



CHALMERS

Videoinspelning för en effektivare produktion

En studie om hur videoinspelning kan komplettera analys av produktionsstörningar och dess påverkan på operatörers engagemang

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och Produktionsteknik

OLLE GILLMOR
LOUISE SVENSSON

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2023
www.chalmers.se

Videoinspelning för en effektivare produktion

En studie om hur videoinspelning kan komplettera analys av produktionsstörningar och dess påverkan på operatörers engagemang

OLLE GILLMOR
LOUISE SVENSSON

INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
Avdelning för Produktionssystem
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023

Videoinspelning för en effektivare produktion

En studie om hur videoinspelning kan komplettera analys av produktionsstörningar och dess påverkan på operatörers engagemang

OLLE GILLMOR
LOUISE SVENSSON

© OLLE GILLMOR, 2023
© LOUISE SVENSSON, 2023

Industri- och Materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, 2023

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete på Chalmers tekniska högskola inom projektet DFusion och i samarbete med företaget EyeAtProduction. Arbetet omfattade 15 högskolepoäng och har genomförts utav två studenter på programmet Ekonomi och produktionsteknik under hösten 2023.

Först vill vi rikta ett stort tack till Anders Tingström, VD på EyeAtProduction som ställt upp genom att bidra med både hjälp och idéer samt värdefulla kontakter för att föra arbetet framåt. Vidare vill vi tacka vår handledare och examinator på Chalmers, Torbjörn Ylipää samt hela DFusion-teamet som bidragit med värdefulla tankar och feedback på arbetet.

Slutligen vill vi tacka de företag och anställda som ställt upp på intervjuer, utan er hade arbetet inte blivit av.

Göteborg, 2023-12-03

Olle Gillmor

Louise Svensson

Sammanfattning

I en snabbt föränderlig värld ställs allt större krav på organisationers produktivitet. Studier påvisar dock att produktionsstörningar utgör ett problem inom tillverkningsindustrin. För att förbättra störningshanteringen syftar projektet DFusion till att sammanfoga data från flera källor i produktionen och utveckla analysverktyg för bättre grundorsaksanalys, förebyggande och hantering av störningarna. I projektet deltar företaget EyeAtProduction med sin produkt Film The Fault, vilken fokuserar på att videosekvenser ska möjliggöra bättre grundorsaksanalyser.

Arbetet avser att undersöka hur videoinspelning, framför allt Film The Fault, kan bidra till en effektivare produktion genom dess påverkan på operatörers motivation och engagemang samt komplettering av befintliga arbetssätt för analys av störningar. Vidare avser arbetet att bidra med ökad kunskap till DFusion-projektet och vidareutvecklingen av Film The Fault. För att besvara arbetets frågeställningar har en kvalitativ studie genomförts genom semistrukturerade intervjuer på tre tillverkande företag. Utöver intervjuerna skickades en enkät ut till operatörerna på företagen för att undersöka hur de upplever sitt arbete och hanteringen av produktionsstörningar. Vidare genomfördes en litteraturstudie utifrån tidigare forskning inom ämnet.

I både tidigare forskning samt intervjuer framgår det att produktionsstörningar resulterar i utmaningar för tillverkningsindustrin och påverkar bland annat produktionspersonalens arbetsmiljö negativt. Genom studien konstateras det att insamlad data från produktionen är betydelsefull, framför allt vid kroniska störningar som är svåra att identifiera och förstå. Vid dessa har videoinspelning uttryckts utgöra ett bra komplement för att öka förståelsen kring uppkomsten samt effektivare hantering. För operatörers motivation och engagemang kan inga slutsatser dras utan enbart diskuteras utifrån ett teoretiskt perspektiv till följd av bristande antal svar på den utskickade enkäten.

Nyckelord: produktionsstörningar, engagemang, operatörsunderhåll, grundorsaksanalys, videoinspelning

Abstract

In a fast-changing world the demand on organizations' productivity is increasing. On the other hand, studies prove that production disturbances are a problem in the manufacturing industry. To improve the handling of disturbances the DFusion-project's aim is to merge data from multiple sources in the production to develop analysis tools to simplify the root cause analysis, prevention and handling of these. Participating in the project is the company EyeAtProduction, with their product Film The Fault, which contributes with video sequences to improve the root cause analyses.

The work intends to investigate how video recordings, mainly Film The Fault, can contribute to a more effective production through its influence on operators' motivation and commitment, as well as its ability to complement existing methods for analyzing disturbances. Furthermore, the work intends to contribute with knowledge to the DFusion-project and further development of Film The Fault.

To answer the questions at issue a qualitative study has been performed through semi structured interviews on three manufacturing companies. Additionally, to the interviews a survey was sent out to the operators on the companies to investigate how they experience their work and the handling of disturbances. Furthermore, a literature study was conducted regarding previous research in the field.

In both previous studies and interviews, it is clear that production disturbances contribute to challenges for the manufacturing industry and among others, negatively affect the production personnel's work environment. Through the study, the collection of data from the production is considered significant, especially for chronic disturbances that are difficult to identify and understand. In these cases, video recordings can be a good complement to increase the understanding regarding the origin and effective handling. For operators' motivation and commitment no conclusions can be drawn, only discussed from a theoretical perspective due to the lack of answers to the questionnaire that was sent out.

Key words: production disturbances, commitment, operator maintenance, root cause analysis, video recordings

Ordlista

AR - Argumented Reality

CPS - Cyber-Physical Systems

DFusion - Data Fusion av störningsdata (Projekt)

D3H - Data Driven Disturbance Handling (Projekt)

EAP - EyeAtProduction

FTF - Film The Fault

IIoT - Industrial Internet of Things

IT - Information Technology

KPI - Key Performance Indicator

OEE - Overall Equipment Effectiveness

PDCA - Plan, Do, Check, Act

PLC - Programmable Logic Controller

RCA - Root Cause Analysis

SBT - Självbästandeteorin

TPM - Total Productive Maintenance

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund till arbetet	1
1.1.1 Datafusion av störningsdata (DFusion)	1
1.2 Beskrivning av Eye at Production	2
1.2.1 Film The Fault	2
1.3 Syfte	3
1.4 Frågeställning	3
1.5 Avgränsningar	3
2. Teori	4
2.1 Produktionsstörningar	4
2.1.1 Hantering av produktionsstörningar	4
2.2 Root Cause Analysis (RCA)	5
2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)	5
2.4 Produktionsstörningar och hållbarhet	6
2.5 Industriella revolutioner	7
2.5.1 Industri 4.0	8
2.5.2 Industri 5.0	8
2.6 Datadrivna metoder inom produktion	8
2.7 Motivation och engagemang inom organisationer	9
2.7.1 Motivation	9
2.7.1.1 Arbetsmotivation och självbestämmandeteorin (SBT)	9
2.7.2 Engagemang	10
2.7.2.1 Medarbetar- och arbetsengagemang	10
2.7.2.2 Organisationsengagemang	11
2.7.3 Främjande av motivation och engagemang	11
2.8 Operatörsunderhåll	12
3. Metod	14
3.1 Forskningsmetod	14
3.2 Arbetets upplägg	14
3.3 Litteraturstudie	14
3.4 Intervjuer	14
3.5 Enkät	15
3.6 Trovärdighet	16
4. Resultat	17
4.1 Företag A	17

4.1.1	Produktionsstörningar.....	17
4.1.2	FTF	18
4.2	Företag B	18
4.2.1	Produktionsstörningar.....	19
4.2.2	FTF	19
4.3	Företag C.....	20
4.3.1	Produktionsstörningar.....	20
4.3.2	FTF	21
4.4	Enkät för operatörer.....	21
5.	Diskussion	22
5.1	Produktionsstörningar och deras påverkan på personalen	22
5.1.1	Främja engagemang i produktionen	23
5.1.2	FTF för motivation och engagemang.....	23
5.2	Data som underlag för analys av störningar	24
5.2.1	FTF som komplement till befintliga analysmetoder.....	25
5.3	Utmaningar med användandet av FTF	26
5.4	Operatörens roll i framtidens produktion	26
5.5	Vidareutveckling av FTF	27
5.6	Hållbarhet.....	27
6.	Slutsats och förslag	28
6.1	Slutsats	28
6.2	Förslag på fortsatta studier	28

Referenslista

Bilagor

Bilaga A - Intervjuformulär operatörer

Bilaga B - Intervjuformulär produktions- och underhållstekniker samt ansvarig

Bilaga C - Enkät operatörer

1. Inledning

I följande kapitel kommer bakgrunden till arbetet att presenteras för att skapa en förståelse kring varför det utförs.

1.1 Bakgrund till arbetet

I en snabbt föränderlig värld ställs allt större krav på organisationer, där förmågan att snabbt kunna leverera produkter med hög kvalitet och låga priser till sina kunder är en nyckel till framgång (Alsyouf, 2006). Inom tillverkningsindustrin påvisar dock studier att produktionsstörningar utgör ett problem för företagen då omkring hälften av produktionskapaciteten går förlorad till följd av olika slags störningar (Ingemansson, 2004; Ylipää m.fl., 2017). Sambandet mellan produktionsstörningar och organisationers framgång är tydlig då störningar kan ha betydande påverkan på både ekonomiska- och hållbarhetsaspekter, samt negativ påverkan av säkerheten för anställda i produktionen (Bokrantz m.fl., 2016).

Idag upplever operatörer ofta en ökad arbetsbelastning och stress när de behöver lösa oväntade problem till följd av produktionsstörningar, vilket i sin tur kan leda till negativ påverkan på deras motivation och engagemang (Ito m.fl., 2022). Motiverade och engagerade medarbetare tenderar att frivilligt bidra med det lilla extra för organisationen vilket skapar en konkurrensfördel gentemot organisationer vars anställda enbart utför vad som förväntas av dem (Jacobsen & Thorsvik, 2019). Att utveckla metoder och teknologier för att hantera och reducera produktionsstörningar samt industriarbetarnas välbefinnande kan således vara avgörande för företagets överlevnad vid ökande konkurrens.

Konceptet Industri 4.0 associeras med den trend inom tillverkningsindustrin som har ett stort fokus på användandet utav tekniska lösningar, till exempel smarta sensorer och analyser av stora mängder data för att skapa konkurrenskraftiga produktionssystem (Lasi m.fl., 2014). Till skillnad från den teknikdrivna Industri 4.0 är Industri 5.0 ett värdedrivet koncept, där integrationen av de nya teknologierna och produktionspersonalens välbefinnande ska möjliggöra en hållbar och samhällsfokuserad tillverkningsindustri (Xu m.fl., 2021). Operatörens roll i de två koncepten varierar från att mer eller mindre försvinna i Industri 4.0 till att arbeta tillsammans med teknologierna i Industri 5.0 för att gynna samhället. Utifrån koncepten väcks således frågan kring vad operatörens roll kommer innebära i framtiden och hur utvecklingen kommer påverka deras mående och intresse för sitt arbete när teknologierna utvecklas och blir alltmer självgående och avancerade.

1.1.1 Datafusion av störningsdata (DFusion)

DFusion är ett projekt som delfinansieras av Vinnova (Sveriges innovationsmyndighet), vilket syftar till att förbättra störningshantering, öka effektivitet och minska spill inom produktion genom sammanfogning av data (datafusion) från olika källor i produktionssystem (RISE, u.å.). Under projektet genomförs tre industriella fallstudier i samarbete med de deltagande företagen Nolato Gota, Nord-Lock och Nexans med stöd från teknikleverantörerna, EyeAtProduction, Good Solutions, IFM Electronic och konsultbolaget Qestio (RISE, u.å.). I fallstudierna utforskas datafusion med två eller fler datakällor, till exempel loggar, videoströmmar, sensordata och underhållsdata. Utifrån sammanfogad data är målet att utveckla analysverktyg för att underlätta arbetet kring störningar genom att förebygga, analysera grundorsak och åtgärda dessa (RISE, u.å.).

Inom projektet genomfördes under vårterminen 2023 examensarbetet "Effekter av Kombinerade Datakällor ur RCA Perspektiv" tillsammans med Elias Tengelin från Chalmers och företaget EyeAtProduction. I arbetet utgick Tengelin (2023) från frågeställningen: "Hur kan ytterligare användning av tekniska lösningar i ett företags rotorsaksanalytiska arbete främjas?". Genom arbetet ställde sig Tengelin frågande till varför operatörerna inte tillåts använda Film The Fault, trots intresse, vilket till viss del lade grunden för detta arbete.

1.2 Beskrivning av Eye at Production

År 2009 grundades IT-företaget Colmeo i Borås (EyeAtProduction, u.å.a). Sedan starten har företaget arbetat med att utveckla innovativa mjukvarulösningar och produkter för att öka effektiviteten hos sina kunder. Under 2022 bytte Colmeo namn till EyeAtProduction (EAP) och strävar efter att erbjuda sina kunder verktyg för att på ett enkelt sätt identifiera grundorsaken till produktionsstörningar och därigenom öka effektiviteten i deras industriprocesser. Idag arbetar EAP främst med att utveckla och sälja produkten Film The Fault (FTF) som bygger på att videoinspelning av produktionsstörningar skapar bättre förutsättningar för att hitta grundorsaken till problemet (EyeAtProduction, u.å.a).

1.2.1 Film The Fault

Film The Fault (FTF) består av två portabla enheter, en smarttelefon från tillverkaren CAT som är mer tålig mot smuts och tuffa påfrestningar, vilken används för att spela in videosekvenser vid störningar samt en rörelsesensor som upptäcker om produktionen har stannat (EyeAtProduction, u.å.b). Användningen utav en smarttelefon som hårdvara har flera fördelar, dels är det lättare att utveckla och uppdatera mjukvaran samt dels att många har god vana av att integrera med smarttelefoner (EyeAtProduction, u.å.b). Vidare är användargränssnittet på mobiltelefonens skärm utformat på ett enkelt sätt för att operatörer utan några särskilda förkunskaper ska kunna använda systemet. Utöver de två portabla enheterna består systemet av en mjukvarukomponent som automatiskt kan filtrera fram de relevanta videosekvenserna från tillfället då störningen uppstår, vilket minskar mängden data och videomaterial som behöver analyseras (EyeAtProduction, u.å.b). Systemet levereras som ett komplett paket förpackat i en väska (se figur 1) med flera olika tillbehör och fästen för att fungera i flera olika miljöer, bland annat medföljer en stativarm, magnetfäste och sugpropp (EyeAtProduction, u.å.b).



Figur 1. Film The Fault och dess medföljande tillbehör levereras till kunden i en väska (EyeAtProduction, u.å.b). Återgiven med tillstånd.

Vid användning av FTF installeras smarttelefonen och rörelsesensorn i anslutning till en tillverkningsprocess där störningar uppstår (EyeAtProduction, u.å.b). När sensorn upptäcker ett produktionsstopp skapar mjukvaran med sin automatiska filtrering ett så kallat event, vilket innebär att det görs en markering i videomaterialet så att relevanta sekvenser enkelt kan identifieras. Verktøget kan dessutom integreras med befintliga Programmable Logic Controller-system (PLC-system) och sensorer där insamlad data sedan kan exporteras trådlöst till program som Onedrive eller till extern server (EyeAtProduction, u.å.b).

Användningen av FTF kan vara till stor hjälp vid flera olika situationer, till exempel där stopp eller störningar uppstår vid upprepade tillfällen och det inte med säkerhet går att avgöra vad som hänt, eller när produktionstakten är så hög att det inte går att uppfatta vad som sker med blotta ögat (EyeAtProduction, u.å.b). Genom att presentera och dokumentera en videosekvens på händelseförloppet innan, under och efter störningen blir FTF ett verktyg för att få en bättre förståelse för vad som har inträffat genom att man kan studera händelsen i efterhand (EyeAtProduction, u.å.b).

1.3 Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka hur videoinspelningar med FTF kan bidra till att analysera produktionsstörningars grundorsaker samt hur operatörerna kan inkluderas och motiveras för att skapa en effektivare produktion. Vidare syftar arbetet till att kunna delge mer kunskap och insikter till EAP för utvecklingen av verktøget samt DFusion-projektet kring hur den svenska tillverkningsindustrin kan öka sin effektivitet och konkurrenskraft.

1.4 Frågeställning

Hur kan videoinspelning för problemidentifiering i produktionen öka operatörers motivation och engagemang för att bidra till en effektivare produktion?

Hur kan FTF komplettera befintliga arbetssätt för störningsdata och analys av störningar?

1.5 Avgränsningar

Arbetet kommer enbart undersöka hur videoinspelning/filmkameror kan användas inom svensk tillverkningsindustri för att komplettera befintliga arbetssätt och system där fokus kommer att ligga på EAP:s produkt FTF.

2. Teori

I följande kapitel kommer relevanta teorier för arbetet att presenteras. Kapitlet inleds med information om produktionsstörningar och vanliga metoder för att analysera dessa samt störningars påverkan på företagets hållbarhet. Vidare presenteras industriella revolutioner och deras påverkan på tillverkningsindustrin samt olika teorier kring motivation och engagemang.

2.1 Produktionsstörningar

Kraven på produktivitet och effektivitet för producerande företag ökar i takt med samhällsutvecklingen, där organisationer kontinuerligt behöver utvecklas för att behålla sin konkurrenskraft över tid. Samtidigt visar studier att upp till hälften av produktionskapaciteten går förlorad till följd av produktionsstörningar (Ingemansson, 2004; Ylipää m.fl., 2017). Två av tillverkningsindustrins största problem är enligt Parida m.fl. (2015) det höga antalet produktionsstörningar och att OEE-talet (Overall Equipment Effectiveness) ofta är betydligt lägre än målsättningen. Detta påvisas bland annat i en studie av Ito m.fl. (2022), där antalet produktionsstörningar från fyra tillverkande företag presenterades, med en lägsta notering på 40 stycken per dag och högsta notering på 260 stycken. Ylipää (2000) menar att det finns ett tydligt samband mellan antalet störningar och försämrad produktivitet och att hitta nya metoder och arbetssätt för att minska produktionsstörningar kan vara ett bra sätt att höja produktiviteten i verksamheten. På detta sätt skulle sannolikt lönsamheten förbättras, samtidigt som miljöpåverkan kan minska och bättre arbetsmiljön för produktionspersonalen (Toulouse, 2002).

Definitionen av en produktionsstörning är inte enhällig, utan skiljer sig utifrån vem som blir tillfrågad att förklara dess innebörd. Utrustningsfel, fel i mjukvara och mediafel anser en tydlig majoritet av företag är produktionsstörningar men även kassationer och processer som arbetar i ett lägre tempo än vad de är konstruerade för anses ofta som störningar (Bokrantz m.fl., 2016). I många punkter finns en enighet kring vad som är en produktionsstörning med det finns också skillnader. Till exempel lyfter Bokrantz m.fl. (2016) att ungefär hälften av företag anser att omprogrammering av maskiner är produktionsstörning medan andra halvan inte gör det. Oenigheterna leder till både förvirring och svårigheter att jämföra olika processer och data mellan organisationer.

Produktionsstörningar kan även delas upp i två kategorier utifrån hur frekvent de uppstår och vilken karaktär de har, nämligen sporadiska och kroniska störningar (Dal m.fl., 2000). Sporadiska störningar uppstår oregelbundet och avviker tydligt från normaltillståndet, till exempel när en maskin har stannat. Kroniska störningar uppstår däremot upprepande gånger men är svåra att upptäcka eftersom de inte tydligt avviker från normaltillståndet, till exempel en liten minskning i effektivitet på grund av slitage eller åldrande komponenter i en tillverkande maskin (Dal m.fl., 2000).

2.1.1 Hantering av produktionsstörningar

För att uppnå bättre prestanda och hantera produktionsstörningar antas underhåll få en större betydelse för tillverkande företag (Swanson, 2001). Underhållsåtgärder kan delas in i tre olika varianter; reaktiva, förebyggande eller prediktiva beroende på när åtgärder utförs i förhållande till störningen (Bokrantz m.fl. 2016). Reaktiva underhållsåtgärder utförs efter att en störning har uppstått, vilken inväntar att maskiner eller verktyg ska gå sönder och är den mest kostsamma åtgärden (Mobley, 2002). Förebyggande underhåll syftar däremot till att på ett planerat och strukturerat sätt förhindra störningar, vilket i sin tur leder till att antalet störningar som kräver

reaktivt underhåll minskar (Basri m.fl., 2017). Bland annat menar Katila (2000) att förebyggande underhåll är det mest effektiva sättet att undvika tekniska fel. Prediktivt underhåll är kopplat till förebyggande åtgärder, vilket innebär att maskiner, verktyg eller processer övervakas och analyseras för att avgöra när förebyggande underhåll bör genomföras (Mobley, 2002). Att förutse och eliminera alla störningar är dock en omöjlighet, vilket kräver att oförutsedda störningar hanteras och analyseras effektivt.

Två metoder som idag ofta används inom tillverkningsindustrin är Root Cause Analysis (RCA) och Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Kumar m.fl., 2013). Styrkan med RCA är att den fokuserar på rotorsaken till störningarna i stället för att endast lösa det direkta problemet medan OEE används som ett nyckeltal för produktivitet. Dessa två metoder kommer att beskrivas djupare i kommande avsnitt.

2.2 Root Cause Analysis (RCA)

RCA (grundorsaksanalys på svenska) kan beskrivas som en strukturerad process för att identifiera och eliminera orsaksfaktorer till ett problems uppkomst genom kartläggning av orsaks- och effektkedjor från det slutgiltiga felet till grundorsaken (Mahto & Kumar, 2008). Målet är att skapa en förståelse för vad som hände, varför det hände, och framför allt, hitta lösningar som förhindrar att störningen uppstår igen (Rooney & Vanden Heuvel, 2004).

För att genomföra en framgångsrik analys krävs en djup förståelse av hur olika variabler i produktionsprocesserna påverkar varandra och det är därför vanligt att utföra analyserna i tvärfunktionella grupper (Ito m.fl., 2021). Under genomförandet utförs ofta brainstorming-sessioner i kombination med specifika metoder eller verktyg, där 5-varför, fiskbensdiagram och felträdsanalys är några vanligt förekommande (Vo m.fl., 2020). Insamling och analys av data, verifiering av slutsatser och åtgärder, tar tid och medför kostnader som båda ofta är faktorer företagen redan har brist på (Ito m.fl., 2022).

Traditionellt har framgången i RCA varit kopplat till utnyttjandet av expertkunskap, där experter med tidigare erfarenheter av avvikelser har spelat en central roll i att dra slutsatser om orsaken till störningen (Lokrantz m.fl., 2018). Författarna påpekar dock att denna metod inte är särskilt hållbar, bland annat eftersom kunskapen inte kan delas och föras vidare till andra, samt att det inte finns några garantier för att kunskapen och slutsatserna är korrekta. På senare tid har dock tekniska- och digitala verktyg öppnat upp nya möjligheter inom RCA, där teknologier likt sensorer, maskininlärning, och stora mängder data, kan identifiera störningar både snabbare och med större precision (Vo m.fl., 2020). Inom Industri 4.0 antas RCA vara en datadriven och samarbetsinriktad process där molnteknologier ska möjliggöra kunskapsdelning mellan anläggningar genom dokumentation, registrering, klassificering och uppföljning av olika störningar (Ito m.fl., 2021). Genom mer kunskap och exakt data ska effektivare prognostisering och förebyggande av störningar således bidra till en effektivare och uthållig produktion.

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE är ett mätverktyg i underhållsmetodiken Total Productive Maintenance (TPM) som används för att åskådliggöra produktiviteten för tillverkande maskiner och liknande utrustning i produktionen (Kumar m.fl., 2013). Att utföra kvantitativa mätningar och använda nyckeltal är en förutsättning för att förstå och förbättra en produktionsprocess (Eswaramurthi & Mohanram, 2013).

OEE-talet beräknas traditionellt enligt *Funktion 1* och utgick vid introduceringen av Nakajima (1988) från sex stora förluster (se tabell 1). Styrkan med mätetalet OEE är att det tar hänsyn till en heltäckande bredd av olika förluster, där det finns exempel på företag som genom användningen av TPM och OEE ökat sin produktivitet med 75% (Nakajima, 1988). Idag används OEE-mätningar även utanför TPM-konceptet, ofta som en Key Performance Indicator (KPI) för organisationers produktivitetsförbättringar (Ylipää m.fl., 2017). Undersökningar påvisar att OEE-värden för tillverkande företag ofta ligger kring 50%, medan ledande företag kan uppnå värden kring 85% (Ingemansson, 2004; Ylipää m.fl., 2017).

$$OEE = \text{Tillgänglighet} \times \text{Anläggningsutnyttjande} \times \text{Kvalitet}$$

Funktion 1. Beräkning av OEE.

Tabell 1. De sex stora förlusterna med exempel. (Egen illustration med inspiration från Nakajima, 1988)

De sex stora förlusterna	Exempel
1. Utrustningsfel	Haveri eller störningar
2. Installation och justering	Byte av färgpatron på maskin
3. Tomgång och mindre avbrott	Maskinen är blockerad av nästa process
4. Sänkt drifhastighet	Maskinen kör på en lägre hastighet
5. Defekta produkter	Kassationer, skräp
6. Minskad utrustningsavkastning	Från uppstart av maskin till stabil produktion

Det råder dock oenigheter om talet ska beräknas på samma sätt som vid introduktionen eller om andra värden som ska inkluderas och i så fall vilka (Ylipää m.fl., 2017). Bland annat diskuteras huruvida förebyggande underhåll ska ses som produktionsstörning eller inte, där vissa menar att förebyggande underhåll inte går att undvika och därför inte ska räknas med. Andra menar dock att eftersom produktionen ofta behöver stoppas i någon omfattning för att underhållet ska kunna utföras så bör det klassificeras som en störning och påverka OEE-talet (Bokrantz m.fl., 2016). Det finns också flera exempel på när OEE-talet har modifierats för att inte bara mäta en process utan i stället visa ett nyckeltal för en hel produktionslinje (Ylipää m.fl., 2017). Skillnaderna i hur OEE mäts innebär att jämförelser mellan olika organisationer kan ge missvisande värden, något som bör beaktas vid utvärdering.

2.4 Produktionsstörningar och hållbarhet

En produktionslinje som frekvent påverkas av störningar kan inte betraktas som hållbar varken ur ett ekonomiskt eller miljöperspektiv eftersom det finns ett direkt samband mellan många störningar och lägre produktivitet (Ylipää, 2000). Idag är tillverkningsindustrin en sektor som orsakar stora utsläpp och står för en tredjedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2022). För att minska dessa utsläpp används olika styrmedel både inom EU och i Sverige med målet att industrin ska ställa om och bli mer hållbar (Naturvårdsverket, 2022). Ett viktigt styrmedel i omställningen är EU:s handel av utsläppsätter, vilka begränsar mängden koldioxidutsläpp från industrin och att rätten till utsläpp prissätts.

Naturvårdsverket (2022) lyfter att effektivisera energiförbrukningen inom industrin är en av nycklarna till att minska Sveriges utsläpp. I ett produktionssystem går runt 30 % av

energiförbrukningen åt när maskinerna inte skapar något värde där studier har påvisat att energiförbrukningen sannolikt kan minskas genom att begränsa tiden när systemet inte skapar något värde (Skoogh m.fl., 2011). En minskning av produktionssystemets energiförbrukning kan uppnås på flera olika sätt, till exempel genom att utveckla nya maskiner eller processer. Alltså kan reducerande av produktionsstörningar vara ett effektivt sätt att minska energiförbrukningen och i förlängningen utsläppen.

Inom TPM är de två övergripande målen att eliminera produktionsstörningar och kassationer (Nakajima, 1988) och minimeringen av slöseri är ett centralt ledord inom Lean-metodiken (Liker & Meier, 2006). En studie gjord av Pinto m.fl. (2017) visar att införandet av Lean-metodiker såsom Kaizen, PDCA (Plan, Do, Check, Act), Ishikawa Diagram och standardiserat arbete kan minska företags energi- och vatten konsumtion, vilket leder till lägre miljöpåverkan. Dock genomfördes studien enbart på ett företag, vilket kan ge en missvisande bild.

I dagsläget finns begränsad mängd forskning kring hur kassationer i produktion påverkar miljön. Däremot visar studier att kassationer från tillverkningsindustrin ligger på ungefär 3% och skulle den siffran minskas finns goda skäl att tro att även miljöpåverkan kommer att minska (Ylipää m.fl., 2017).

2.5 Industriella revolutioner

Genom historien har utvecklandet av ny teknologi inom tillverkningsindustrin resulterat i flertalet industriella revolutioner. Från den första industriella revolutionen i slutet av 1700-talet till dagens diskussioner om den fjärde och femte har produktionsmiljön förändrats avsevärt, från manuell produktion till koncept där maskinerna ska styra allt själva (Yin m.fl., 2017).

Den första industriella revolutionen (Industri 1.0) uppstod under slutet av 1700-talet i Storbritannien där mekaniseringen skapade grunden för fabriker med ångmaskinen som främsta drivkraft (Nationalencyklopedin, u.å.a). Samhället gick snabbt från att vara ett jordbrukssamhälle med tillverkning för hand till ett industrisamhälle vars tillverkningsvolymerna ökade tack vare mekanisk kraft. Nya maskiner som främst användes inom textil- och järntillverkningen ledde den teknologiska utvecklingen, samt möjliggjorde större produktionsvolymerna och skapade tydliga skalfördelar. Varor fick lägre priser som resulterade i att både befolkningen och den ekonomiska tillväxten växte snabbt till följd av en ökad efterfrågan på råvaror och handel.

Under slutet av 1800-talet kom den andra industriella revolutionen (Industri 2.0), vilken handlade om volym och variation inom tillverkningen där maskinerna nu kunde drivas av elektricitet (Yin m.fl., 2017). Under tidsperioden var teorin om arbetsorganisationer med Taylorismen i fronten, Fords tillämpning av produktionsbandet för massproduktion och Toyotas produktionssystem för olika produktvarianter viktiga milstolpar inom tillverkningsindustrin.

Runt mitten av 1900-talet började övergången från analog, mekanisk och elektronisk teknik till digital teknik (Yin m.fl., 2017). Digitaliseringen är grunden i den tredje industriella revolutionen (Industri 3.0) som tog fart kring 1970-talet när konceptet Programmable Logic Controller (PLC) implementerades (Gunal, 2019). PLC har med hjälp av internet och informationsteknologier bidragit till alltmer flexibla och effektiva produktionssystem bestående av IT-system, automation och robotar.

2.5.1 Industri 4.0

Genom digitaliseringens tillväxt och den fortsatta utvecklingen av internetteknologier och för att möta den ökande globala konkurrensen myntades i Tyskland 2011 konceptet Industri 4.0, den fjärde industriella revolutionen (Gunal, 2019). Gentemot de tre föregående revolutionerna skiljer sig Industri 4.0 då den har en exakt startpunkt och inte skett genom teknisk utveckling och därefter accepterats som en industriell revolution.

Konceptet av Industri 4.0 bygger på den intelligenta tillverkningen med huvudmålet att skapa smarta fabriker och Cyber-Physical Systems (CPS) där smarta maskiner ska driva produktionen och inte längre kontrolleras av människor (Gunal, 2019). Enligt Rüßmann m.fl. (2015) drivs denna utveckling utav nio tekniska framsteg, autonoma robotar, simulering, big data and analytics, the Industrial Internet of Things (IIoT), vertikal och horisontell integration, cybersäkerhet, molntjänster, additiv tillverkning och augmented reality (AR). Dessa teknologier ska tillsammans med maskiner, sensorer och IT-system möjliggöra sammankoppling och integrering genom hela värdekedjan för att hämta och analysera genererad data och skapa effektivare processer med hög kvalitet och låga priser.

2.5.2 Industri 5.0

Trots att Industri 4.0 ännu inte har utvecklats fullt ut har konceptet av en femte industriell revolution, Industri 5.0 redan påbörjats. Redan 2017 påbörjades diskussionerna kring Industri 5.0 och 2021 definierade Europakommissionen konceptet för att utveckla den europeiska tillverkningsindustrin till att bli hållbar, motståndskraftig och fokuserad på människan (Xu m.fl., 2021). Den stora skillnaden med Industri 5.0 gentemot de tidigare koncepten är att Industri 5.0 är värdedrivet och inte tekniskt drivet vilket tyder på rörelse mot en mer ansvarstagande tillverkningsindustri. Med hjälp av de nya teknologierna som Industri 4.0 medför ska människan arbeta tillsammans med de smarta maskinerna för att effektivisera och utveckla tillverkningsindustrin för att gynna samhället (Adel, 2022).

2.6 Datadrivna metoder inom produktion

Mängden och variationen av data som genereras i samhället har för länge sedan passerat möjligheterna för manuell analys, och idag krävs kraftfulla principer, processer och tekniker för att hantera insamlad data (Provost & Fawcett, 2013). Detta kan göras med datadrivna metoder, vilket bygger på datavetenskap och genom att systematiskt kunna extrahera information och kunskap från data för att bland annat förstå orsakssamband, identifiera problem och fatta beslut baserat på data (Provost & Fawcett, 2013). Inom tillverkningsindustrin har den ökande användningen av sensorer och trådlösa teknologier bidragit till att stora mängder data genereras under hela produktlivscykeln, där mängden tillgänglig data har bidragit till att datadrivna metoder inom tillverkningsindustrin har blivit allt vanligare (Kusiak, 2023).

Inom tillverkningsindustrin används datadrivna metoder för att utnyttja den data som genereras i produktlivscykler för att möjliggöra bättre besluttagande och effektivisera produktionsprocesserna (O'Donovan m.fl., 2015; Kusiak, 2023). Tillvägagångssättet inkluderar både vertikal och horisontell integration och hantering av data från hela värdekedjan och livscykeln (Weber m.fl., 2017). Metoderna kan appliceras inom flera olika områden till exempel projektet Data-Driven-Disturbance Handling (D3H) där syftet var att undersöka möjligheten att digitalisera störningsverktyg och använda datadrivna metoder för att göra dem effektivare (Produktion 2030, 2018). Vidare har

undersökningar av hur livslängden på verktyg skulle kunna förlängas och på så sätt förbättra det prediktiva underhållet med hjälp av data från sensorer (Jimenez-Cortadi m.fl., 2019).

Att använda sig av data menar Kusiak (2017) kan göra tillverkningsindustrin effektivare, lönsammare och mer hållbar men belyser även problemet av att många organisationer kan samla in data men saknar kunskaper eller teknologier för att utvinna värdet i den. Ett annat problem är att om insamlad data som analyseras och används inom systemet är felaktig kan fel beslut fattas, vilket kan leda till lägre effektivitet och dålig kvalitet (Xu m.fl., 2020). Det är därför ofta en lång och komplicerad process att utveckla dessa avancerade tillverkningssystem.

2.7 Motivation och engagemang inom organisationer

För organisationer utgör motiverade och engagerade anställda en viktig resurs då dessa tenderar att frivilligt ge lite extra för sin organisation, har bättre välmående och är mer kreativa, vilket leder till högre kvalitet, produktivitet och lönsamhet för organisationen (Jacobsen & Thorsvik, 2019; Gallup, 2023). Inom arbets- och organisationsteori antas motivation och engagemang vara nära relaterade då motivation kopplas till vad som skapar och driver attityder samt beteenden, vilka är centrala delar inom engagemang (Aronsson m.fl., 2012). Vidare menar Bergman och Klefsjö (2020) att "vad som skapar motivation och leder till engagemang kommer säkert att bli allt viktigare för organisationer som vill klara sig i en global ekonomi med allt snabbare förändringstakt".

En global studie av Gallup (2023) påvisar dock att enbart 23% av organisationers anställda är engagerade i sitt arbete. Dessa är stolta över sitt arbete, utför och tar ansvar för sin prestation samt ger lite extra för organisationen eller sina kollegor medan 59% inte är engagerade och gör enbart den minimala arbetsinsatsen som krävs. Vidare påvisas att 18% av de anställda är aktivt oengagerade, de vidtar åtgärder som direkt skadar organisationen. Gallup (2023) estimerar att det låga engagemanget hos anställda kostar den globala ekonomin 8.8 trilioner dollar, vilket motsvarar omkring 96 biljoner svenska kronor eller 9% av den globala BNP:n. För organisationer bör således främjandet av motivation och engagemang vara av intresse.

2.7.1 Motivation

Motivation kan beskrivas som en psykologisk process vilken handlar om de faktorer och krafter som väcker, formar och riktar individers beteenden samt ageranden mot olika mål, med viss varaktighet eller ihärdighet (Nationalencyklopedin, u.å.b; Aronsson m.fl., 2012). Genom historien har flera studier kring motivations uppkomst genomförts, där forskare främst belyser två huvudsakliga källor till dess uppkomst; inre motivation och yttre motivation (Pink, 2009; Jacobsen & Thorsvik, 2019). Inre motivation skapas från vårt eget behov och intresse för en aktivitet medan yttre motivation skapas av externa faktorer, likt ekonomiska belöningar eller för att undvika bestraffning.

2.7.1.1 Arbetsmotivation och självbestämmandeteorin (SBT)

Inom arbets- och organisationspsykologi är arbetsmotivation en central del, det vill säga det som skapar och driver anställdas beteenden och prestationer i arbetet (Aronsson m.fl., 2012). Idag är en av de främsta teorierna kring arbetsmotivation självbestämmandeteorin (SBT), där motivation beskrivs bestå utav tre grundläggande varianter; inre motivation, yttre motivation och amotivation (Gangé & Deci, 2005). Inom SBT är amotivation bristen på motivation där individen saknar intention att agera medan inre och yttre motivation innebär att individen har avsikt och intention att agera.

Inre motivation inom SBT beskrivs vara autonomt, det vill säga att individen agerar frivilligt av intresset eller nöjet för aktiviteten och upplever självbekräftelse genom sitt agerande (Deci & Ryan, 2008). För att möjliggöra inre motivation utgår teorin från att människan har tre grundläggande behov som behöver tillfredsställas, nämligen kompetens, autonomi och samhörighet (Deci & Ryan, 2000). Autonomi beskrivs som individens valfrihet i arbetet och att vara självbestämmande. Vidare beskrivs kompetens som individens behov av att känna stolthet, använda och utveckla sina kompetenser och känna det arbete som den utför bidrar till verksamheten. Till sist beskrivs samhörighet som individens behov av att känna sig som en del av en helhet och känna tillhörighet (Deci & Ryan, 2000).

Vidare i SBT beskrivs yttre motivation vara kontrollerad, där individen känner sig tvingad till att agera, tänka eller bete sig på ett visst sätt (Deci & Ryan, 2008). En viktig aspekt inom teorin är påståendet om att yttre motivation kan variera i sin grad att vara autonom eller kontrollerad och delas upp i fyra varianter utifrån hur väl individen har internaliserat aktivitetens mål eller värderingar (Gangé & Deci, 2005). Den högsta graden utav kontroll är extern reglering, där individen enbart drivs utav yttre faktorer som belöning eller straff medan integrerad reglering är den högsta graden av autonomi, där individen drivs genom att dess självvalda mål och värderingar uppfylls genom aktiviteten. Mellan extern och integrerad reglering återfinns introjicerad reglering, vilket är aningen mer autonomt än extern reglering och identifierad reglering vilket är aningen mindre autonomt än integrerad reglering. Vid introjicerad reglering motiveras individen att agera till följd av skuld och oro gällande status och erkännande i sitt jobb eller från chefer och vid identifierad reglering motiveras individens agerande utav att beteendet kopplat till aktiviteten stämmer överens med deras individuella mål och identitet (Gangé & Deci, 2005).

Inom organisationer har autonomt motiverade anställda visat sig göra ett bättre jobb, vara mer produktiva, kreativa och mer engagerade i sitt arbete samtidigt som externa faktorer som belöningar visat sig påverka den autonom motivation negativt (Deci m.fl., 2017; Gangé & Deci, 2005). Vidare är fördelen med autonom motivation att den är mer hållbar på lång sikt samt den kräver inget erkännande av vare sig pengar eller beröm och främjar mentalt välmående (Pink, 2009). Att reglera motivation med belöningar har dock visat sig vara effektivt vid monotont och upprepade arbete (Pink, 2009). Problemet med yttre motivation är att den snabbt försvinner när belöningen för aktiviteten är mottagen och att individen förväntar sig nya belöningar vid genomförande av liknande arbete.

2.7.2 Engagemang

Studier kring engagemang har visat att denna kan anta flera riktningar och former vilket har resulterat i svårigheter att definiera en generell definition av engagemang (Meyer, 2014). Dock finns det återkommande likheter från studier kring engagemang inom organisationer där attityder, beteenden och emotionell koppling till arbetet och organisationen är de främsta (Kahn, 1990; Aronsson m.fl., 2012; Meyer, 2014).

2.7.2.1 Medarbetar- och arbetsengagemang

Schaufeli och Bakker (2023) menar att medarbetarengagemang och arbetsengagemang är nära relaterade men skiljer dem åt genom att medarbetarengagemang inkluderar relationen till både arbetet och organisationen medan arbetsengagemang enbart inkluderar relationen till arbetet. Medarbetarengagemang beskrivs utav Harter m.fl. (2002, s.269) som "individens deltagande,

tillfredsställelse och entusiasm för arbetet”, där engagerade anställda är emotionellt anknutna till andra i organisationen, vet vad som förväntas utav dem, har tid att utföra sitt arbete, har möjlighet att påverka och upplever sitt arbete som betydelsefullt. Arbetsengagemang beskrivs däremot som en helhetsbild utav individens kognition och känsla för arbetet, där den anställda upplever ett positivt känslomässigt tillstånd för arbetet (Schaufeli m.fl., 2002).

Medarbetar- och arbetsengagemang har genom flertalet studier och undersökningar visat sig leda till att anställda bland annat aktivt lär sig mer, har högre närvaro och produktivitet samt mer innovativa, vilket gynnar organisationens affärsmässiga resultat (Schaufeli & Bakker, 2023; Gallup, u.å.)

2.7.2.2 Organisationsengagemang

Till följd av den höga personalomsättningen under 1960- och 1970-talet blev organisationsengagemang en väl studerad variant av engagemang, vilken fokuserar på sannolikheten att anställda stannar i organisationen (Meyer, 2014). Studierna resulterade i många koncept och teorier kring vad som får anställda att stanna eller lämna organisationen, vilket Meyer och Allen (1991) försökte hantera likheter och skillnader från studierna i sin trekomponentsmodell för organisatoriskt engagemang.

Inom trekomponentsmodellen definieras organisatoriskt engagemang som ett psykologiskt tillstånd som karaktäriserar anställdas relation till organisationen och dess implikationer för att fortsätta eller avsluta relationen med organisationen (Meyer, 2014). Modellen är multidimensionell och bygger på tre komponenter och inte varianter av engagemang, vilket betyder att individen kan uppleva flera komponenter samtidigt, i olika grad (Meyer & Allen, 1991). De tre komponenterna är (1) affektivt engagemang som bygger på individens emotionella, identifiering och involvering med organisationen, där individen *vill* stanna kvar, medan (2) bibehållande engagemang bygger på individens medvetenhet om kostnader som uppkommer vid lämnandet av organisationen och stannar för att den *behöver* det. Till sist bygger (3) normativt engagemang på att individen känner en plikt eller skyldighet mot organisationen och *bör* stanna i den (Meyer & Allen, 1991).

För organisationer har studier visat att affektivt engagemang har en positiv inverkan på organisationen då det till exempel främjar anställdas prestation och närvaro, vilket även gäller normativt engagemang, men i lägre grad (Meyer, 2014). Bibehållande engagemang har däremot motsatt effekt eller bidrar inte alls till positiva beteenden.

2.7.3 Främjande av motivation och engagemang

Främjandet av autonom motivation (inre motivation och integrerad reglering) utifrån autonomi, kompetens och samhörighet kan till stor del kopplas till organisationskulturen och arbetsuppgifterna (Bergman & Klefsjö, 2020; Deci m.fl., 2017). Organisationskulturen kan möjliggöra en känsla av delaktighet genom sociala strukturer där individen känner stöd från både kollegor och chefer samt att individen har möjlighet att påverka och bestämma själv i arbetet. Vidare kan arbetsuppgifterna bidra till anställdas vidareutveckling av kompetens, genom att uppgifterna upplevs som givande och lagom utmanande samt bidra till känslan av att bidra till en större helhet.

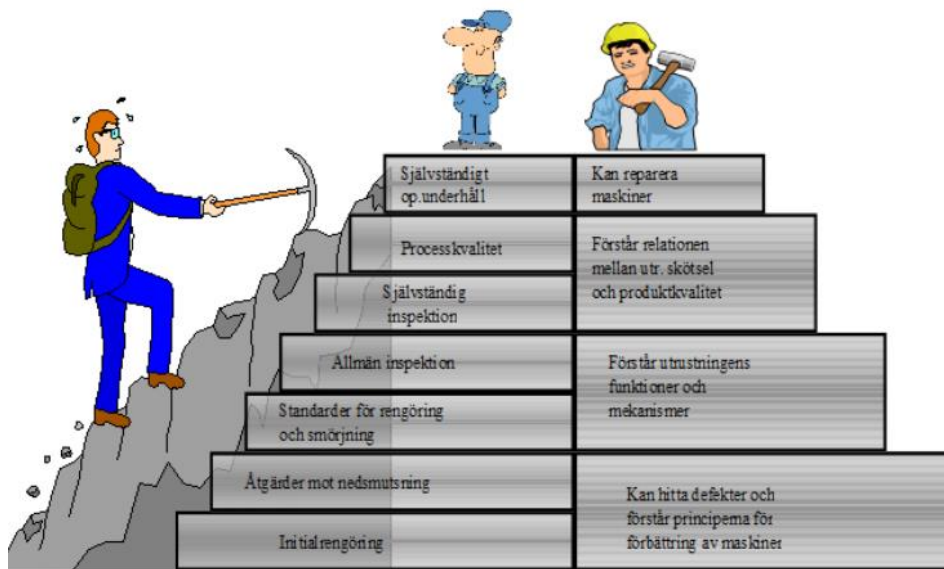
Kontrollerad motivation som har internaliserats i olika grad har inte studerats i någon större utsträckning inom organisationer utan handlar främst om att förväntan av externa belöningar eller

straff fungerar motiverande (Gangé & Deci, 2005; Jacobsen & Thorsvik, 2019). Att göra ett bra jobb för att i framtiden få en bättre roll, högre lön eller beröm och uppmärksamhet av chefen kan öka anställdas motivation för sitt arbete. Att löner eller belöningar anses vara rättvisa och motsvarar det arbete som har genomförts är en viktig del. Oavsett vilken typ av motivation som organisationen önskar främja är det viktigt att förstå att motivation är en komplex process, vilken varierar från person till person, över tid och i olika sammanhang (Aronsson m.fl., 2012). Detta innebär att olika individer, grupper, avdelningar eller organisationer behöver olika saker för att vara motiverade.

Engagemang bygger till stor del på motivation, det som driver anställda att engagera sig i sitt arbete och i organisationen, där affektivt engagemang och autonom motivation har visat sig leda till högre grad medarbetarengagemang (Meyer, 2014). Vidare lyfter Gallup (u.å.) att anställda som har ett syfte och mening med sitt arbete, utveckla sina styrkor och relationer på arbetet ökar engagemanget. Likt motivation är engagemang individuellt och olika personer eller organisationer behöver olika saker för att uppnå hög grad av engagemang.

2.8 Operatörsunderhåll

Operatörsunderhållet är en central del inom TPM och utvecklas genom en sju-stegsprocess (se figur 2) med de 5 s:en sortera, strukturera, städa, se till och standardisera som grund (Nakajima, 1988). Genom processen utvecklar operatörerna successivt sitt intresse, sina kunskaper och sitt ansvar för underhållsarbetet av utrustningen (Axelson m.fl., 2005), med målet att skapa en känsla av ägarskap samt engagemang för både arbetsplatsen och produktionsprocessen (Tsang, 2002).

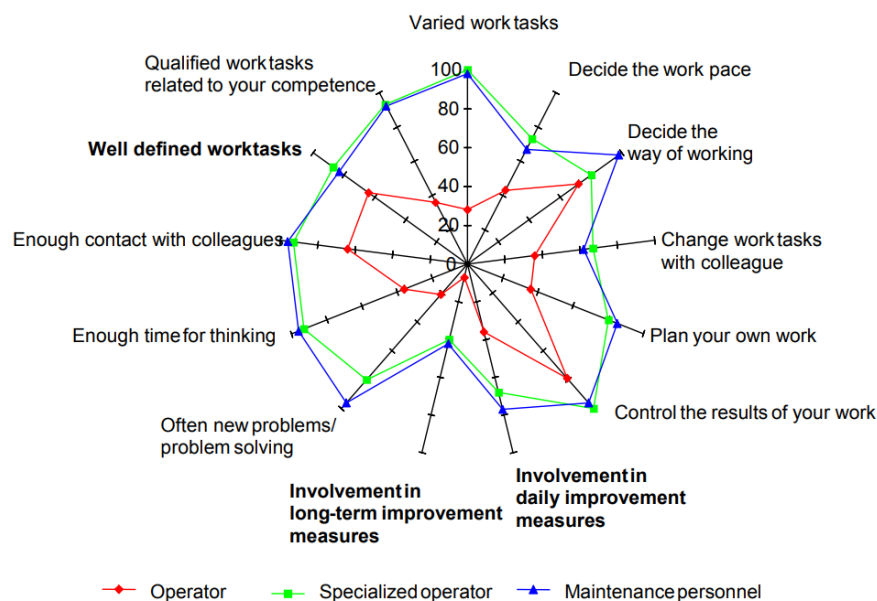


Figur 2. Stegen för operatörsunderhåll. (Ylipää, 2023). Återgiven med tillstånd.

Genom att involvera operatörerna i underhållsarbetet inleds ett samarbete mellan produktion och underhåll vilket bryter ner det gamla arbetskonceptet "jag kör - du reparerar" (Nakajima, 1988). Effektivt underhåll sker enligt Axelson m.fl. (2005) inte genom att underhållsavdelningen inväntar en arbetsorder från produktionen eller att produktionen kräver snabbt underhåll när arbetsorderna är många. Däremot menar författarna att om operatörerna, de som dagligen arbetar i produktionen, kan ta ett större ansvar i underhållsarbetet, kommer detta bidra till ökad utrustningseffektivitet samtidigt som deras kompetens och intresse för sitt arbete kan utvecklas. Arbetsmetoden leder

också till minskad belastning på underhållsavdelningen, vilket innebär att personalen i större utsträckning kan utföra arbete som kräver deras specifika kompetenser (Axelson m.fl., 2005).

En annan fördel med operatörsunderhåll är att operatörers psykosociala arbetsmiljö påverkas positivt genom att utföra arbetsuppgifter som underhåll och kvalitet, se figur 3 (Ylipää, 2000). Bland de operatörer som inte utförde några arbetsuppgifter kopplade till underhåll eller kvalitet ansåg 20-30% att de får lösa nya problem och att arbetet är omväxlande, men bland operatörer som utför underhålls- och kvalitetsarbete låg samma siffror på mellan 80-100% (Ylipää, 2000). Även för underhållspersonal var det liknande siffror. På en rad andra parametrar kopplade till den psykosociala arbetsmiljön skattade de operatörer som även utför underhålls- och kvalitetsarbete betydligt högre än det som inte gjorde det (Ylipää, 2000).



Figur 3. Resultat för psykosocial arbetsmiljö utifrån arbetsuppgifter och arbetsroll. (Ylipää, 2000). Återgiven med tillstånd.

Att introducera operatörsunderhåll som arbetsmetod är dock sällan en enkel process. Att förändra attityder och arbetssätt i en organisation sker inte i en handvändning, det tar tid och kräver engagemang från anställda samtidigt som operatörerna måste genomgå utbildning för att kunna genomföra underhållsarbetet på ett korrekt sätt (Nakajima, 1988). Axelson m.fl. (2005) påpekar även vikten av operatörernas engagemang i underhållsarbetet och argumenterar för att om uppgifterna enbart delegeras kan de snabbt bli rutinmässiga och omotiverande. Konsekvenserna av detta presenterar Nakajima (1988) och lyfter exempel från organisationer där operatörer markerar uppgifter som utförda i förväg, eller i värsta fall markerar dem som utförda fastän de inte är det. Riskerna med detta beteende är att antalet produktionsstörningar ökar och i stället minskar produktionens kapacitet.

3. Metod

I följande kapitel kommer arbetets utförande att presenteras, vilket inkluderar tillvägagångssätt för informationsinhämtning samt val av forskningsmetod.

3.1 Forskningsmetod

Vid genomförandet utav undersökningar tenderar tillvägagångssättet att delas upp två metoder; kvantitativ- och kvalitativ metod (Blomkvist & Hallin, 2014). Detta arbete är främst utav kvalitativ karaktär. En kvalitativ metod innebär att data som samlas in är av mjukare slag, till exempel ord, vilken sedan tolkas och analyseras för att skapa en kontextuell förståelse (Blomkvist & Hallin, 2014; Corbin & Strauss, 2015). Fördelen med en kvalitativ metod är att den är flexibel och har många olika varianter, vilket möjliggör rik insamling utav data. Vidare innebär en kvantitativ metod att insamlad data är av hårdare karaktär, till exempel siffror, med fokus på statistik och generaliseringar (Blomkvist & Hallin, 2014). Fördelen med kvantitativa metoder är att samband mellan påverkande faktorer samt deras styrka kan identifieras samt att siffror ofta är mer tillförlitliga.

3.2 Arbetets upplägg

Arbetet påbörjades i slutet av augusti 2023 med ett uppstartsmöte tillsammans med EyeAtProduction. På mötet diskuterades målet med arbetet, potentiella företag att intervjua, samt tidslinje för arbetet. I mitten av september påbörjades litteraturstudien som ligger till grund för arbetets teoriavsnitt och i slutet av denna påbörjades utformningen av intervjumallarna och enkäten. Intervjuerna genomfördes efter litteraturstudiens avslut och enkäten skickades ut till företagen strax innan intervjuernas start. Intervjuerna spelades in och efter att de transkriberats användes informationen i kapitlet resultat. Till följd av för få svar på enkäten sammanställdes inget resultat från den. Insamlad information från litteraturstudien och intervjuerna användes sedan som underlag för diskussion och slutsats.

3.3 Litteraturstudie

Litteraturstudien för arbetet har främst bestått av informationsinhämtning från två digitala sökmotorer, Chalmers bibliotek och Google Scholar. Sökandet av relevant litteratur genomfördes både på svenska och engelska för att möjliggöra större inhämtning av information från olika nationer, lärosäten och branscher. Användningen av Google Scholar möjliggjorde identifiering och inhämtande av akademiska och vetenskapliga artiklar i digital form genom fritextsökning, där antalet citationer tillsammans med jämförande av andra artiklar användes för att avgöra trovärdigheten och lämpligheten för användning i arbetet. Genom Chalmers bibliotek och användandet av deras databas inhämtades både digitala och fysiska publikationer av vetenskaplig karaktär. Utöver användandet av sökmotorer har även kurslitteratur från relevanta kurser och rekommenderade böcker från forskare inom specifika områden använts.

Under litteraturstudien har flera sökord varit användbara, till exempel: produktionsstörningar, production disturbances, operatörsunderhåll, OEE, Industry 4.0, Industry 5.0, motivation och commitment.

3.4 Intervjuer

För att undersöka hur videoinspelning kan påverka operatörernas motivation och engagemang samt hur FTF kan komplettera befintliga arbetsätt kring analys och identifiering av störningar genomfördes intervjuer med operatörer, produktionstekniker och produktionsansvariga.

Intervjuerna var av semistrukturerad karaktär, vilket innebär att frågorna i huvudsak är formulerade i förhand och följdfrågor kan ställas vid behov (Larsen, 2018). Fördelen med semistrukturerade intervjuer är att respondenterna fritt kan ta upp ämnen eller resonemang vilket minskar risken att missa viktig information. Vidare var frågorna av öppen karaktär vilket innebär att respondenterna kan svara fritt till skillnad från slutna frågor som har förutbestämda svarsalternativ (Larsen, 2018). Fördelen med öppna frågor menar författaren är att de kan bidra med mer information då respondenterna kan formulera egna svar och att de inte påverkats utav förutbestämda alternativ.

Urvalet av yrkesroller på respondenterna till intervjuerna gjordes tillsammans med EAP:s VD utifrån att dessa antogs beröras mest utav användandet av FTF medan respektive företag stod för urvalet av medarbetare. Eftersom företaget valde respondenter kan detta medföra missvisande information utifrån deras intresse för ämnet, partiskhet gentemot företaget etcetera, vilket bör tas i beaktning vid analys. Till följd av begränsad tid hos företagen gjordes avvägningen att det är viktigare att få in svar från fler respondenter genom gruppintervjuer än färre svar genom individuella intervjuer då Ejvegård (2009) menar att ett brett urval av respondenter vid intervjuer ger ett mer tillförlitligt resultat. Nackdelen med gruppintervjuer är att gruppkonstellationen kan resultera i att alla respondenter eventuellt inte vågar svara ärligt på en fråga, vilket bör tas i beaktning vid analys (Larsen, 2018).

Intervjuerna genomfördes på tre företag, två företag som inte arbetar med FTF och ett företag som arbetar med FTF sedan cirka ett år tillbaka. Intervjuerna hölls i grupp om två till tre personer, i en till två grupper utifrån egen formulerade intervjuformulär, anpassade till de olika rollerna (se bilaga A & B). På företag A bestod grupp 1 av två operatörer och grupp 2 utav en produktionstekniker och en underhållstekniker. Intervjuerna på företag B genomfördes med en grupp bestående av två operatörer och på företag C bestod grupp 1 av produktions- och underhållstekniker samt ansvarig för operatörerna och grupp 2 av två operatörer. Intervjuerna tog cirka 40 minuter per grupp och spelades in med tillstånd från respondenterna, vilket Larsen (2018) menar bidrar till ökad kvalitet då och fokus kan ligga på samtalet och inte att anteckna. Inspelningarna raderades efter att data hade dokumenterats.

3.5 Enkät

För att skapa en större förståelse för hur operatörerna upplever sitt arbete skickades en enkät ut till operatörerna på de företag som ställt upp på intervjuer. Enkäten innehöll i huvudsak påståenden med en femgradig skala, 1-5, där 1 innebär att operatören inte alls håller med påståendet och 5 betyder att operatören håller med helt och hållet (se figur 3). Vidare återfanns även en ja eller nej fråga och två öppna frågor för att få in information som operatören anser kan vara relevant men inte fått möjlighet att besvara genom påståendena. Enkäten skickades ut genom kontaktpersoner på företagen till operatörernas mejl.

Enkätens största fördel är att det på kort tid kan besvaras av ett stort urval av respondenter men lämpar sig bättre för frågor med korta svar eller svarsalternativ (Ejvegård, 2009). Valet av metoden gjordes utifrån att den möjliggör insamling utav en större mängd kvantitativ data, vilket kan användas för att skapa en bättre överblick utav det undersökta ämnet (Blomqvist & Hallin, 2014).

Mina arbetsuppgifter är varierande *

1 2 3 4 5

Håller inte alls med Håller med helt och hållet

Figur 4. Exempel på fråga och dess utformning från enkäten.

3.6 Trovärdighet

För att styrka en undersöknings trovärdighet är det viktigt att uppnå hög grad av validitet, att studera rätt sak, och reliabilitet, att studera på rätt sätt (Blomqvist & Hallin, 2014). Larsen (2018) menar att validitet handlar om giltighet och relevans, vilket kan summeras som att data som samlas in är relevant för att dra välgrundade slutsatser. Vidare beskriver författaren att reliabilitet handlar om pålitlighet och precision, vilket innebär att insamlad data bör stämma överens med data från tidigare genomförda undersökningar av liknande slag inom ämnesområdet, oberoende av tidpunkten.

För att uppnå en hög grad av trovärdighet i arbetet har metoderna valts med omsorg utifrån deras egenskaper, med hänsyn till både fördelar och nackdelar, för att insamlad data ska möjliggöra en välgrundad slutsats. Genom semistrukturerade intervjuer och möjligheter att ställa följdfrågor kan det säkerställas att frågorna bidrar med information för att besvara frågeställningarna, vilket bidrar till högre grad validitet utifrån Larsens (2018) definition. Vidare har litteraturstudien bidragit till att flera perspektiv inom forskningsområdet lyfts fram, där källorna har valts utifrån antal citeringar och utifrån relevansen för ämnet som arbetet syftar till att undersöka. Genom att jämföra information från intervjuer och tidigare studier kan en högre pålitlighet uppnås. Enkäten syftade till att ge en övergripande bild av operatörers uppfattning av deras arbete och utifrån insamlad data bidra till välgrundade slutsatser genom generalisering.

4. Resultat

I följande kapitel kommer intervjuer med anställda från tre olika företag att redovisas samt resultat från en enkät kopplad till operatörers upplevelse utav sitt arbete. Alla företag är verksamma i Sverige inom tillverkningsindustrin. Till följd utav sekretesskäl och känslig information benämns företagen som företag A, B och C.

4.1 Företag A

Företaget A har ca 100 anställda och arbetar idag inte med FTF eller videoinspelning för att identifiera produktionsstörningar. Intervjuerna genomfördes på företagets kontor i två grupper, där grupp 1 bestod av en operatör samt en ställare och grupp 2 bestod av en produktionstekniker samt en underhållstekniker. Tre av medarbetarna har arbetat på företaget i mer än 10 år och den fjärde hade jobbat på företaget i ett år.

På företaget genomförs dagligen två möten, ett på morgonen där det senaste dygnets problem, störningar eller händelser lyfts. Det andra mötet hålls eftermiddag/kväll där det som lyftes på morgonen följs upp eller andra händelser som kan ha uppkommit under dagen. Vid intervjuerna beskrevs ett tydligt tillvägagångssätt för att hantera störningar och problem i produktionen, vilket bygger på ett antal steg. Första steget är att operatörerna har ett ansvar att först försöka lösa problemet på egen hand och om detta inte lyckas lämnas problemet över till en ställare. När ställarna blir inkopplade har de en felsökningsrutin där de följer checklistor för att försöka identifiera och lösa problemet och om problemet inte kan åtgärdas kontaktas den avdelningen som problemet antas vara närmast kopplad till. I organisationen finns det tre avdelningar som kan kontaktas; (1) produktionstekniker, vid problem med maskiners processer, (2) underhållstekniker, vid problem med maskiner och utrustning samt (3) verktygsavdelningen vid problem med verktyg, fixturer eller formar.

4.1.1 Produktionsstörningar

I intervjuerna framgick det tydligt i båda intervjugrupperna att produktionsstörningar förekommer dagligen, i olika varianter och antal. Respondenterna upplevde att störningar främst är kopplade till problem med maskinerna och i grupp 2 lyftes även okunskap hos tillverkande personal som en anledning till uppkomsten. Vidare upplevde båda grupperna att deras arbete blir mer stressigt och att frustration enkelt kan uppstå i samband med att antalet störningar ökar. Grupp 1 beskrev att stödet för att hantera dessa varierar beroende på hur länge du har arbetat på företaget samt att brist på tid och underbemanning är faktorer som gör arbetet stressigare.

Vid identifiering och hantering av störningar används idag främst data från maskiner och inbyggda sensorer samt specifika verktyg till respektive maskin. För att hantera och minska antalet produktionsstörningar skulle grupp 1 vilja se mer kommunikation kring vad som har gjorts för att hantera störningen samt mer stöttning från personal som har kompetens att lösa problemen under kvälls- och nattpass. Grupp 2 lyfte vikten av att utbilda och öka kompetensen hos de som arbetar i produktionen då mycket erfarenhet och kunskap har försvunnit genom att personer till exempel har gått i pension och idag är det en ganska ung arbetsstyrka som behöver stöttas och investeras i. På detta sätt menade respondenterna i grupp 2 att deras belastning skulle minska då de många gånger får hantera samma problem trots att de tidigare har förklarat och visat vad de har gjort för att lösa

det. Att hantera akuta problem och få ut produkter till kunderna är alltid första prioritet vilket leder till att deras huvudsakliga arbetsuppgifter blir lidande, vilket leder till en stressig situation.

Vidare var båda grupperna överens om att många grundorsaker ofta inte kan lösas eller identifieras. Grupp 1 beskrev att tiden inte räcker till eller är en avgörande faktor för att hinna åtgärda större problem när symptomen var små och det fortfarande var möjligt att köra. I grupp 2 lyftes att det delvis kan bero på behov av större investeringar för att lösa problemen långsiktigt och att det ibland saknas engagemang hos personalen att lösa dessa problem när det går att köra vidare utan att lägga tid och energi på att lösa det underliggande problemet.

4.1.2 FTF

Att använda tekniska verktyg för att identifiera och analysera produktionsstörningar var något som båda grupperna ställde sig positiva till, där argumenten i grupp 2 främst baserade sig på att data som kan inhämtas med hjälp av dessa kan leda till mer kunskap och enklare hantering i framtiden. "Data är data och den ljuger oftast inte" var ett citat från grupp 2. I grupp 1 sågs sparad tid som den främsta fördelen eftersom tid är en bristvara. Vidare var användningen utav produktionspanelerna, vilka nästan alla maskiner var uppkopplade till som visade larm, stopptider och störningar som har uppstått något som båda grupperna såg som värdefulla.

Ingen av medarbetarna uttryckte att nya verktyg skulle ta tid och resurser som inte finns tillgängliga, utan båda grupperna uppgav att den här typen av verktyg likt FTF skulle spara tid genom att problem kan identifieras och lösas snabbare. Grupp 2 menade även att det skulle underlätta situationer där störningarna uppstår sällan och i situationer där operatörerna har försökt lösa problemet, vilket leder till att de inte vet hur det såg ut från början. Att slippa säga "rör inget när problemet uppstår så får vi undersöka" till operatörerna skulle vara skönt.

Däremot uttrycktes en viss fundering kring hur och när operatörerna skulle titta på videoinspelning då de inte sitter framför en dator under sin arbetsdag och att det lät mer som ett verktyg för ställarna att använda vid felsökning. Vidare lyftes frågan om FTF skulle kunna känna av temperaturskillnader i maskiner då korrekt temperatur i materialet är av stor vikt för kvaliteten på slutprodukten samt ifall verktyget skulle kunna identifiera variationer i till exempel färger.

4.2 Företag B

Företag B har cirka 170 anställda och arbetar idag inte med FTF eller videoinspelning för att identifiera produktionsstörningar. Intervjuerna genomfördes digitalt till följd av ett större geografiskt avstånd med två medarbetare på företaget, vilka hade arbetat 2 respektive 8 år som operatörer.

På företaget genomförs dagliga möten vid varje skiftbyte, där teamledaren kan informera och följa upp händelser från tidigare skift, vad som fungerat bra eller mindre bra. Vidare genomförs varje måndag så kallade förbättringsmöten där operatörer, teamledare och närmsta chef deltar för att diskutera vilka problem som finns i produktionen, vilka som har lösts, uppkommit samt vidareutveckling utav arbetet med dessa. Vid vissa tillfällen deltar även personal från underhåll, något operatörerna uppfattat ska ske oftare framåt. På mötena har checklistorna som operatörerna använder vid felsökning tagits fram, där operatörerna har haft möjlighet att delta i utformandet.

Vid uppkomst utav störningar eller problem har operatörerna ansvar för att försöka identifiera och lösa dessa. Till hjälp har de checklistor att följa för att inte missa steg i felsökningen samt möjligheten att fråga varandra om hjälp. Om problemet inte kan identifieras eller lösas upprättar teamledaren notis i deras system, vilken förmedlas till underhåll och service som undersöker hur bråttom det är att lösa problemet.

4.2.1 Produktionsstörningar

Operatörerna identifierade flera olika produktionsstörningar, där maskinella problem och dåligt material från tidigare processer var de två mest förekommande enligt de intervjuade operatörerna. Vidare lyftes även okunskap bland operatörer vara en faktor som kunde leda till fler störningar samt att vissa specialverktyg har lång leveranstid samt är dyra att köpa in, vilket resulterar i att dessa inte finns på lager och byte kan därför inte genomföras direkt. Antalet störningar uppfattades utav operatörerna variera i antal och omfattning, där vissa material ofta leder till mer störningar och fler verktygsbyten. Båda respondenterna uttryckte att ju fler störningar som uppstår, desto mer frustrerade och stressade blir de, där rapporteringen och beskrivningen av störningarna i deras datorprogram kunde upplevas som extra stressande om det har uppstått många problem under skiftet.

För att hantera eller identifiera störningar har operatörerna främst skjutmått och lupp som verktyg samt felkoder på maskinernas displayer, det verkade även som att de ska få tillgång till mer tekniska verktyg i framtiden för att läsa av felkoder i maskinerna, men oviss när detta skulle inträffa. För att minska antalet störningar och hantera dessa effektivare lyfter operatörerna att de skulle behöva få hjälp snabbare från underhåll och service, då de ibland får vänta flera veckor eller månader på att fel åtgärdas. Vidare är underhålls- och servicepersonalen enbart närvarande fram till klockan 16 medan produktionen pågår även på kvälls- och nattetid. Produktionsstörningar som uppstår kvällstid kan ofta inte åtgärdas förrän på morgonen dagen efter vilket är både frustrerande för operatörerna och kostsamt för företaget. Operatörerna skulle även önska mer underhåll och verktygsbyten, en gång per år menar de är för lite då maskinerna går dygnet runt. Något positivt som lyftes under intervjun var att det pågår förbättringsarbeten för att underlätta verktygsbyten, där bland annat tunga lyft ska försöka arbetas bort.

Hantering utav grundorsaker beskrev operatörerna som relativt bristande, vilket de delvis tror beror på kostnader men även bristen att kommunicera hur förändrade toleranser i tidigare processer skapar problem längre fram. Vidare upplevde de att underhålls- och servicepersonalen har mycket att göra och att undersöka grundorsaker är för tidskrävande och att det finns en tendens att höra "det går att köra ändå", trots att detta resulterar i mer arbete för operatörerna. Gällande stödet upplever operatörerna att de får bra stöttning från den närmsta chefen men upplever att det ibland hade varit motiverande att få lite feedback från andra medarbetare och högre chefer.

4.2.2 FTF

Båda operatörerna var mycket positiva till en produkt lik FTF och trodde att den skulle vara till stor nytta i deras verksamhet. En tydlig fördel som de lyfte var om underhållstekniker direkt kunde se på en videoinspelning vilket fel som har inträffat, men även att det skulle kunna leda till en bättre förståelse för hur den tillverkande maskinen fungerar. Att arbeta med FTF skulle sannolikt leda till att mindre fel tas på större allvar och åtgärdas i ett tidigare skede, vilket skulle leda till att de största

och mest omfattande störningarna skulle minska i antal, trodde en av operatörerna. Ingen av operatörerna kunde komma på några nackdelar med att använda FTF.

Att FTF skulle ha en motiverande effekt var lite tveksamt, däremot ansåg medarbetarna att desto mindre strul, desto mer motiverade blir de till att utföra sitt arbete. Vidare lyfte de frågor kring i vilket temperaturintervall FTF fungerar samt hur tålig smarttelefonen är mot olja och starkare rengöringssprit.

4.3 Företag C

Företag C har ca 240 anställda och arbetar sedan ett år tillbaka med FTF i produktionen. Intervjuerna genomfördes på plats hos företaget i två grupper, där grupp 1 bestod utav en produktionstekniker, en underhållstekniker och en ansvarig för operatörerna medan grupp 2 bestod utav 2 operatörer. Respondenterna i grupp 1 hade arbetat på företaget mellan 2,5 till 22 år och respondenterna i grupp 2 hade båda arbetat där i ca 8 år.

På företaget genomförs morgonmöten klockan 7 i alla grupper där problem som uppstått under kvällen och natten lyfts. Vidare genomförs varannan vecka förbättringsmöten där lagledare, underhållstekniker och produktionstekniker deltar för att diskutera och följa upp problem från produktionen. Vid specifika problem kan även andra operatörer som har mycket kunskap kring en process delta, nackdelen är att nattpersonalen inte har möjlighet att delta på dessa möten, det pågår dock ett arbete med att försök få in deras tankar och åsikter. Vid störningar har företaget ett tydligt tillvägagångssätt för att identifiera och hantera dessa, där operatören har det första ansvaret i att försöka identifiera och åtgärda problemet. Om operatören inte lyckas, ska de meddela en ställare som då genomför en felsökning med hjälp av en checklista. Skulle problemet fortfarande inte vara löst skrivs ärendet in i deras system och kopplar det till antingen verktygs-, underhålls- eller produktionsavdelningen beroende på problemets karaktär.

4.3.1 Produktionsstörningar

I båda intervjugrupperna framgick det att produktionsstörningar förekommer dagligen i olika varianter och antal där dåligt material, materialbrist samt maskinella och verktygs problem var de som ansågs vara mest förekommande. I båda grupperna upplevdes fler störningar bidra till ökad stress och irritation då detta påverkar leveranser, där vissa omprioriteringar kan behöva göras om problemen inte kan lösas snabbt. Grupp 2 lyfte även att många störningar resulterar i att det kan vara svårt att hinna kontrollera kvaliteten samtidigt som maskiner kan behöva startas om. Gällande grundorsaker upplevde båda grupperna att dessa kanske inte alltid löses direkt vid uppkomst till följd av tidsbrist, men att de flesta kan lösas inom en snar framtid när det finns lite mer tid att tillgå. Respondenterna menade att om symptomen kan lösas och produktionen kan fortsätta utan att det hela tiden uppstår fler störningar kan det vara värt att köra klart ordern för att vid omställning hantera och undersöka grundorsaken.

Som förslag för att hantera och minska antalet produktionsstörningar lyfter båda grupperna utbildning utav produktionspersonal, där en respondent i grupp 2 skulle vilja se att operatörerna får tydligare instruktioner om felet och hur det kan åtgärdas. I grupp 1 lyftes utöver utbildning, skapandet av tydliga instruktioner för hur arbetet ska genomföras sannolikt skulle kunna minska vissa störningar. Vidare lyfte båda grupperna att mer förebyggande underhåll och förståelse för hur maskinerna körs och slits skulle vara bra. Detta arbete har påbörjats genom så kallade "dugliga

studier” där personal utvärderar maskinernas och verktygens skick för att undersöka hur ofta underhåll och service bör genomföras.

4.3.2 FTF

Idag arbetar företaget med flera olika tekniska verktyg för att skapa en effektivare produktion, bland annat med produktionspaneler, speciell mjukvara kopplad till maskiner samt FTF. Båda grupperna är positiva till användningen av tekniska verktyg, där mer information om stopptider, upprepade problem och mer data bidrar till mer kunskap som kan användas för att försöka förebygga störningarna.

Företaget har arbetat med FTF i ca ett år där produktionsteknikerna är ansvariga för användningen. Skulle underhållsavdelningen vilja använda FTF vid en störning ber de således produktionsteknikerna om hjälp. Verktöget har främst använts vid kroniska störningar där de inte har kunnat härleda problemet, så kallade “felen man inte kan sätta fingret på”, vilket har inneburit att verktöget används cirka 1-2 gånger i månaden. I början upplevdes det dock att en uppsättning inte räckte då det fanns intresse att filma flera processer samtidigt. Fördelen med FTF gentemot en GoPro-kamera, som de använt tidigare, är att tiden för störningens uppkomst inte behöver hämtas externt från produktionsloggen utan finns direkt i verktöget. Andra fördelar är att produktionen inte behöver övervakas konstant vid störningar, utan att den tiden kan läggas på annat. Vidare lyfter grupp 1, vilka har arbetat med verktöget, att det har underlättat och snabbat upp arbetet med att identifiera och lösa störningars grundorsaker. Vid ett tillfälle kunde dessutom en situation som inte identifieras vara en möjlig anledning till att störningar uppkommer upptäckas och förebyggas vilket sågs som positivt.

Operatörerna hade ingen uppfattning om FTF:s fördelar eller nackdelar då de inte är involverade i arbetet men menade att det är fördelaktigt om fler störningar kan lösas snabbare då det underlättar deras arbete.

4.4 Enkät för operatörer

Till följd av för få svar på enkäten kan tyvärr inga resultat presenteras då de inkomna svaren inte utgör en tillräcklig grund för att dra några generella slutsatser.

5. Diskussion

I följande kapitel följer en diskussion utifrån resultat och teori för att besvara arbetets frågeställningar.

5.1 Produktionsstörningar och deras påverkan på personalen

På alla tre intervjuade företag uppstår dagligen produktionsstörningar av olika slag. Vanliga störningar som identifierades var kopplade till maskinfel, materialbrist och dålig kvalitet på det inkommande materialet, vilket stämmer väl överens med tidigare forskning från Bokrantz m.fl. (2016) inom området. Vidare ansågs störningar utgöra ett tydligt problem i produktionsprocessen och att det finns stora vinster med att minska dem, bland annat då samtliga respondenter upplever att störningarna leder till mer stress, irritation samt svårigheter att vara motiverad vid hanteringen av dessa. Störningars påverkan på anställda har tidigare lyfts i studier av Ito m.fl. (2022), där fler störningar antas resultera i stress och irritation bland operatörer, vilket stämmer överens med resultaten från intervjuerna. Författarna skriver även att detta kan ha en negativ påverkan på operatörernas motivation, vilken enbart uttrycktes på företag B. Dock ställdes inga specifika frågor kopplade till hur produktionsstörningar påverkar motivation utan enbart stress då enkäten skulle bidra med information om detta.

Alla tre företagen hade tydliga tillvägagångssätt och arbetade med olika metoder och verktyg för att hantera uppkomna störningar. Att företagen arbetar med att försöka hantera och minska antalet produktionsstörningar är betydande av flera anledningar, dels för att vara konkurrenskraftiga samt dels för att skapa en bättre arbetsmiljö. Trots tydliga tillvägagångssätt lyftes dock flera utmaningar hos företagen. En utmaning som lyftes på samtliga företag är att operatörerna arbetar både under kvällar och nätter medan personalen med mer utbildning och kunskap om maskiner eller processer enbart arbetar dagtid. Detta innebär att när svårlösta störningar uppstår på kvälls- eller nattetid har operatörerna begränsade möjligheter att få hjälp och stöd i att hantera dessa vilket ofta resulterar i att produktionen står still tills nästkommande dag. Detta blir både kostsamt för företagen och skapar frustration för operatörerna som inte kan lösa problemen. Ytterligare utmaningar som lyfts utav operatörerna var att de ibland kan tvingas vänta flera veckor eller månader på att få hjälp att lösa problem vilket leder till massa extraarbete för att hålla i gång produktionen.

I intervjuerna med produktions- och underhållsteknikerna uttrycktes det en irritation och frustration angående att många störningar som de behöver hantera egentligen skulle kunna lösas av operatörerna själva. Situationen leder till mindre tid för dem att arbeta med deras huvudsakliga arbetsuppgifter som till exempel förebyggande underhåll. De främsta anledningarna till att problemet existerar trodde medarbetarna berodde på bristande kompetens och engagemang hos operatörerna att lära sig hantera störningarna.

Uppfattningen kring bristande kompetens bland produktionspersonalen delades utav de intervjuade operatörerna. Däremot uttryckte de en önskan om tydligare kommunikation kring hur problemen har lösts och att de gärna hade lärt sig mer för att hantera eventuella utmaningar i produktionsprocessen, vilket inte tyder på bristande intresse och engagemang kring arbetet. Dock är motivation och engagemang komplexa processer som varierar från person till person (se kapitel 2.7) och innebär att kollegorna till respondenterna inte behöver ha samma intresse eller engagemang för

att lära sig hantera problem som uppstår som dem. Tyvärr kan inga generella slutsatser för alla operatörer på företagen dras till följd av för få svar på den utskickade enkäten.

5.1.1 Främja engagemang i produktionen

Att ha motiverad och engagerad personal menar Jacobsen och Thorsvik (2019) kan bidra till ökad produktivitet, kvalitet och konkurrenskraft. För företag inom tillverkningsindustrin, vilka Ingemansson (2004) och Ylipää m.fl. (2017) beskriver kämpa med låga OEE-tal, bör det således finnas ett intresse i att främja detta hos sina anställda i produktionen. Främjandet av motivation och engagemang är dock inte enkelt eftersom olika individer motiveras av olika saker, vilket leder till att flera faktorer sannolikt behöver tas i beaktning. På företag B lyfte operatörerna till exempel att feedback eller uppskattning från någon högre upp i verksamheten och inte enbart från närmaste chef hade varit uppskattat och lite motiverande. Detta innebär dock inte att resterande operatörer skulle uppskatta detta. Huruvida operatörerna upplever sitt arbete motiverande eller engagerade kan tyvärr inte analyseras till följd av få svar på den utskickade enkäten.

För att hantera och minska antalet produktionsstörningar lyfte nästintill samtliga respondenter mer utbildning för operatörerna som den främsta lösningen tillsammans med mer underhåll av maskiner och verktyg. En möjlig väg för att uppnå detta samt minskad belastning på produktions- och underhållstekniker är implementerandet utav operatörsunderhåll. Implementeringen av arbetssättet beskriver Axelson m.fl. (2005) bygger på successivt ökande intresse, kunskap och ansvar som Tsang (2002) menar ska leda till en känsla av ägarskap och engagemang för sin arbetsplats. Vidare påvisade Ylipääs (2000) studie att ju mer inkluderade operatörerna är i underhålls- och kvalitetsarbetet desto bättre upplever de sin psykosociala arbetsmiljö.

Utifrån Allen och Meyers (1991) beskrivning av affektivt engagemang (kapitel 2.7.2.2) behöver arbetssättet bidra till att individen utvecklar en emotionell identifiering och involvering med organisationen. Huruvida detta är möjligt att uppnå genom operatörsunderhåll är svårt att avgöra då olika individer har olika attityder och inställning till ökat ansvar. Däremot skulle arbetssättet teoretiskt sett kunna ha en motiverande effekt genom utvecklandet av nya kompetenser och ökad frihet i arbetet, vilka beskrivs vara grundläggande behov för autonom motivation inom SBT (kapitel 2.7.1.1). Även samhörigheten, det tredje behovet, skulle kunna utvecklas genom operatörsunderhållet då operatören får större ansvar och bidrar till att produktionen ska fungera optimalt, vilket kan upplevas som betydande för verksamhetens helhet. Utifrån att kompetens, samhörighet och autonomi anses vara grundläggande behov för att främja individens autonoma motivation och att motivation antas ligga till grund för engagemang (kapitel 2.7) skulle teoretiskt sätt operatörsunderhållet kunna ha en motiverande och engagerande effekt.

5.1.2 FTF för motivation och engagemang

I arbetet för att utveckla operatörernas kompetens och nå en högre grad av operatörsunderhållet skulle FTF kunna vara ett användbart verktyg där operatörerna själva får träna på att analysera störningars uppkomst och hantering av dessa. Användningen skulle kunna öka känslan av autonomi genom att de själva ansvarar för att lösa problemet och att cheferna har tillit till att dem skulle klara av det. Hos de operatörer som inte var från företag C fanns det ett intresse att arbeta med verktyget, där operatörerna från företag B lyfte att produkten kunde vara användbar för att skapa ökad förståelse kring hur maskiner och processer fungerar. På företag A menar operatörerna att ställarna skulle kunna ha stor nytta av verktyget i sin felsökningsprocess, speciellt eftersom de

finns tillgängliga på kvälls- och nattpassen. Intresset som Tengelin (2023) identifierade i sitt arbete kan styrkas genom operatörernas positiva inställning under intervjuerna hos de företag som inte arbetar med verktyget. Däremot är det inte självklart att det är just operatörerna som skulle använda FTF om det införskaffades på företagen eller om andra roller skulle ansvara för det.

I arbetet genomfördes enbart intervjuer på ett företag som arbetar med verktyget då inga andra företag som använder det hade möjlighet att delta i arbetet. På företag C är det enbart produktionstekniker som använder FTF, vilket delvis handlade om att operatörerna inte ansågs ha tid att sköta flera maskiner samtidigt som de använder verktyget. Att ta hänsyn till operatörernas arbetsbelastning är en viktig del för att operatörernas trivsel vilket kan påverkas deras intresse av att stanna i organisationen. Av denna anledning passar eventuellt detta arbetssätt bäst för företag C och i detta fall skulle användningen utav FTF kunna utveckla operatörernas kompetens genom att sekvenser från störningar kan fångas på film och användas för att utbilda personalen i att hantera dessa störningar när de uppstår. Skulle operatören däremot efterfråga att få använda verktyget själv men inte tillåtas, vilket delvis beskrevs utav Tengelin (2023), finns det risk för att deras upplevelse av autonomi minskar genom bristande känsla av tillit och möjlighet att lära sig något nytt. I detta fall bör operatörerna få en möjlighet att använda verktyget, till exempel genom en utbildning i hur det fungerar alternativt att verktyget används vid olika processer varje vecka. Eftersom verktyget enbart används 1-2 gånger i månaden finns det således möjligheter för att det används oftare vid fler processer.

En nackdel med att det enbart är produktionsteknikerna som använder verktyget är att "jag kör, du reparerar" konceptet som Nakajima (1988) menar finns mellan operatörer och tekniker inte försvinner utan i stället riskeras att stärkas, vilket inte anses positivt utifrån implementerandet av operatörsunderhållet. Upplägget på företag C innebär således att den irritation som teknikerna beskriver kan uppstå när de behöver hantera vissa störningar som operatörerna egentligen skulle kunna lösa, inte heller kan minska. Således återfinns sannolikt många fördelar med att låta intresserade operatörer använda FTF, bland annat eftersom de har möjlighet att lära sig hantera fler störningar och inte behöver vara lika beroende av teknikernas hjälp, vilket på sikt kan minska teknikernas belastning.

5.2 Data som underlag för analys av störningar

Inom Industri 4.0 antas RCA vara en datadriven och samarbetsinriktad process där molnteknologier ska möjliggöra kunskapsdelning mellan anläggningar genom dokumentation, registrering, klassificering och uppföljning av olika störningar (Ito m.fl., 2021). Med teknologier som sensorer, maskininlärning, och stora mängder data menar Ito m.fl. (2021) och Vo m.fl. (2020) att dagens tids- och kostnadskrävande RCA:er ska bli både snabbare och mer precisa. Detta utifrån att mer kunskap och exakt data leder till effektivare prognostisering och förebyggande av störningar, vilket även leder till minskat beroende av expertkunskap som Lokrantz m.fl. (2018) menar har haft en stor roll i RCA:ers framgång.

I intervjuerna ställde sig samtliga respondenter positiva till ökad insamling av data då det underlättar detektivarbetet kring varför en störning uppkommit, var störningen återfinns och hur den kan hanteras. En respondent uttryckte att "data är data och den ljuger oftast inte", vilket gör den betydande för att hantera produktionsstörningar. Ett exempel från intervjuerna kring datainsamling

och analys av störningar var med grupp 2 på företag A, vilka beskrev hur de använde trender i data tillsammans med felkoder från maskiner för att analysera störningar.

5.2.1 FTF som komplement till befintliga analysmetoder

I intervjuerna med de som inte arbetar med FTF antogs sparad tid genom effektivare identifiering av problemet samt att det kan underlätta detektivarbetet kring problemens grundorsaker främsta fördelar. Vidare lyftes verktygets dokumenterande och bevisade funktion som något positivt i situationer där störningarna uppstår oregelbundet och är svåra att förstå. Respondenterna antog även att FTF skulle kunna användas i stället för manuell övervakning av en process eller för att lösa problemet med att operatören inte får röra något förens produktions- eller underhållstekniker har kollat på störningen. Under kvälls- och nattpassen skulle således videoinspelningen göra det möjligt för operatörerna att försöka lösa problemet utan att försvåra arbetet för teknikerna om de inte lyckas. Antagandena om verktygets fördelar stämmer överens med respondenternas svar från företag C som arbetar med FTF, vilka ansåg att verktyget var en värdefull resurs för störningar som är svåra att sätta fingret på, då det underlättar och effektiviserar arbetet med att identifiera och förstå problemet. Vidare lyftes värdet i att kunna dokumentera hur identifierade störningar har lösts tillsammans med video på hur det såg ut när de inträffade för att kunna hantera liknande problem i framtiden.

På företag A i grupp 2 lyftes problematiken med störningar som uppstår oregelbundet där det inte finns lika mycket data eller information att analysera. En utmaning med att analysera dessa störningar är att operatörerna ibland har försökt att åtgärda problemet själv först, vilket leder till att situationen inte är densamma när till exempel produktionstekniker kommer till platsen. Detta försvårar arbetet och ofta måste operatören bli tillsagd att inte röra något utan direkt kontakta den avdelning som störningen berör så att problemet kan hanteras direkt vid dess uppkomst. På företag C beskrevs det dock att störningar har kunnat hanteras bättre och effektivare genom användningen av FTF, bland annat därför att personalen inte har behövt övervaka produktionen manuellt. Vidare ansågs videon ge möjligheter till att analysera processen både innan, under och efter störningen oavsett hur processen ser ut när teknikerna kommer till platsen.

Utifrån att kroniska störningar uppstår frekvent men är svåra att identifiera skulle användningen av FTF kunna vara till hjälp i förebyggande syfte även om störningar inte har identifierats. Att verktyget kan vara hjälpa till att förebygga störningar beskrevs på företag C genom att en händelse som tidigare inte identifierats vara möjlig fångades på film och åtgärdades vid inspelning för en annan störning. Utifrån detta skulle FTF till exempel kunna monteras upp vid en process som inte producerar vad som förväntas och eventuellt identifiera flera småstopp eller avvikande rörelser som över tid leder till sämre OEE. Arbetssättet skulle även leda till högre utnyttjandegrad av verktyget då det idag enbart används cirka 1-2 gånger i månaden på företag C samt på sikt kunna leda till bättre produktivitet samt fler insikter kring processerna.

En annan fördel med FTF som respondenten som arbetat mest med verktyget lyfte var att ytterligare information kring störningarna inte behöver hämtas från externa källor utan återfinns i verktygets system direkt, till skillnad från en vanlig GoPro-kamera. Utifrån att en operatör på företag A beskrev att de aldrig sitter framför en dator under arbetsdagen och därför inte skulle ha möjlighet att titta på videoinspelningar, skulle användningen av FTF och en smarttelefon skulle således även operatörerna

kan vara delaktiga i arbetet kring störningar. Med hänsyn till studien av Ito m.fl. (2022) där antalet produktionsstörningar kunde vara uppemot 260 stycken per dag, skulle således FTF möjliggöra att fler störningar kan analyseras samt att operatörerna kan uppleva en större samhörighet och delaktighet.

5.3 Utmaningar med användandet av FTF

Konceptet för FTF är att det ska gå snabbt och vara enkelt att använda för att kunna identifiera och hantera störningar. På företag C beskrevs det dock hur teamledaren behöver beställa användningen av verktyget och innebär att den snabba hanteringen försvinner. Vidare beskrev respondenterna hur de i början upplevde att en kamera inte räckte utan att de skulle behöva en till men nu, en tid senare enbart använder den en till två gånger i månaden. Anledningen till detta skulle eventuellt bero på att FTF bidrar till att nya kunskaper kring störningar kan utvecklas och dokumenteras, vilket på sikt resulterar i att antalet störningar som kräver djupgående analys eventuellt kan minska. Således återfinns en utmaning för att FTF ska användas i det dagliga arbetet. Trots att företaget kunnat identifiera störningar och förebygga dessa används dock verktyget idag inte för detta utan enbart reaktivt.

Idag har företagen tydliga tillvägagångssätt och rutiner där bland annat använder data från sensorer vilka är fastmonterade i maskinerna vid hantering och analys av produktionsstörningar, vilket kan anses fungera tillräckligt bra. För att FTF ska implementeras i det dagliga arbetet behöver sannolikt nya rutiner och arbetssätt tas fram inom företagen, något som kan vara svårt beroende på organisationskulturen. Vidare kan användningen utav ett portabelt verktyg för videoinspelning antas vara något nytt för de flesta, vilket bidrar till svårigheter att identifiera hur det kan användas på ett effektivt sätt.

5.4 Operatörens roll i framtidens produktion

Trots de många fördelar som Industri 4.0 kan resultera i, betonar Kusiak (2017) att implementering av nya teknologier för en datadriven produktion är komplicerad och att eventuella problem kan uppstå vid felaktig användning av data. Vidare har redan ett nytt koncept, Industri 5.0, etablerats där produktionspersonalen antar en betydande roll för att tillverkningsindustrin ska bli mer hållbar och bidra till samhällets nytta (kapitel 2.5.2). Inom detta koncept ska personalen arbeta tillsammans med de smarta teknologerna från Industri 4.0, vilket innebär att de kommer behöva ha kunskaper om både processer, maskiner och teknologier. Idag tycks dock utvecklandet av kompetenser för produktionspersonal vara ett bristande område inom organisationer till följd av att okunskap lyftes både i intervjuer samt tidigare studier som en anledning till att störningar uppstår och inte kan hanteras.

För att Industri 5.0 ska möjliggöras krävs således en insats i att utbilda personalen, där vidare utmaningar kommer vara att attrahera personal som vill arbeta med detta samt behålla de anställda som utvecklat dessa kunskaper. I detta arbete kan affektivt engagemang, anställdas vilja att stanna i organisationen, vara betydande, vilket återkopplar till Bergman och Klefsjös (2020) uttalande "vad som skapar motivation och leder till engagemang kommer säkert att bli allt viktigare för organisationer som vill klara sig i en global ekonomi med allt snabbare förändringstakt".

5.5 Vidareutveckling av FTF

I intervjuerna lyftes flera funderingar kring FTF:s tålighet, förmåga att analysera avvikelser och från företaget som använder verktyget, upplösningen. Att verktyget ska fungera i flera miljöer har till stor del tagits i beaktning vid utformandet av fästen samt val av smarttelefon, däremot finns det en begränsning i vilka produktionsstörningar som kan analyseras och hanteras. För att bidra till en effektivare produktion bör främsta fokus i vidareutvecklingen vara att identifiera större avvikelser i de producerade produkterna för att på så sätt fånga upp fler uppkomna störningar. Detta skulle även kunna bidra till minskade antal kassationer vilket är positivt för företagets hållbarhet. Genom utvecklingen skulle företagen sannolikt se ett större värde i att använda verktyget dagligen och således skulle även sannolikheten att identifiera nya störningar som kan förebyggas, hanteras eller analyseras öka, vilket på sikt leder till en effektivare produktion.

5.6 Hållbarhet

Syftet med arbetet har inte varit att undersöka hur användningen av FTF kan påverka företagets hållbarhet ur ett miljöperspektiv. Emellertid kan färre störningar och defekter leda till en lägre material- och energiförbrukning (kapitel 2.4) och skulle användningen av FTF märkbart reducera antalet störningar i en produktionsprocess skulle detta vara en aspekt värd att lyfta. I intervjuerna ställdes inga frågor kopplade till verktygets påverkan på miljön och var inte heller ett ämne som lyftes av respondenterna.

Användningen skulle dock kunna bidra till en mer hållbar arbetsmiljö genom att effektivare analyser av störningar kan bidra med kunskap som kan eliminera grundorsaker som leder till minskade störningar, vilket kan minska stress och irritation. Detta har dock inte kunnat verifierats genom arbetets undersökning.

6. Slutsats och förslag

I följande kapitel kommer slutsatserna att presenteras utifrån arbetets frågeställningar samt förslag för fortsatta studier kring ämnet.

6.1 Slutsats

Till följd av tillverkningsindustrins problem med produktionsstörningar som försämrar produktiviteten syftade arbetet till att undersöka hur videoinspelning för probleminentifiering i produktionen kan påverka operatörers motivation och engagemang för en effektivare produktion. Att ta reda på om en viss produkt eller arbetsätt har en motivationshöjande effekt är dock svårt att avgöra, främst för att motivation och engagemang är komplexa processer vilka varierar från person till person. För operatörernas motivation och engagemang kan videoinspelning eventuellt möjliggöra utvecklandet av nya kompetenser genom att situationer kan analyseras tillsammans med data från maskiner och verktyg. Dessutom skulle det eventuellt bidra till ökad känsla av autonomi genom att operatörerna får mer tillit och möjligheter att hantera störningar. På företaget som intervjuades och arbetade med FTF används dock verktyget inte utav operatörer. Tillsammans med få svar på enkäten som skickades ut saknas tillförlitligt underlag för att dra slutsatser om att operatörers motivation och engagemang skulle påverkas av videoinspelning i sitt arbete, ännu mindre om FTF eventuella effekter.

Utöver påverkan på operatörernas motivation och engagemang syftade arbetet att undersöka hur FTF skulle kunna komplettera befintliga arbetsätt för störningsdata och analys av störningar. I intervjuerna kunde både respondenter som använder och inte använder verktyget se vinningen med att samla in videosekvenser från störningarna för att underlätta arbetet med att analysera och hantera störningar. Till exempel lyfte respondenterna i grupp 2 på företag A att det skulle vara skönt att slippa säga till operatörerna att inte röra något förens de har kommit till platsen. Vidare har användningen av FTF i produktionen framför allt beskrivits vara effektiv i användningen för att analysera kroniska störningar där företaget som använder verktyget kunnat lösa dessa effektivare än tidigare. Användandet har även bidragit till att oidentifierade situationer på företag C har kunnat förebyggas genom användningen. Den främsta fördelen med FTF gentemot en GoPro-kamera beskrivs vara att data för när störningarna uppstod inte behöver hämtas externt utan återfinns direkt i systemet, vilket gör att arbetet går snabbare.

6.2 Förslag på fortsatta studier

Till följd av bristande antal svar på den utskickade enkäten och produktionspersonalens betydelse inom Industri 5.0 skulle studier kring vilka faktorer som bidrar till deras motivation och engagemang vara insiktsfulla för hur produktionen skulle kunna bli effektivare. För att avgöra hur olika verktyg eller arbetsätt påverkar operatörernas engagemang vore det bättre att genomföra undersökningar innan detta implementeras. Efter implementeringen bör mätningar genomföras kontinuerligt för att avgöra dess effekt. Det kan även vara av intresse att genomföra mätningarna i en annan grupp som arbetar i liknande miljö på samma företag för att urskilja skillnader. Även här är det dock viktigt att beakta att olika individer motiveras och engageras av olika saker vilket resulterar i att det kan vara svårt att motivera att verktyget eller arbetsättet skulle resultera i en effektivare produktion på andra avdelningar eller företag.

En annan aspekt som skulle vara intressant att undersöka vidare är sambandet mellan OEE-talet och miljöpåverkan för att avgöra om minskade störningar leder till bättre hållbarhet för företagen. I vidare undersökning skulle även användningen av FTF kunna integreras för att se om verktyget kan underlätta arbetet. Detta kräver dock att det finns data från innan påbörjad användning, hur många störningar som löses med hjälp av verktyget samt att data kan samlas in från mer än ett företag för att stärka trovärdigheten.

Referenslista

Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*, 11, Artikel 40.

<https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>

Aronsson, G., Hellgren, J., Isaksson, K., Johansson, G., Sverke, M., & Torbiörn, I. (2012). *Arbets- och organisationspsykologi – individ och organisation i samspel*. Natur & Kultur.

Axelson, J., Bellgran, M., Fjällström, S., Gullander, P., Harlin, U., Ingemansson, A., Lundin, M., Ylipää, T. (2005). Effektiv tillverkning! *Handbok för att systematiskt arbeta bort produktionsstörningar*. (IVF Uppdragsrapport 05/22). IVF Industrieforskning och utveckling AB (nuvarande RISE).

Basri, E.I., Abdul Razak, I.H., Ab-Samat, H. and Kamaruddin, S. (2017). Preventive maintenance (PM) planning: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23(2), 114-143.

<https://doi.org/10.1108/JQME-04-2016-0014>

Bergman, B. & Klefsjö, B. (2020). *Kvalitet från behov till användning*. (6. uppl.). Studentlitteratur.

Blomkvist, P., & Hallin, A. (2014). *Metod för teknologer: Examensarbete enligt 4-fasmodellen*. Studentlitteratur AB.

Bokrantz, J., Skoogh, A., Ylipää, T. and Stahre, J. (2016). Handling of production disturbances in the manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(8), 1054-1075.

<https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2016-0023>

Corbin, J. & Strauss, A. (2015). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. (4. uppl.). SAGE Publications, Inc.

Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement—a practical analysis. *International journal of operations & production management*, 20(12), 1488-1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>

Deci, E. L., Olafsen, A. H., & Ryan, R. M. (2017). Self-determination theory in work organizations: The state of a science. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 4, 19–43. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-032516-113108>

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.

https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*, 49(3), 182–185.

<https://doi.org/10.1037/a0012801>

Ejvegård, R. (2009). *Vetenskaplig metod*. (4. uppl.). Studentlitteratur AB.

Eswaramurthi, K. G. & Mohanram, P. V. (2013). Improvement of Manufacturing Performance Measurement System and Evaluation of Overall Resource Effectiveness. *American Journal of Applied Sciences*, 10(2), 131-138. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.131.138>

EyeAtProduction. (u.å.a). *About us*. <https://eyeatproduction.com/sv/about-us/>

EyeAtProduction. (u.å.b). *Film the Fault- system*. <https://eyeatproduction.com/sv/filmthefault-system/>

Gallup. (u.å.). *Improve employee engagement workplace*. <https://www.gallup.com/workplace/285674/improve-employee-engagement-workplace.aspx#>

Gallup (2023). *State of the Global Workplace 2023*. <https://www.gallup.com/workplace/349484/state-of-the-global-workplace.aspx>

Gangé, M., & Deci, E. L. (2005). Self-determination theory and work motivation. *Journal of Organizational Behavior*, 26(4), 331–362. <https://doi.org/10.1002/job.322>

Gunal, M.M (2019). Simulation and the Fourth Industrial Revolution. I Gunal, M.M. (Red.), *Simulation for Industry 4.0* (ss. 1-17). Springer Charm. https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1007/978-3-030-04137-3_1

Harter, J. K., Schmidt, F. L., & Hayes, T. L. (2002). Business-unit-level relationship between employee satisfaction, employee engagement, and business outcomes: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 87(2), 268–279. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.2.268>

Ingemansson, A. (2004). *On Reduction of Production Disturbances in Manufacturing Systems Based on Discrete-Event Simulation* [Doktorsavhandling, Lunds tekniska högskola]. Lund University Publications. <https://lup.lub.lu.se/record/467483>

Ito, S. A., Ylipää, T., Gullander, P., Bokrantz, J. and Skoogh, A. (2022). Prioritisation of root cause analysis in production disturbance management. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(5), 1133-1150. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2020-0402>

Ito, A., Ylipää, T., Skoogh, A., & Gullander, P. (2021). Production disturbances handling : Where are we and where are we heading? [Conference Paper]. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, ss. 12- 23. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-57508>

Jacobsen, D. I & Thorsvik, J. (2019). *Hur moderna organisationer fungerar*. (5. uppl.). Studentlitteratur AB.

Jimenez-Cortadi, A., Irigoien, I., Boto, F., Sierra, B., & Rodriguez, G. (2019). Predictive Maintenance on the Machining Process and Machine Tool. *Applied Sciences*, 10(1), 224.

<https://doi.org/10.3390/app10010224>

Kahn, W. A. (1990). Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work. *Academy of Management Journal*, 33(4), 692-724. <https://doi.org/10.2307/256287>

Katila, P. (2000). *Applying total productive maintenance-TPM: principles in the flexible manufacturing systems* (Teknisk rapport, nr. 2000:23). Luleå tekniska universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A998208&dswid=2578>

Kumar, G., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(2), 233-277.

<https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>

Kusiak, A. (2023). Smart Manufacturing. I Nof, S.Y. (Red.), *Springer Handbook of Automation* (ss. 973-985). Springer Charm. <https://doi.org/10.1038/544023a>

Kusiak, A. (2017). Smart manufacturing must embrace big data. *Nature*, 544, 23–25.

<https://doi.org/10.1038/544023a>

Larsen, A. K. (2018). *Metod helt enkelt: En introduktion till samhällsvetenskaplig metod*. (2. uppl.). Gleerups Utbildning AB.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6(4), 239-242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

Liker, J. K., & Meier D. (2006). *The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill.

Lokrantz, A., Gustavsson, E., & Jirstrand, M. (2018). Root cause analysis of failures and quality deviations in manufacturing using machine learning. *Procedia CIRP* 72, 1057-1062.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.229>

Mahto, D., Kumar, A. (2008). Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(2), 16-53.

<http://dx.doi.org/10.3926/jiem..v1n2.p16-53>

Meyer, J. P. (2014). Employee commitment, motivation, and engagement: Exploring the links. I M. Gagné (Red.), *The Oxford handbook of work engagement, motivation, and self-determination theory* (ss. 33–49). Oxford University Press.

Meyer, J. P., & Allen, N. J. (1991). A three-component conceptualization of organizational commitment. *Human Resource Management Review*, 1(1), 64–89. [https://doi.org/10.1016/1053-4822\(91\)90011-Z](https://doi.org/10.1016/1053-4822(91)90011-Z)

Mobley, K. R. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. (2. uppl.). Elvise Science.

Nationalencyklopedin. (u.å.a). *Industriella revolutionen*. I Nationalencyklopedin. Hämtad 26 oktober 2023, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/industriella-revolutionen>

Nationalencyklopedin. (u.å.b). *Motivation*. I Nationalencyklopedin. Hämtad 20 oktober 2023, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/motivation>.

Naturvårdsverket. (2022). *Industrins klimatomställning (7045)*. Naturvårdsverket, Statens Energimyndighet. <https://www.naturvardsverket.se/publikationer/7000/978-91-620-7045-8/>

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. (Översatt från japanska). Productivity Press, Inc.

O'Donovan, P., Leahy, K., Bruton, K., & O'Sullivan, D. T. J. (2015). An Industrial Big Data Pipeline for Data-Driven Analytics Maintenance Applications in Large-Scale Smart Manufacturing Facilities. *Journal of Big Data*, 2, Artikel 25. <https://doi.org/10.1186/s40537-015-0034-z>

Parida, A., Kumar, U., Galar, D. and Stenström, C. (2015). Performance measurement and management for maintenance: a literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(1), 2-33. <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2013-0067>

Pink, D. H. (2009). *Drive: the surprising truth about what motivates us*. Riverhead Books.

Pinto Junior, M. J. A., & Mendes, J. V. (2017). Operational practices of lean manufacturing: Potentiating environmental improvements. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 10(4), 550-580. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2268>

Produktion 2030. (2018). *D3H - Data-driven disturbance handling*. <https://produktion2030.se/projekt/data-driven-disturbance-handling-d3h/>

Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making. *Big Data*, 1(1), 51-59. <https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>

RISE. (u.å.). *DFusion- data fusion av störningsdata*. <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/dfusion-data-fusion-av-storningsdata>

Rooney, J. J., & Vanden Heuvel, L. N. (2004). Root Cause Analysis For Beginners. *Quality Progress*, 37(7), 45-53. [Root Cause Analysis for Beginners | ASQ](#)

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Boston Consulting Group*, 9, 54-89. [Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries](#)

Schaufeli, W. B., & Bakker, A. B. (2023). Work engagement. I Ruch, W., Bakker, A. B., Tay, L., & Gander, F (Red.) *Handbook of Positive Psychology Assessment* (ss. 273–292). Hogrefe.

Schaufeli, W. B., Martínez, I. M., Marques Pinto, A., Salanova, M., & Bakker, A. B. (2002). Burnout and Engagement in University Students: A Cross-National Study. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 33(5), 464-481. <https://doi.org/10.1177/0022022102033005003>

Skoogh, A., Johansson, B., & Hansson, L. (2011). Data requirements and representation for simulation of energy consumption in production systems [Conference Paper]. In *Proceedings of the 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems*.

Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), 237-244. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00067-0)

Tengelin, E. (2023). *Effekter av Kombinerade Datakällor ur RCA Perspektiv*. [Examensarbete, Chalmers tekniska högskola]. <http://hdl.handle.net/20.500.12380/307086>

Tsang, A.H.C. (2002), Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7-39. <https://doi.org/10.1108/13552510210420577>

Toulouse, G. (2002), Accident risks in disturbance recovery in an automated batch-production system. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 12(4), 383-406. <https://doi.org/10.1002/hfm.10020>

Vo, B., Kongar, E., & Suárez-Barraza, M. F. (2020). Root-Cause Problem Solving in an Industry 4.0 Context. *IEEE Engineering Management Review*, 48(1), 48-56. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.2966980>

Weber, C., Königsberger, J., Kassner, L., & Mitschang, B. (2017). M2DDM – A Maturity Model for Data-Driven Manufacturing. *Procedia CIRP*, 63, 588-593. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.309>

Xu, K., Li, Y., Liu, C., Liu, X., Hao, X., Gao, J., & Maropoulos, P. G. (2020). Advanced Data Collection and Analysis in Data-Driven Manufacturing Process. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 33, Artikel 43. <https://doi.org/10.1186/s10033-020-00459-x>

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2017). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848-861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>

Ylipää, T. (2000). *High-reliability manufacturing systems* [Licentiatavhandling, Chalmers tekniska högskola]. Chalmers Research. <https://research.chalmers.se/en/publication/181391>

Ylipää, T. (2023). *Stegen för operatörsunderhåll* [Bild]. Chalmers tekniska högskola.

Ylipää, T., Skoogh, A., Bokrantz, J. and Gopalakrishnan, M. (2017). Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(1), 126-143. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2016-0028>

Bilagor

Bilaga A - Intervjuformulär operatörer

Börja med att berätta om arbetet, frågeställningar, DFusion projektet och kort om FTF om de inte arbetar med verktyget idag.

Fråga om det är okej att vi spelar in intervjun.

Fråga hur länge de har arbetat på företaget.

Frågor kopplade till produktionen:

1. Vilka produktionsstörningar upplever du finns i er verksamhet? (Många/få, vad det är, vilka är vanliga?)
 - a. Vilka skulle du säga sticker ut?
2. Hur hanterar ni produktionsstörningar idag? Kan du/ni beskriva tillvägagångssättet från identifiering till lösning och inkludera de verktyg eller tekniker ni använder.
 - a. Finns det några andra verktyg eller tekniker som ni använder för att hantera och identifiera produktionsstörningar?
 - b. Hur gör du om ni inte kan identifiera orsaken till störningen?
3. Upplever du att många problem/grundorsaker till störningar inte blir lösta?
 - a. Om ja, hur påverkar detta dig och ditt arbete skulle du säga?
4. Hur påverkar antalet störningar dig och ditt arbete skulle du säga?
 - a. Upplever du att du blir mer stressad vid tillfällena då många produktionsstörningar uppstår?
5. Vad skulle du säga kan göras för att minska antalet produktionsstörningar?
6. Upplever du att det finns stöd från andra i verksamheten för att hantera produktionsstörningar?
 - a. Om ja, på vilket sätt?
 - b. Om nej, vad skulle ni vilja se mer av?
7. Hur ställer du dig till användningen av tekniska verktyg för att identifiera produktionsstörningar? Varför?

Frågor kopplade till användning av FTF

1. Hur upplever du att användningen av FTF har påverkat ditt arbete och produktivitet?
2. Hur upplever du att FTF har påverkat ert arbete med störningar?
3. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF i ditt arbete?
4. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF för problemlösning?

5. Skulle du säga att FTF har bidragit till att öka din motivation och engagemang? Varför/varför inte?
6. Några andra tankar eller idéer kring FTF eller produktionsstörningar?

Om de inte arbetar med FTF, börja med att förklara FTF konceptet

1. Hur tror du att användningen av FTF skulle påverka ditt arbete och produktivitet?
2. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF i ditt arbete?
3. Hur tror du att användningen av FTF skulle påverka arbetet med störningar?
4. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF för problemlösning?
5. Tror du att du skulle bli mer motiverad och engagerad i ditt arbete genom att använda FTF? Varför/varför inte?
6. Några andra tankar eller idéer kring FTF eller produktionsstörningar?

Bilaga B - Intervjuformulär produktions- och underhållstekniker samt ansvarig

Börja med att berätta om arbetet, frågeställningar DFusion projektet och kort om FTF om de inte arbetar med verktyget idag.

Fråga om det är okej att vi spelar in intervjun.

Fråga om deras roll och hur länge de har arbetat på företaget.

Frågor i förhållande till produktionen:

1. Hur uppfattar du produktionsstörningar i er verksamhet? (Många/få, vad det är, vilka är vanliga?)
2. Hur hanterar ni produktionsstörningar idag? Kan du/ni beskriva tillvägagångssättet från identifiering till lösning och inkludera de verktyg eller tekniker ni använder.
 - a. Finns det några andra verktyg eller tekniker som för att hantera och identifiera produktionsstörningar?
 - b. Hur gör du om ni inte kan identifiera orsaken till störningen?
3. Hur ofta upplever du/ni att ni behöver lösa problem som operatören egentligen skulle klara av att lösa på egen hand?
 - a. Hur skulle detta kunna fungera bättre?
4. Upplever du att många problem/grundorsaker till störningar inte blir lösta?
 - a. Vad upplever du är den största anledningen till att problem inte blir lösta?
 - b. Hur påverkar detta dig och ditt arbete skulle du säga?
5. Upplever du att du blir mer stressad vid ökat antal produktionsstörningar? Varför/varför inte?
 - a. Hur påverkar antalet det dig och ditt arbete skulle du/ni säga?
6. Vad skulle du säga kan göras för att minska antalet produktionsstörningar/lösa fler problem?
7. Vad har du för inställning till användning av tekniska verktyg för att identifiera och analysera produktionsstörningar? Varför?

Frågor kopplade till användning av FTF

1. Hur upplever du att användningen av FTF har påverkat ditt arbete och produktivitet?
2. Hur upplever du att FTF har påverkat ert arbete med störningar?
3. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF i ditt arbete?
4. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF för problemlösning?
5. Har ni något annat ni skulle vilja lyfta kring arbetet med FTF eller produktionsstörningar?

Om de inte arbetar med FTF, börja med att förklara FTF konceptet

1. Hur tror du att användningen av FTF skulle påverka ditt arbete och produktivitet?
2. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF i ditt arbete?
3. Hur tror du att användningen av FTF skulle påverka arbetet med störningar?
4. Vad ser du för fördelar eller nackdelar med att använda FTF för problemlösning?
5. Några andra tankar eller idéer kring FTF eller produktionsstörningar?

Bilaga C - Enkät operatörer

Enkäten besvarades utifrån en femgradig skala där 1= håller inte alls med och 5= håller med helt och hållet

Upplevelse av arbete

Hur upplever du din arbetsbelastning?

Jag har tid att utföra alla delar av mitt arbete

Mina arbetsuppgifter är varierande

Jag kan påverka beslut som rör mina arbetsuppgifter

Jag kan själv påverka min arbetstakt

Jag har den kompetens som krävs för att utföra mitt arbete

Jag har möjlighet att utveckla mina kompetenser på min arbetsplats

Jag känner mig respekterad på min arbetsplats

Jag trivs med mina kollegor

Mitt arbete som operatör känns meningsfullt

Jag är stolt över att arbeta på min arbetsplats

Upplevelse av problemlösning

Jag upplever att problem i produktionen hanteras på ett effektivt sätt

Jag har möjlighet att få stöd för att hantera problem i produktionen

Jag har möjlighet att bidra till att lösa problem

Jag har möjlighet att använda tekniska verktyg för att lösa problem i produktionen

Ja eller nej

Om ja, användningen underlättar mitt arbete

Om nej - varför inte?

Fler tekniska verktyg och mer insamlad data från produktionen gör mitt arbete roligare att utföra

Videoinspelning för att identifiera problem anser jag skulle vara/är användbart

Vi vill gärna höra dina åsikter om ditt arbete, finns det något annat du vill tillägga?

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se



CHALMERS