteras frågor och svar till intervjuer som hölls hos uppdragsgivaren.

Operatörintervju.

Kan vi spela in detta samtal?

Ja

Hur länge har du arbetat här?

32år.

Vad är din arbetsroll?

Maskinförare och samordnare. Samordnare gör mer administrativa uppgifter och hjälper skiftledaren.

Hur fungerar det med underhåll på maskinen?

Det funkar bra, alla kan inte allt. I den mån vi kan så gör vi det. Inget dagligt underhåll. Underhåll görs vid haveri.

Hur fungerar det med kommunikationen med underhållsavdelningen?

Vi kontaktar dem på telefon. Och om de kan komma med engång så gör de det annars står produktionen stilla. Det kan den göra i timmar.

Hur lång tid tar det innan underhållspersonal är på plats?

Några minuter om de inte är på något annat arbete.

Gör ni operatörer något eget avhjälpande underhåll?

Ja, i den mån vi kan. Enkla felåtgärder gör operatörerna själva. Gränsen går vid när saker måste tas lös och sättas tillbaka.

Vilka typer av problem möter ni oftast?

Fjädrarna går av. Cylindern går av. Det har hänt många gånger. 3 gånger per år.

Övrigt att tillägga

Justerar luftflödet till pneumatiska cylindern efter känsla.

Underhållsinköpare

Service görs varje tisdag på olika maskiner i produktionen. Sektionsvis. Sektionerna prioriteras efter felintensitet.

Tejpnedtryckarens serviceintervall ligger just nu på två gånger per år. Den servicen genomförs på plats. Den följer en servicelista. 8 timmar sker servicen.

Servicelistan har steg underhållspersonalen ska följa. Det står inte specifikt vad som ska göras utan mer vad man ska kontrollera.

Reservdelen har inköparen hand om. Långt från allt är lagerstyrt. Förr fanns allt men det blev för stor kapitalbindning. Lagersaldot är satt sen tidigare.

Problem som kan stötas på då, är att linjen står.

Vet inte om servicelistan är reviderad. Kan behövas se över vad som ska kikas på.

Idag sker ingen kontroll på skruvkrafter eller lufttrycket.

Underhållspersonal

Kan vi spela in detta samtal?

Ja

Hur länge har du arbetat på fabriken?

30 år varav 10–15 år på underhåll

Olika typer av underhåll

Hur arbetar ni med underhåll mot maskinen i fråga?

Sätter ni något datum för planerat underhåll?

Service används mer som att laga det som havererar.

Eller är det mot haveri?

Ja, den körs mot haveri. Men den utförs ”service” på den.

Hur koordinerar ni med produktion vid underhållsstopp?

Tisdagar körs service på en linje i olika sektioner, åtta timmar.

Maskinspecifikt

Vilka typiska underhållsproblem avdelningen möter?

Rullen, skruvarna som fäster rullen vid armen och armarna till rullen strular mest.

Stoppringar, retur fjädrarna och stoppringsskruvarna som strular den med.

Hur ofta problem uppstår vid den aktuella maskinen?

Cylindern havererar 1 gång per 3e år.

Hur lång tid tar det att byta en hel enhet?

Runt en timme, det som tar tid är att plocka ut hela detaljen ur maskinen.

Övrigt:

Har du någon fråga eller något att tillägga?

Skruven till stoppringen är inte alltid spetsig när stoppringen sitter löst. Ibland slipar jag till en spetsig ände på skruven så den fäster.

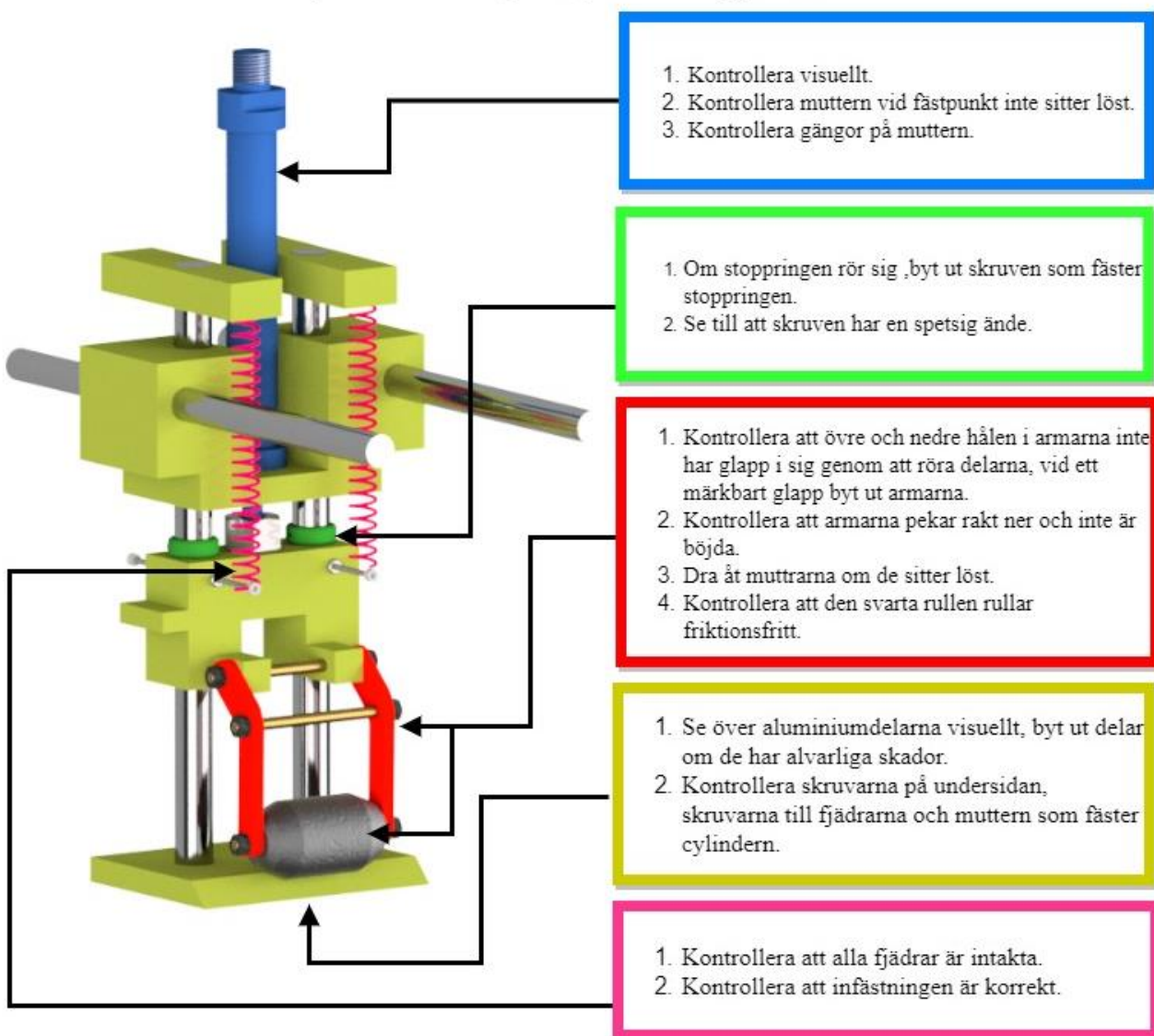
Jag har bara bytt 3 cylindrar på mina 15 år. Men andra personer kan ha stött på fler problem med den.

Bilaga B

Instruktion för avhjälpande och förebyggande underhåll på tejpnedtryckaren

Förebyggande underhåll:

- För att genomföra förebyggande underhåll måste en komplett nedtryckare vara tillgänglig och förberedd för montage.
- Hela maskinen monteras ner och en restaurerad maskin monteras upp, se till att montera och konfigurera lufttryck så effektivt som möjligt för att minimera stopptiden.
- Maskinen testkörs med hjälp av en operatör, och justeras vid behov.
- Den maskinen i behov av underhåll inspekteras och vissa delar byts ut enligt schema för förebyggande underhåll.



Avhjälpande underhåll:

Det avhjälpande underhållet ska utföras utan att stopptiden bli onödigt lång därför bör dessa riktlinjer följas:

- Om cylindern (blå), någon av aluminiumdelarna (gul), bussningarna, skruven på undersidan eller om någon del gått sönder som inte bör åtgärdas på plats ska hela maskinen monteras ner och en renoverad maskin monteras upp, se de första punkterna förebyggande underhåll.
- Om någon av de andra delarna går sönder som kan åtgärdas på plats ska de bytas utan att maskinen monteras ned. Se till att vara väl förberedd för bytet då detta kan minska stopptiden.

Bilaga C

Arbetsmodell för implementering av intervallplanerat underhåll för maskiner utan tillståndsbaserad övervakning.

Med hjälp av denna modell kan typ av underhåll, kostnaden för underhållsarbetet och med vilket intervall förebyggande underhåll bör utföras.

För att kontrollera om modellen är applicerbar på maskinen bör dessa punkter stämma:

- Maskinen körs till haveri.
- Maskinen har inte tillståndsbaserad övervakning.

Den information som behövs för denna arbetsmodell är*:

- Dokumentation över tidigare haverier:
 - Tidsintervall mellan haverier.
 - Vilka delar som havererar.
 - Vilka reservdelar som använts.
 - Hur lång tid avhjälpande och förebyggande underhåll tar.
- Kostnader:
 - Kostnader för reservdelar.
 - Personalkostnader.
 - Förlust i produktion vid stopp.

Kalkylark för kostnadsberäkningar:

- Läs instruktionerna för kostnadsanalys, se Exceldokument "Kalkylark för kostnadsberäkningar" följ instruktionerna. Om kostnaden för avhjälpande överstiger kostnaden för förebyggande underhåll bör avhjälpande underhåll användas och vice versa.

Kalkylark för intervallberäkning, denna behövs enbart om kostnad för förebyggande underhåll är lägre än avhjälpande underhåll:

- Fyll i datum för tidigare haverier i Exceldokumentet "Kalkylark för intervallberäkning" för att hitta rätt intervall för förebyggande underhåll. För ett säkert resultat behövs minst 20 tillfällen vara registrerade i kalkylen, desto fler desto bättre.

Övrig: För att minimera förlusten av produktion vid underhåll bör det genomföras under planerade stopp.

**Om det inte finns tydlig dokumentation kring maskinens tidigare haverier måste detta dokumenteras innan arbetsmodellen kan användas.*