



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Handelshøyskolen NMBU

En studie av Lean på Grefsen verksted

A Study of Lean at Grefsen Workshop

Asad Ul Islam Jamil

Master i økonomi og administrasjon

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en del av masterstudiet i økonomi og administrasjon med hovedprofil i økonomistyring, ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

Jeg ønsker å benytte anledningen til å rette en stor takk til Grefsen verksted for muligheten til å skrive denne oppgaven, og da spesielt Roger S. Baardseng. Roger har stilt opp på dybdeintervju, utallige møter og vært svært behjelpelig med raske svar og informasjon ved behov under hele prosessen. I tillegg vil jeg takke Tore Martin Solvang fra Konsernsenteret i Sporveiens strategiavdeling for å stille opp på møte 02.02.2017, og vært behjelpelig med å besvare e-posthenvendelser knyttet til oppgaven.

Jeg håper at begge parter har fått glede av samarbeidet.

Avslutningsvis ønsker jeg å rette en takk til min veileder Jens Bengtsson som har vært tålmodig, stilt opp med konstruktive innspill og mye kunnskap gjennom hele semesteret. Tilbakemeldingene fra veileder har hjulpet meg mye og vært en viktig faktor for gjennomføring av denne oppgaven.

Sammendrag

Denne studien ble gjort i samarbeid med Grefsen verksted for Sporveien Trikken AS. De senere årene har man tatt i bruk ulike verktøy fra Lean-teorien. Formålet med studien var å sammenligne hvorvidt Lean-arbeidet på Grefsen verksted samsvarer med Lean-teori, Lean Maintenance teori og vedlikeholdskonseptene RCM og TPM. Gjennom forskningsspørsmålene ønsket jeg å se hvorvidt Lean-bruken hadde noen effekt på verkstedet. I tillegg vurderte jeg om Lean Maintenance, RCM eller TPM kunne bistå på Grefsen verksted.

For å besvare problemstillingen valgte jeg samle inn data gjennom møter, interne- og eksterne rapporter og et semi-strukturert dybdeintervju med Lean-ansvarlig for Grefsen verksted. I tillegg observerte jeg Lean-bruken i form av befaringer på verkstedet og oppmøte på et tavlemøte.

Mine funn viser at overordnede på verkstedet har meget god innsikt i Lean-filosofien og fokus på systematisk forbedringsarbeid. Selv om noen områder kan forbedres, er det stor sammenheng mellom hvordan Lean-teorien legger frem ulike verktøy og hvordan disse benyttes i verkstedet. Dette vises i ulike KPIer som har gitt positive resultater. Siden disse KPIene ikke er helt konkrete, ble det anbefalt tre som verkstedet kan vurdere å bruke.

Av Lean-verktøy som man benyttet i henhold til relevante teorier kommer bedriftens forbedringsplattform, daglige tavlemøter og verdistrømsanalyser ulike prosesser. 5S, involvering av ansatte på tavlemøter og PDCA er verktøy som jeg mener verkstedet bør ha mer fokus på.

Fra Lean Maintenance teori, RCM og TPM er det lite som på kort sikt kan forbedre Lean-arbeidet. Derfor blir det anbefalt å fokusere på Lean-teori, men med fokus på vedlikehold. Det kan i tillegg vurderes å se på verktøy som FMEA, CMMS og OEE.

Abstract

This thesis was done in collaboration with Grefsen workshop of Sporveien Trikken AS. In recent years, we have adopted various tools from Lean theory. The purpose of this study was to compare whether the usage of Lean correspond with Lean theory, Lean Maintenance theory and maintenance concepts like RCM and TPM. Through the sub-questions, I wanted to see whether usage of Lean had any effects on the workshop. In addition, I reviewed whether Lean Maintenance, RCM or TPM could assist at Grefsen workshop.

To answer the this issue, I chose to collect data through meetings, internal and external reports, and a semistructured in-depth interview with responsible for Lean at Grefsen workshop. In addition, I observed the Lean usage in terms of field trips in the workshop and attendance at a kaizen board meeting.

My findings show that overall the workshop has very good insight into the Lean philosophy and focus on systematic improvements. Although some areas could be improved, there is a high correlation between how Lean theory put forward various tools and how these are used in the workshop. This appears in various KPIs which has proved positive results. Since these KPIs are not very specific, it was recommended three different KPIs the workshop may consider using.

From Lean Maintenance theory, RCM and TPM is unlikely in the short term to improve the Lean work. Therefore it is recommended to focus on Lean theory, but with more focus on maintenance. It should also be considered to look at tools like FMEA, CMMS and OEE.

Innhold

1.0 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for studien.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Avgrensninger.....	3
2.0 Trikken	4
2.1 Historie og nåsituasjon.....	4
2.1.1 Trikketyperne SL79 og SL95.....	5
2.1.2 Trikkeprosjektet	6
2.2 Grefsen verksted	6
2.2.1 Funksjoner	6
2.2.2 Vedlikehold.....	8
2.2.3 Implementering av Lean.....	8
3.0 Teoretisk rammeverk	10
3.1 Vedlikehold.....	10
3.2 Vedlikeholdskonsepter	10
3.2.1 TPM – Total Productive Maintenance.....	11
3.2.2 RCM – Reliability Centered Maintenance	11
3.2.3 Lean Maintenance	13
3.3 Lean	13
3.4 Fem grunnprinsipper	15
3.4.1 Verdispesifisering	15
3.4.2 Verdistrømidentifikasjon.....	15
3.4.3 Flyt i verdistrømmen	16
3.4.4 «Pull» fremfor «push».....	16
3.4.5 Perfeksjon.....	16
3.5 Former for sløsing.....	16
3.5.1 Defekter.....	17
3.5.2 Overproduksjon.....	17
3.5.3 Lagerbeholdning.....	17
3.5.4 Venting	18
3.5.5 Transport	18
3.5.6 Bevegelse.....	19
3.5.7 Overprosessering.....	19
3.5.8 Uutnyttet talent.....	19
3.6 Kontinuerlig forbedring	20

3.7 Lean-verktøy	20
3.7.1 PDCA-sirkelen	21
3.7.2 Verdistrømsanalyse	22
3.7.3 Tavler	23
3.7.4 5 x hvorfor, fiskebendiagram og A3	23
3.7.5 5S	24
3.7.6 Forbedringsgrupper	25
4.0 Forskningsmetode	26
4.1 Metode	26
4.2 Forskningsdesign	26
4.3 Datainnsamling	27
4.3.1 Semi-strukturert intervju	27
4.3.2 Intern informasjon	28
4.3.3 Ekstern informasjon	28
4.3.4 Observasjon	29
4.4 Feilkilder	29
4.5 Validitet og reliabilitet	30
5.0 Datainnsamling	32
5.1 Lean på verkstedet	32
5.2 Eliminering av sløsing	32
5.3 Kontinuerlig forbedring og Lean-verktøy	33
5.4 Effekter av Lean-arbeidet	37
5.5 Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonsepser	40
6.0 Diskusjon og analyse	41
6.1 Eliminering av sløsing	41
6.2 Kontinuerlig forbedring og bruken av Lean-verktøy	43
6.3 Forskningsspørsmål 1	46
6.4 Forskningsspørsmål 2	48
7.0 Oppsummering og konklusjon	50
8.0 Litteraturliste	51
9.0 Vedlegg	53
Vedlegg 1 – Intervjuguide	53
Vedlegg 2 – 5 ganger hvorfor skjema	56
Vedlegg 3 – Forslag til forbedringer og melding om avvik	57
Vedlegg 4 – Red tag	58

Figurliste

Figur 1 - Nøkkeltall Trikken AS 2015.....	4
Figur 2 - SL79 i trafikk	5
Figur 3 - SL95 i trafikk	5
Figur 4 - En grov skisse av avdelinger på Grefsen verksted.....	7
Figur 5 - Grefsen verksted	8
Figur 6 - Planlagt vedlikehold for SL79 og SL95. Tall i km.....	8
Figur 7 - Formel for beregning av OEE.....	11
Figur 8 - Eksempel på en RCM-gruppe	12
Figur 9 - Fem sentrale Lean-prinsipper	16
Figur 10 - PDCA-sirkelen	22
Figur 11 - Oversikt over stegene i en 5S-prosess	24
Figur 12 - Teoretisk potensiale - 25 000km-service av SL79 basert på verdistrømsanalyse	35
Figur 13 - Timeforbruk 25 000km-service av ulike SL79 etter gjennomføring av VSM.....	38
Figur 14 - Antall vognbytter per uke i perioden juli 2016 – januar 2017	39
Figur 15 - Leveranse av trikk, perioden 2014 - 2016	39

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn for studien

Det forventes en befolkningsøkning i Oslo og Akershus med 15 000 innbyggere årlig de neste årene. Fram mot år 2040 vil befolkningen i bare Oslo øke med 200 000¹. Befolkningsveksten og økt fokus på grønt miljø gjør at etterspørselen etter miljøvennlig kollektivtrafikk vil være stor i framtiden. Det har i tillegg pågått politiske diskusjoner knyttet til konkurranseutsetting av kollektivtrafikken i Oslo og Akershus². For Sporveiens del, som i dag har monopol på trikk og t-bane, handler det om å jobbe effektivt og styrke sin konkurransekraft for å sikre at de leverer kollektivtrafikk også i tiden fremover.

For at Sporveien skal være det naturlige førstevalget innen kollektivtransport må de jobbe enda smartere og mer effektivt enn tidligere. Dette innebærer; kostnadseffektiv drift, men samtidig flere trikker og t-baner ut av vognhallene og inn i trafikk. På den måten kan Sporveien levere bedre enn potensielle konkurrenter og gi mest mulig kollektivtrafikk for pengene.

På bakgrunn i det overnevnte ble det bestemt at spesifikke strategier måtte iverksettes. Den første i rekken var BEST2015, en effektiviseringsstrategi som skulle sikre at ingen andre kunne levere bedre kollektivtrafikk for pengene enn Sporveien ved utgangen av 2015. Med stor suksess ble det naturlig å videreutvikle strategien til BEST2020.

For Trikkens del er målet med BEST2020 å *skape neste generasjons trikkedrift parallellt med enda mer kollektivtrafikk for pengene*. Et av bidragene for å nå BEST2020 er implementering av Lean på verkstedet for Trikken. Lean har sin opprinnelse fra Toyotas produksjonssystem og nevnes ofte i sammenheng med eliminering av sløsing (seven wastes) og kontinuerlig forbedring (kaizen). Det foreligger en god del litteratur om Lean de senere årene, og det forskes stadig på flere nye teorier. En av disse er Lean Maintenance teori. Videre finner vi vedlikeholdskonseptene Total Productive Maintenance og Reliability Centered Maintenance og heretter omtalt som TPM og RCM.

Siden verkstedets arbeidsoppgaver omfatter vedlikehold, kan det være interessant å vurdere vedlikeholdskonsepter som Lean Maintenance, TPM og RCM. Det kan i den sammenheng

¹ <http://www.nettavisen.no/na24/sjefkonom-om-oslos-befolkningsvekst--vil-legge-betydelig-pess-pa-boligprisene/3423237048.html> (Benyttet: 15.09.2016)

² <http://www.abcnyheter.no/nyheter/2011/09/08/137274/konkurranseutsetter-trikk-og-t-bane-i-rekordfart-Besøkt-27.09.2016> (Benyttet: 08.08.2016)

vurderes hvilke effekter Lean-verktøyene har gitt. I hvor stor grad har de ulike Lean-verktøyene på verkstedet bidratt til effektivisering og eliminering av ressurser? Er verkstedet bevisste på de ulike verktøyene som foreslås under Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonsepter? Finnes det andre verktøy som kan benyttes fra Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonsepter som kan implementeres på verkstedet for Trikken?

Hensikten med denne studien er å gjennomgå verkstedets bruk av Lean-verktøy som benyttes, og samtidig åpne opp for vurdering av andre verktøy som foreløpig ikke er benyttet eller hensyntatt. Dette kan være nyttig informasjon for ledere og medarbeidere på verkstedet med tanke på utvikling av strategier for eliminering av sløsing og effektivisering av arbeidsoppgaver i fremtiden.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen i denne oppgaven er:

Hvordan er forholdet mellom Lean-arbeidet på Grefsen verksted og Lean-teori, Lean Maintenance teori og andre vedlikeholdskonsepter?

Problemstillingen går ut på å sammenligne Lean-arbeidet på verkstedet med Lean-teori og andre vedlikeholdskonsepter som Lean Maintenance, RCM og TPM. Dette vil hovedsakelig bli gjort ved å se på de ulike verktøyene som i dag blir benyttet, og sammenligne disse opp mot Lean-teori og vedlikeholdskonseptene. På den måten kan man si noe om hvorvidt det er noen sammenheng mellom Lean-arbeidet på verkstedet og teorien.

Videre ønsker jeg å besvare følgende forskningsspørsmål:

1. **Hvilke effekter har Lean-arbeidet hatt på verkstedet?** – ved å se på ulike KPIer som blir benyttet på verkstedet etter implementering av Lean, kan man få en indikasjon hvilke effekter Lean-arbeidet har gitt.
2. **Hvordan kan Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonsepter forbedre Lean-arbeidet på verkstedet?** – her kan en se på verktøy som foreslås av Lean Maintenance og de andre vedlikeholdskonseptene og vurdere disse opp mot de som allerede blir benyttet. Kanskje kan noen av disse verktøyene bidra til å forbedre det opprinnelige Lean-arbeidet, eventuelt kan man på sikt ha disse konseptene i tankene dersom det skulle være nødvendig for videre utvikling av Lean i på Grefsen verksted.

1.3 Avgrensninger

Grefsen verkstedet består flere avdelinger (figur 3) som sammen har ansvaret for å vedlikeholdet av sporvognene. Selv om Lean skal implementeres på hele verkstedet, har man enda ikke kommet til den fasen at den er implementert i like stor grad i alle avdelingene.

Derfor kan informasjonen som samles inn ha mangler og bli basert på antagelser om hvordan Lean vil bli benyttet i fremtiden. Jeg kommer derfor til å fokusere på Lean-bruken i avdelingen for vognproduksjon, avdelingen hvor man har kommet lengst i bruken av Lean. Denne avdelingen omfatter også de fleste arbeiderne på verkstedet, slik at jeg mener det er hensiktsmessig å ha fokuset rettet mot den.

Lean-arbeidet vil bli gjennomgått ved å se på de ulike verktøyene som benyttes mest. Det er også disse verktøyene det foreligger mest informasjon om.

2.0 Trikken









Denne oppgaven skrives for Trikkens verksted på Grefsen. For å forstå betydningen av verkstedets oppgave for trikkedriften, mener jeg det er hensiktsmessig å gi en beskrivelse av Trikken som selskap. Nedenfor følger en kort beskrivelse av historien bak Trikken, struktur, nåsituasjon med nøkkeltall fra 2015, ulike trikketyper og trikkeanskaffelsen av nye trikker, heretter kalt sporvogn. I tillegg presenteres avdelinger og arbeidsoppgaver på Grefsen verksted og kort om implementeringen av Lean i på verkstedet.

2.1 Historie og nåsituasjon

Trikken ble i 1894 etablert i Oslo med navnet «Kristiania Elektriske Sporvei». Dette var Skandinavias første elektriske sporveislinje. Den gikk fra Jernbanetorget over Briskeby til Majorstuen og hadde en sidelinje til Skarpsno. Mer enn 100 år senere er mye forandret. Oslotrikken som tidligere har blitt kalt «blåtrikken», «grønntrikken» og «gullfisken» endret navn til Sporveien Trikken i 2009.

I dag har Trikken alt ansvar for drift av sporvogn i Oslo med tillatelse fra Statens Jernbanetilsyn og avtale med det offentlige eide selskapet Ruter AS. Ruter eies 40% av Akershus fylkeskommune og 60% av Oslo kommune og er ansvarlig for kollektivtrafikken i Oslo og Akershus.

For elleve år siden ble visjonen om «Rullende fortau» innført, og medførte en økning i antall reisende fra 30 til 55 millioner årlige reisende i år 2015. Det samme året hadde Trikken 367 ansatte med driftsinntekter på over 800 millioner kroner. Det er totalt 72 sporvogner som står til disposisjon og det finnes 99 trikkestasjoner³.

ENKELTREISER	LINJER	REGULARITET	VOGNNM	ANSATTE	TRIKKER	DRIFTSINNTEKTER (1.000)	VOGNTIMER
							
55 mill	6	99,3	4.287.723	367	72	808.455	308.468

Figur 1 - Nøkkeltall Trikken AS 2015 (Sporveien årsrapport 2015)⁴

³ http://www.trikken.no/inter/omtrikken?p_document_id=2416954 (Benyttet: 02.09.2016)

⁴ https://www.sporveien.com/Content/2735883/Sporveien_%C3%A5rsrapport_2015.pdf(Benyttet: 03.10.2016)

2.1.1 Trikketyperne SL79 og SL95

På de seks forskjellige linjene kjøres det to typer sporvogn i trafikk. Den første typen er SL79. Den har totalt 137 plasser, 71 sitteplasser og 66 ståplasser. Med sin totalvekt på 32,8 tonn har den 590 hestekrefter og en toppfart på 80 km/t. Det er produsert 40 stk av denne typen for Trikken. De 10 første ble produsert av Duewag i Dusseldorf, mens de resterende 30 ble produsert av daværende Strømmens Værksted. SL79 har kun ett førerrom, og kan dermed ikke kjøres på linjer uten vendesløyfe på endeholdplass ⁵.



Figur 2 - SL79 i trafikk

Den andre typen av sporvogn som opererer i Oslo er SL95. Den er produsert av AnsaldoBreda i Italia, og har derfor fått kallenavnet «Italiatrikken». Den har totalt 212 plasser, hvorav 88 sitteplasser og 124 ståplasser og veier 64,98 tonn. De har førerrom i begge ender og har en toppfart på 80 km/t. Det finnes 32 stk av disse.



Figur 3 - SL95 i trafikk

På hverdager er det 10-minutters ruter på hver av de seks linjene. På kvelden og i helger er det lagt opp til mindre kjøring og avganger hvert 20. minutt. På søndager er det enda mindre kjøring. På stasjoner hvor det opererer flere linjer samtidig, legges det opp til 5-minutters

⁵ http://www.ruter.no/Documents/Rapporter-dokumenter/Ruterrapporter/2010/16-2010_Trikkestrategi.pdf?epslanguage=no (Benyttet: 23.10.2016)

ruter. Antall disponible vogner fordelt på planlagte kilometer gir omtrent 175 km daglig for SL79 og 195 km for SL95

2.1.2 Trikkeprosjektet

Bystyret vedtok 16. desember i 2015 kjøp av 87 nye trikker til Oslo, og Sporveien er gitt det overordnede ansvaret for prosessen. Et av hovedårsakene til trikkeanskaffelsen er Italia-trikkene av typen SL95 som har vist seg å være lite pålitelige gjennom årene. Voldsom støy, kuldeproblemer, overveldende tyngde og rust- og sprekke-dannelser er problemer som har gått igjen siden de har vært i trafikk. Nye sporvogn planlegges i sammenheng med blant annet ny og oppgradert base- og infrastruktur og fremtidig rutetilbud. En foreløpig kostnadsramme av de 87 sporvogner er på 4.145 milliard norske kroner. Det er planlagt at disse skal være i trafikk rundt år mellom 2019- 2024.

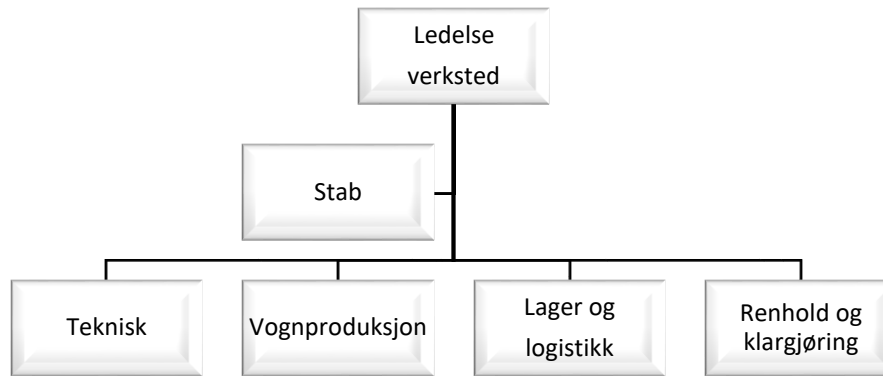
2.2 Grefsen verksted

Trikken har sin hovedbase som inkluderer kontorer og vognhall med verksted og vaskehall på Grefsen. Selve vognhallen er 15 000 kvm stort og sto klar august 1956. Tanken om rasjonell drift var sentral da vognhallen skulle bygges. Verkstedet ble tilpasset gjennomkjøring av vogner, noe som ikke var vanlig for tilsvarende bygg. Normalen var at verkstedene hadde den samme inn- og utkjøringen, men det ble nå mulig å kjøre ut sporvogn den ene veien og sporvogn med feil kunne kjøres inn den andre enden.

Vognhallen har i dag 13 spor for parkering av trikker og ti spor for verkstedet. I tillegg er to spor forbeholdt vasking og hjuldreining.

2.2.1 Funksjoner

Verkstedet består av flere avdelinger som i felleskap skal bidra til vedlikehold av vogner slik at etterspørselen av vogner møtes. Disse avdelingene er Vognproduksjon, Lager og logistikk, Teknisk, Renhold og klargjøring. I tillegg er det en stab som har det overordnede ansvaret. Det er ca. 70 ansatte som arbeider på selve verkstedet.



Figur 4 - En grov skisse av avdelinger på Grefsen verksted

Staben på verkstedet består av personer som har administrativt ansvar for verkstedet. Dette består av funksjoner som regnskap, opplæring, HR, Lean, sikkerhet og teknikk, planlegging og produksjonsstøtte. Denne funksjonen har sine kontoret på verkstedet.

Den tekniske avdelingen innehar teknisk ekspertise for Trikken og skal yte teknisk støtte for driften. De bestemmer hva som kan gjøres med vognene i henhold til regelverk. Dette består av ingeniører og teknikere som har premissgiverfunksjonen for sikkerhet og kvalitet. De har også egen opplæringsavdeling med ansvar for kompetansekrav.

Produksjonsavdelingen på verkstedet har ansvar for å sikre planlegging og gjennomføring av korrektivt og forebyggende vedlikehold, ut fra et drifts- og kostnadshensyn slik at krav til kvalitet, sikkerhet og vogntilgjengelighet ivaretas. Deres overordnede mål er å kunne levere tilstrekkelige antall vogner for å oppfylle ruteplanen. Vognproduksjonen består av forskjellige fagarbeidere som elektrikere og mekanikere.

Lageret har ansvaret for å legge ting til rette for produksjonsavdelingen. De skal bidra til god logistikk og planlegging for optimal vognleveranse. I dette ligger også innkjøp av nødvendig utstyr til vedlikehold. Lagermedarbeidere pakker nødvendige deler i servicepakker basert på type vedlikehold av vognene. Pakkene skal plasseres ved riktig spor.

Avdeling for renhold og klargjøring har ansvaret for at vognene har standarden som passasjerene forventer hva gjelder renhold. Det blir utført visuelle sjekk daglig før vognene settes ut i trafikk.



Figur 5 - Grepsen verksted

2.2.2 Vedlikehold

For at trikkene skal være trafikksikre og pålitelige gjennomføres planlagt og korrektivt vedlikehold. Per i dag er det en fordeling på 40% planlagte servicer og 60% korrektive. Verkstedet bruker i snitt 6000 timer i måneden på disse tilsammen. Teknisk utstyr som av sikkerhetsmessig betydning og som medfører at vognen stopper eller hvor feil medfører begrensninger i driften er eksempler på planlagt vedlikehold. Det planlagte vedlikeholder er lagt til serviceintervaller basert på antall kjørte km.

SL79	2 500	25 000	50 000	100 000	250 000	500 000					
SL95	3 125	6 250	12 500	25 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	600 000	

Figur 6 - Planlagt vedlikehold for SL79 og SL95. Tall i km

Dersom en trikk overskrider intervallet blir den arrestert inntil servicen er gjennomført. Servicer til og med 25 000 km utføres i stort sett på kveld- og nattetid etter at vognene har sluttet rutene. Servicer med intervaller 50 000 km og over er meget omfattende slik at de ikke rekker å gjennomføres i løpet av en kveld. De blir derfor utført på dagtid. For annet utstyr er det bevisst valgt en vedlikeholdsstrategi hvor feilen blir reparert etter at fører har skrevet feilrapport. Dette utstyret blir ikke kontrollert på planlagte servicer og er gjenstand korrektivt vedlikehold.

2.2.3 Implementering av Lean

Lean i trikkens verkstedavdeling på Grepsen ble først tatt i bruk i år 2008. To konsulenter ble hyret inn for å implementere Lean i verkstedet. Det viste seg at de ansatte ikke hadde god nok innsikt i hva innføring av Lean innebærer, og ble derfor alt for lite involvert i prosessen. Dette

fordi det ikke var nok forankring hos ledelsen i forbindelse med innføring av Lean. Det ble ikke tenkt langsiktig nok ved at man aldri skapte en kultur for Lean-filosofien og dets verktøy. Det var kun en struktur som kom på plass som følge av konsulentene. Denne falt tilbake da konsulentene ikke lenger var tilstede. Dette førte til at implementeringen ble lite vellykket og at Lean ble fraværende noen år. Enda en konsulent ble hyret inn og fikk som oppgave å implementere Lean. Denne gangen ble det bedre tatt imot og Sporveien rekrutterte dedikert personell som kun skulle jobbe med kontinuerlige forbedringer og Lean på fulltid.

Per i dag jobber det én ansatt med Lean i Trikken på fulltid. På sikt er planen å ansette enda flere som skal jobbe med Lean på fulltid og opprette en dedikert gruppe ansatte som blir Lean-ambassadører.

Når det gjelder til ulike avdelingene har man fokusert på å implementere Lean i avdeling for vognproduksjon. Avdelingsleder for de andre avdelingene har eksempelvis innført Lean-tavler, men ikke kommet like langt som vognproduksjon. På sikt ønsker man å integrere Lean i de andre avdelingene i like stor grad.

Hovedårsaken til implementeringen av Lean var et ønske om å ha fokus på kontinuerlig forbedringer, jobbe smartere, høyere produktivitet og mer riktige prosesser. Det benyttes i dag flere forskjellige Lean-verktøy på verkstedet. De mest vanlige er A3, verdistrømsanalyser, tavlemøter, forbedringsgrupper, fiskebensanalyse og 5 ganger hvorfor, standardisering (konsekvens av VSM og 5S).

3.0 Teoretisk rammeverk

Teorikapitlet vil kartlegge det teoretiske rammeverket for denne studien. Innledningsvis vil det defineres sentrale definisjoner innen vedlikeholdsterminologi før vi går inn på de ulike vedlikeholdskonseptene. Deretter ser vi på Lean-filosofien i et historisk perspektiv, Leans fem grunnprinsipper, ulike typer sløsing og kontinuerlig forbedring. Vi går så inn på ulike verktøy innen Lean, før vi avslutter med kritikken som rettes mot Lean.

3.1 Vedlikehold

For å forstå hverandre innad i en organisasjon eller på tvers av organisasjoner er det nødvendig å forstå terminologien som ligger til grunn. Dette for å unngå usikkerhet og misforståelser. Standarden NS-EN 13306 er en omgjort versjon av den europeiske standarden som inneholder definisjoner av begreper innen vedlikehold (CEN 2010).

Vedlikehold defineres av standarden som:

«En kombinasjon av alle tekniske og administrative aktiviteter, inkludert ledelsesaktiviteter, som har til hensikt å opprettholde eller gjenvinne en tilstand som gjør en enhet i stand til å utføre en krevd funksjon.»

Avhengig av hvilken type bedrift en snakker om, kan man enten utføre forebyggende vedlikehold, korrektivt vedlikehold eller en kombinasjon av disse.

NS-EN 13306 definerer videre disse:

Forebyggende vedlikehold – Vedlikehold som utføres etter forutbestemte intervaller eller ifølge forutbestemte kriterier, og som har til hensikt å redusere sannsynligheten for svikt eller funksjonsnedsetting.

Korrektivt vedlikehold – Vedlikehold som utføres etter at en feil (tilstand) er oppdaget, og som har til hensikt å bringe en enhet tilbake i en tilstand som gjør det mulig å utføre en krevd funksjon.

3.2 Vedlikeholdskonsepter

Flere vedlikeholdskonsepter har blitt utarbeidet opp gjennom årene for ulike bransjer. Mange av disse har sitt utspring fra Toyota Production Systems, mens andre stammer fra flybransjen og militæret. Jeg vil nedenfor belyse noen vedlikeholdskonsepter som er relevante for denne studien.

3.2.1 TPM – Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) har sin opprinnelse fra Japan på 1950-tallet. Den skulle støtte Total Quality Management (TQM), en ledelsesfilosofi som har fokus på høy kvalitet i alle prosesser frem til sluttproduktet, på alle nivåer i organisasjonen. Derfor ble det aktuelt å ha et system for vedlikehold av utstyr som benyttes til produksjon (Wireman 2004).

TPM har som mål å maksimere utnyttelsen av utstyr som benyttes til verdiskapning. Gjennom kontinuerlig forbedring skal man jobbe mot nullvisjonen om ingen feil, svikt og ulykker (Chan et al. 2005). Ved å involvere alle i organisasjonen kan TPM være et verktøy for å øke utnyttelsen av produksjonsrelaterte ressurser. Det finnes mange metoder for å måle effektiviteten til produksjonsutstyret; Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR) og Overall Equipment Effectiveness (OEE). TPM foreslår at OEE benyttes i den grad det er mulig siden den gir et overordnet bildet av utnyttelsesgraden til utstyret. Det viktige her er å øke nøkkeltallet OEE, som er en funksjon av tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og kvalitet (Ljungberg 2000).

$$\text{OEE} = \text{OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (\%)} \\ \text{tilgjengelighet} \times \text{utnyttelsesgrad} \times \text{kvalitet}$$

Figur 7 - Formel for beregning av OEE

3.2.2 RCM – Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance (RCM) er et konsept innen vedlikehold som opprinnelig stammer fra flyindustrien. På slutten av 1950-årene var det høye kostnader knyttet til vedlikehold i industrien slik at det ble nødvendig å vurdere disse nærmere. Etter flere år med ulike forsøk på å finne en metode for å håndtere vedlikehold ble det i 1978 publisert en rapport av Stan Nowlan and Howard Heap med tittelen «Reliability Centered Maintenance».

I rapporten ble det konkludert med at mange typer feil ikke kunne hindres av vedlikehold, uansett hvor godt vedlikeholdet ble utført. I tillegg er det lite hensiktsmessig å utføre vedlikehold basert på brukstid, siden dette ikke har noe effekt på sannsynligheten for mindre funksjonssvikt. Rapporten er utgangspunkt i de fleste fremgangsmåtene av RCM-metodikken i dag (Moubray 1997).

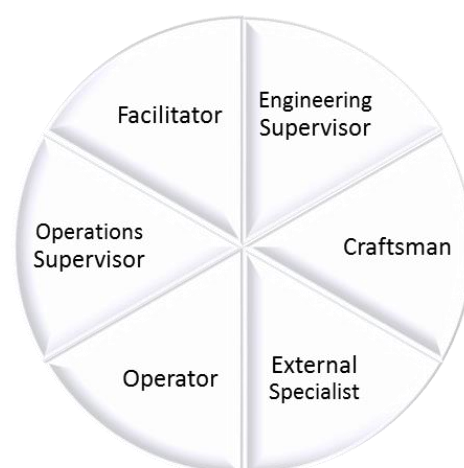
RCM går ut på å optimalisere strategier innen vedlikehold for å redusere forskjellige feilmodi som kan føre til funksjonsnedsetting av ressurser som benyttes til verdiskapning. Målet er

ressursene skal være tilgjengelige og pålitelige til enhver tid. Dette gjøres ved å benytte kjente analytiske verktøy som FMEA og feiltreanalyser i en systematisk kontinuerlig prosess. Man begynner med å kartlegge mulige feil og konsekvenser av disse med bakgrunn i ressursen. Deretter kan kostnadseffektive vedlikeholdsstrategier utvikles for å minimere sannsynligheten for feil. Man benytter så den mest kostnadseffektive strategien slik at påliteligheten til ressursen øker (Heap & Nowlan 1978).

I følge Huang et al. (2012) bør skal en RCM-prosess besvare følgende syv spørsmål for en ressurs:

1. Hvilken funksjon har ressursen når den utøves optimalt?
2. Hvilke feil kan oppstå?
3. Hva forårsaker de ulike feilene?
4. Hva skjer når hver feil oppstår?
5. På hvilke måter er de ulike feilene viktige?
6. Hvordan forutsi eller forhindre de ulike feilene?
7. Hva skal gjøres om en hensiktsmessig løsning ikke kan finnes?

Disse spørsmålene kan ikke utelukkende besvares av de som jobber med vedlikehold eller avdelingen ressursen opererer i. Derfor opprettes det små grupper av forskjellige medarbeidere i organisasjonen som felles vurderer RCM-prosessen. Det er viktig at minst et medlem av gruppa jobber med vedlikehold (Moubray 1997).



Figur 8 - Eksempel på en RCM-gruppe (Moubray 1997)

En vellykket RCM-prosess skal bidra til bedre sikkerhet og økt miljøfokus i bedriften. RCM fokuserer på å forbedre driften og dermed bedre produktkvalitet noe som fører til bedre

kundeservice. RCM-bedrifter kjennetegnes ved at de utfører kostnadseffektivt vedlikehold. Dette gir økt levetid på kostbare anskaffelser. Videre er målet bedre samarbeid og motiverte ansatte.

3.2.3 Lean Maintenance

Lean Maintenance er et vedlikeholdskonsept presentert av ingeniøren Ricky Smith. Først de siste tiårene har denne fått mer oppmerksomhet etter at flere Vestlige land har hatt behov for vedlikehold av utstyr. Den går ut på å redusere behov av korrektive vedlikehold gjennom forebyggende vedlikehold. Ved å kombinere TPM og RCM får man forebyggende vedlikehold fra TPM og optimalisering av vedlikeholdet fra RCM. Dette sammen med eliminering av sløsing i vedlikeholdsbedrifter står sentralt i Lean Maintenance (Huang et al. 2012).

Nedenfor vil det benyttes teori fra både Lean og Lean Maintenance-teori.

3.3 Lean

Begrepet Lean ble første gang introdusert i artikkelen «Triumph of the Lean Production System» av John Krafcik i 1988. Artikkelen tar for seg Toyotas metoder for bilproduksjon sammenlignet med produksjon internasjonalt, hovedsakelig Europa og USA (Wig 2016). Selv om begrepet første gang ble benyttet av Krafcik i 1988, ble den allmenkjent i 1990 gjennom boken «The Machine that Changed the World» av J. P. Womack, D. T. Jones og D. Roos. Boken ble lansert etter en studie gjennomført av forskere ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) som omhandlet den japanske bilbransjen i etterkrigstiden (Gjønnes & Tangenes 2014).

Selve Lean-filosofien har sitt utspring fra Toyotas produksjonssystem (TPS). Grunnleggeren av Toyota, Eiji Toyoda, valgte i 1937 å produsere personbiler med navnet Toyota Motor Company. På slutten av 1940-tallet var det derimot nedgang i japansk økonomi grunnet 2.verdenskrig og følger av denne. Bilsalget til Toyota stupte og antall usolgte biler økte bilparken. I 1949 ble Toyota hardt rammet av krisen noe som medførte at hver fjerde arbeider ble sagt opp. Dette skapte opprør og streik fra de øvrige ansatte og endte til slutt med at administrerende direktør Kiichiro Toyoda måtte gå av i sin stilling grunnet dårlige resultater og manglende ledelse. På hele 13 år viste han til 2685 produserte personbiler. Til sammenligning produserte Ford 7000 biler daglig i sitt produksjonsanlegg i Detroit (Womack et al. 1990). I tillegg hadde Toyota store vanskeligheter med å levere kvaliteten som ble

etterspurt av den amerikanske hæren, deres største potensielle kunde på den tiden. (Mol et al. 2008).

Grunnet disse problemene var det nødvendig å foreta endringer. Eiji Toyota og Ohno Taiichi var to sentrale personer i denne endringen. Eiji var fetter av resignerte Kiichiro, og hadde tidligere innehatt flere stillinger i Toyota-systemet på 1930- og 1940-tallet. Han hadde i løpet av sin tid klatret oppover gradene og ble forfremmet som den nye administrerende direktøren etter Kiichiro. Ohno var en mekanisk ingeniør som hadde jobbet i «spinning and weaving»-avdelingen i Toyota siden 1932. Han ble forfremmet til produksjonsansvarlig.

I 1950 ble Eiji sendt til Fords produksjonsanlegg i Detroit for tre måneder. Han analyserte produksjonsanlegget til Ford og kom sammen med Ohno til den konklusjon at masseproduksjon av biler ikke ville slå til i Japan, slik det hadde gjort for Ford i USA. Det var derimot andre tiltak som kunne iverksettes slik at Toyota`s produksjon kunne forbedres. (Dennis 2007).

Resultatet av disse iverksettelsene i Toyota utviklet seg til det som i dag kalles Toyota Production System (TPS), det grunnleggende i Lean-filosofien. For Toyota handlet det om å ha en fleksibel produksjonslinje som kunne produsere flest mulig produkter. En forutsetning for dette var at arbeiderne hadde høy kompetanse, var mer selvstendige, og regelmessig standardisere arbeidsoppgavene, også kalt just-in-time produksjon (Wig 2014).

I 1948 begynte Ohno å effektivisere bilproduksjonen. Dette var helt sentralt for å kunne konkurrere med de vestlige konkurrentene Ford og General Motors (GM). For å effektivisere produksjonen begynte Ohno å eliminere alle prosesser som ikke var verdiskapende.

Produksjonsarbeiderne fikk blant annet opplæring til å ha den samme kompetansen som ansatte innen mekanikk, vedlikehold og inspeksjon, noe som førte til at disse ble sagt opp. Videre skiftet Toyota fokus til flyten av produktet gjennom produksjonsprosessen ved å innføre egenkontrollerte maskiner, reduksjon i omstillingstid på maskinene og innføre system for å kartlegge materialbehov trinn for trinn. Alt dette gjorde at Toyota oppnådde svært høy variasjon og kvalitet, samtidig som kostnadene var lave og gjennomløpstiden rask, noe som igjen førte til at de kunne respondere raskt på kundenes endringer i preferanser (Womack et al. 1990). Resultatet av dette ble produksjon i små volumer med flere forskjellige typer biler til rimelig pris. I motsetning til Ford og GE`s masseproduksjon var dette noe annerledes innen bilproduksjon. Toyota viste raskt at lavt produksjonsvolum sammen med stordriftsfordeler i produksjon og innkjøp var kostnadsbesparende og ledet til stor suksess.

3.4 Fem grunnprinsipper

Lean-filosofien handler om å drive systematisk forbedringsarbeid gjennom deltagelse og samspill mellom alle i organisasjonen med kunden i fokus. Gjennom kontinuerlig forbedringsarbeid vil man eliminere sløsing. Basert på studien gjennomført ved av forskere ved MIT belyste Womack og hans kollegaer funnene til grunnoppskriften på veien mot å bli Lean. De fant fem sentrale prinsipper som bør være tilstede for å eliminere sløsing og bli en Lean-bedrift (Womack & Jones 2010)

3.4.1 Verdispesifisering

Det første prinsippet innebærer verdispesifisering fra kundens eller brukerens ståsted. Her gjelder det å spesifisere hva kunden egentlig ønsker å betale for, og dermed tilpasse sin produksjon deretter. Innen Lean skal ikke kunden belastes for annet enn det som er etterspurt (Bicheno & Holweg 2009). Dette kan gjøres ved bruk av markedsundersøkelser, spørreskjemaer, kundeobservasjon, kundehenvendelser og bruke fokusgrupper av potensielle kunder ved produktutvikling (Wig 2014). Dette er i sterk kontrast til den tradisjonelle oppfatningen om at «more is better» hvor man ofte får mye unødvendig med på kjøpet. Lean understreker viktigheten av å ha en balanse mellom produktspesifikasjoner og pris. Samtidig legger den vekt på differensiering av ulike klasser av produktegenskaper. Dette fordi ulike typer produktegenskaper har forskjellig påvirkning på kundens etterspørsel om egenskapene fjernes eller legges til (Gjønnes & Tangenes 2014).

3.4.2 Verdistrømidentifikasjon

Det andre prinsippet dreier seg om å identifisere verdikjeden. Kort sagt er dette identifikasjon av alle ledd i prosessen fra en vare eller en tjeneste blir etterspurt til kundens behov er oppfylt. Det sentrale her er å eliminere alle ledd i verdikjeden som er ikke-verdiskapende eller forbundet med sløsing (Gjønnes & Tangenes 2014).

Ved en grundig analyse av verdikjeden identifiseres det nesten alltid tre ulike typer aktiviteter som har ulik verdi for sluttbrukeren. Den første typen er verdiskapende aktiviteter og kundene er villige til å betale for denne. Den andre typen er nødvendige aktiviteter som nødvendigvis ikke tilfører noe verdi, men som er viktige støttefunksjoner. Den siste typen er ikke-verdiskapende som kunden ikke ønsker å betale for. Det er disse aktivitetene som skal identifiseres for så og elimineres. For å eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter må en verdistrømidentifikasjon utføres av hele bedriften og gjelder både interne og eksterne prosesser (Womack et al. 1990).

3.4.3 Flyt i verdistrømmen

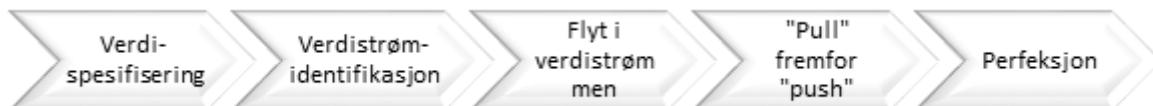
Det tredje prinsippet går ut på å skape flyt i prosessen ved å fjerne alle lagre, stopp og hindringer. Med flyt i verdistrømmen menes at aktiviteter og ressurser beveger seg mot kunden uten hindringer. Det gjelder å unngå produksjon i «batcher» og heller kontinuerlig produsere «one piece». (Bicheno & Holweg 2009). Eksempelvis kan man kjøpe inn materialer underveis istedenfor å kjøpe i store kvantum for deretter å oppbevare disse i lagre. Relevante tiltak for å oppnå jevn flyt er å plassere prosessene nær hverandre og tilpasse leveransen slik at den kommer når det er behov for den.

3.4.4 «Pull» fremfor «push»

Det fjerde prinsippet handler om at neste aktivitet ikke begynner før foregående aktivitet er unnagjort. Med dette unngår man at ulike aktiviteter blir utført så raskt som mulig, og fokuserer heller på å utføre aktiviteten når det er nødvendig. Det er normalt å bruke en form for signalstyring. Ved å etablere «pull» får vi en balanse mellom tilbud og etterspørsel, og dermed slipper at aktiviteter fører til hindringer (stopp, lager, omarbeid). For å lykkes med «pull» må en ha på plass *jidoka*, et navn Toyota bruker for visuell styring. Dette innebærer at man har en oversikt slik at alle i prosessen skal kunne observere og lytte slik at de kan styre prosessen i kundens takt (Wig 2016).

3.4.5 Perfeksjon

Det femte og siste prinsippet består i at man hele tiden streber etter perfeksjon. Dersom man har vært gjennom de fire øvrige prinsippene forstår man raskt at perfeksjon ikke er umulig. Med perfeksjon siktes det eksempelvis ikke til null defekter, men heller leveranse av nøyaktig det kunden har etterspurt, uten forsinkelser, til en rimelig pris, med minst mulig sløsing. Her er det viktig å huske på at målet er å fjerne all sløsing, og ikke rette seg etter konkurrentenes mål eller «best practice».



Figur 9 - Fem sentrale Lean-prinsipper (Womack & Jones 2010)

3.5 Former for sløsing

Lean-tankegangen defineres av Womack og Jones (2010) som en uendelig transformasjon av sløsing til verdi sett fra kundens perspektiv. Sløsing er alle menneskelige aktiviteter knyttet til

en ressurs som ikke gir verdi. Det er derfor viktig å eliminere all sløsing. Det har blitt identifisert åtte ulike former for sløsing (Duffy & Wong 2013). Disse gjaldt opprinnelig for produksjonsbedrifter (Ohno 1988), men Sarkar (2008) argumenterte for at disse var universelle og var gjeldende for alle typer virksomhet.

3.5.1 Defekter

Ulike typer defekter kan omfatte ekstra reparasjoner, vraking, omarbeiding, feilproduksjon eller erstatning av produkter. Dette er ikke bare sløsing med tid, men også kostbart både på kort og lang sikt. Eksempelvis vil en tidlig oppdagelse av feilproduksjon være mindre kostbart, enn om en kunde hadde oppdaget feilen (Bicheno & Holweg 2009; Smith & Hawkins 2004). Defekter kan unngås ved å opprette en teknisk vedlikeholdsfunksjon som har ansvar med å finne rotårsaken til ulike feil og samtidig holde vedlikeholdsrutiner under ettersyn. Det kan være at noen av rutineene ikke er effektive nok, eller at de har mangler. Det kan også være at vedlikehold er feil planlagt ved at det gjøres for tidlig eller sent. En slik teknisk funksjon kan raskt identifisere og løse sløsing i form av defekter (Smith & Hawkins 2004). Defekter omfatter også produkter og tjenester som kunden ikke er tilfreds med og dermed skaper lav kundetilfredshet (Hicks 2007).

3.5.2 Overproduksjon

Overproduksjon vil si at et produkt eller en tjeneste har blitt produsert flere ganger enn nødvendig, produsert for tidlig eller produsert «just-in-case». Målet er å produsere eller tilby nøyaktig det som er nødvendig, til riktig tid og med perfekt kvalitet. Ved overproduksjon ødelegges den jevne flyten av produkter og tjenester som tilbys. Videre er overproduksjon sterkt knyttet til lang leveringstid til kundene. Dette fordi man ved overproduksjon må bruke tid, ressurser og lagerplass på produkter som enda ikke er solgt. Denne ekstra tiden kunne man brukt til fordel for leveringstiden (Bicheno & Holweg 2009). Produksjonseksperten Taichi Ohno mente at overproduksjon er den mest alvorligste typen sløsing. Dette fordi den er årsaken til mange andre problemer som bygging og vedlikehold av store lager, høy bemanning, ekstra bruk av maskiner, deler etc (Dennis 2007).

3.5.3 Lagerbeholdning

Sløsing med tid og høye indirekte kostnader skyldes ofte reservedeler og lagerbeholdning. Hyppige forekomster av tomt lager, unødvendig lagerbeholdning av utgåtte vare og varer som blir lite brukt er eksempler på høye indirekte kostnader. Lageret bør utformes slik at deler og komponenter som blir mest brukt er lett tilgjengelige. Det bør benyttes hyller og beholdere for

å oversiktlig oppbevaring. I tillegg bør man benytte seg av markeringer slik at utstyr hele tiden lett kan finnes, og legges tilbake. Dersom man har problemer med lageret kan (Computerized Maintenance Management System) benyttes. CMMS er et datasystem som inneholder informasjon vedrørende et selskaps vedlikeholdsoperasjoner. Verktøyet MRO Storeroom skal bidra til mindre lagre på en effektiv og kostnadsbesparende måte. Dette ved å holde en oversikt over all vedlikehold og hvilket sted de ulike delene til den aktuelle servicen er lokalisert (Smith & Hawkins 2004). Med unødvendig oppbevaring av deler og komponenter mener man egentlig produkter som kunden egentlig ikke har bestilt. Dette er ødeleggende for kvalitet og produktivitet fordi unødvendig lagerbeholdning øker leveringstiden og forhindrer at man raskt oppdager feil.

3.5.4 Venting

Venting er et av de mest alvorligste type sløsing innen bedrifter og har en direkte sammenheng med å skape flyt i prosessene. I Lean fokuserer man heller på flyt i prosessene framfor arbeidere som hele tiden jobber. Ved flyt i prosessene vil arbeiderne automatisk ha noe å gjøre til enhver tid, og slippe unødvendig venting. Selv om det aldri er mulig å redusere venting helt, bør det alltid være fokus på dette. En viktig årsak til dette er at venting i forlenger ledetiden, noe som går ut over kundetilfredsheten og konkurransedyktigheten (Bicheno & Holweg 2009). Når personell som jobber med vedlikehold må vente på at deler er på vei, eller vente på noe annet, skaper det ingen verdi. Ofte skyldes venting lite eller dårlig opplæring. Eksempelvis kan en maskin plutselig bli ødelagt, og den ansatte som bruker den etterspør hjelp fra en annen. Det kan forekomme at de bruker halvannen time på å prøve å fikse den selv, uten at de greier det. Dette kunne vært unngått dersom en av disse visste hva riktig prosedyre var for å rette på feilen. For å unngå slike tilfeller må alle stegene identifiseres slik at man kan finne rotårsaken (Smith & Hawkins 2004).

3.5.5 Transport

Smith og Hawkins (2004) mener at enhver person som blir spurt hva vedlikeholdspersonell gjør på jobb, svarer ofte at de enten går eller kjører rundt. Utstyr plasser langt unna hvor arbeidet skal utføres eller ofte bruk av deler som ikke er ferdig montert er årsaker til unødvendig transport, noe som ikke skaper verdi.

Dette er en type sløsing som aldri kan helt elimineres, men fokus på å kontinuerlig redusere denne bør være en prioritet. Sammen med unødvendig bevegelser kommer også risikoen for å skade reservedeler. I tillegg er også dobbelthåndtering av reservedeler ved transport knyttet til

mindre produktivitet og lavere kvalitet. For å redusere sløsing i form av unødvendig transport er kommunikasjonen mellom de berørte parter viktig. De partene som samarbeider mest bør være plassert i nærheten av hverandre for å unngå at sløsing oppstår (Bicheno & Holweg 2009).

3.5.6 Bevegelse

Personell som jobber med vedlikehold bruker ofte alt for mye tid på å lete etter riktig verktøy og deler, noe som er helt nødvendig for deres arbeid. Det handler om å ha de riktige tingene tilgjengelige når man trenger dem. En metode som kan benyttes er «point-of-use tooling», hvilket innebærer å ha deler og utstyr nærmest mulig hvor arbeidet skal foregå (Smith & Hawkins 2004). Unødvendig bevegelser kan også relateres til arbeidsplassens oppsett. Dette henger sterk sammen med ergonomi på arbeidsplassen. Fokus på ergonomi er ikke bare viktig etisk sett, men også når en snakker om det økonomiske aspektet (Bicheno & Holweg 2009).

3.5.7 Overprosessering

Enhver prosess som tillegger det endelige produktet en verdi kalles prosessering. Vi har en overprosessering når en produsent gjør noe utover det en kunde har etterspurt. Det kan være at man produserer noe med høyere kvalitet enn det kunden har etterspurt. Dette forbindes med sløsing i form av overprosessering. Med seg fører overprosessering unødvendig bevegelse og feilproduksjon (Liker 2004).

3.5.8 Uutnyttet talent

Den nyeste formen for sløsing som er meget populær i den senere tid. Var ikke en del av TPS syv former for sløsing, men blir til tross for dette sett på som viktig i Lean-filosofien. Handler om at man ikke utnytter medarbeidernes kreativitet, ferdigheter, talenter og erfaringer, eller utnytter dem i liten grad. Mange organisasjoner har mye potensialet i medarbeidere som allerede er ansatt, og kan få stor nytte av disse dersom de brukes riktig (Liker 2004). Sløsing i form av uutnyttet talent kan også være at medarbeidere får tildelt feil arbeidsoppgaver, dårlig kommunikasjon mellom leder og ansatt, lite teamarbeid eller utilstrekkelig opplæring.⁶

⁶ <http://www.processexcellencenetwork.com/business-transformation/articles/the-8-deadly-lean-wastes-downtime> (Benyttet: 08.11.2016)



3.6 Kontinuerlig forbedring

En fundamental del i Lean-filosofien er fokuset på kontinuerlig forbedring, eller på japansk *kaizen*. Ordet *kaizen* stammer fra boken «Kaizen – The Key to Japan`s Competitive Success» av Maasaki Imai i 1986. Det var denne boken som gjorde *kaizen* populær blant bedrifter i Vesten. Imai beskrev kontinuerlig forbedring som både en filosofi og ett sett med verktøy.

Som filosofi fokuseres det på at kunden er i sentrum. Kundernes behov og preferanser etter varer og tjenester forandrer seg hele tiden. Samtidig øker standarden. For å sikre seg lojale kunder på lang sikt er det derfor nødvendig med kontinuerlig forbedring. Dette gjøres i små trinn på alle nivåer i organisasjonen og angår alt fra toppledere til arbeidere (Bicheno & Holweg 2009).

Kontinuerlig forbedring handler videre om å utnytte kreativitet, erfaring, ferdigheter og kunnskapen i organisasjonen. Dette må gjøres før man begynner vurdering av løsninger som krever høye kostnader, prøver moderne teknologi eller kjøper dyre maskiner. Det er derfor mest hensiktsmessig å finne løsninger gjennom kunnskap som man allerede besitter (Alukal & Manos 2006)

3.7 Lean-verktøy

Lean-filosofien legger frem flere ulike verktøy som brukes for å effektivisere prosesser. Disse er ikke alltid like relevante og avhenger av typer bedrift og hvilke problem som bedriften ønsker å løse. Nedenfor følger de mest relevante Lean-verktøyene for denne studien.

3.7.1 PDCA-sirkelen

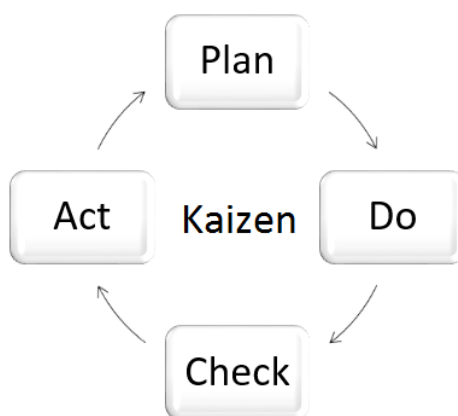
PDCA-sirkelen består av fire faser som skal bidra til kontinuerlig forbedring. I nyere tid er den uten tvil den mest populære av de verktøyene som benyttes for kontinuerlig forbedring (Moen & Norman 2006).

Plan - Den første fasen handler om å identifisere hovedproblemene som ønskes løst og deretter planlegge hvordan dette skal gjøres. Videre må det fastsettes konkrete mål for hva man ønsker å nå og hvordan oppnå målene. I denne fasen er det ikke bare å planlegge hva som skal gjøres, men å kommunisere, diskutere og komme til enighet om hva som skal implementeres. Det viktige her er å sette kunden i fokus og prøve å forstå hva kunden egentlig forlanger. En metode er å utføre en årsak/virkning-analyse. Det bør også utarbeides en tidsplan som viser hvilken rekkefølge og hvilke tider man skal utføre de aktuelle tiltakene (Du et al. 2008).

Do - I den andre fasen skal man utføre det som har blitt planlagt. Dersom man har planlagt godt nok i planleggingsfasen skal det være enkelt å implementere de aktuelle tiltakene. Her gjelder det å teste ut planene som ble laget. Siden dette er nytt gjelder det å være tålmodig for alle berørte parter. Arbeiderne, som ofte blir rammet mest av slike endringer må få klar beskjed for hva som må gjøres og samtidig motiveres av ledere for å utføre arbeidsoppgavene ordentlig.

Check - Den tredje fasen går ut på å sjekke om de nye tiltakene har gitt den ønskede effekten. Dersom de har gitt negativ effekt må man finne rotårsaken til dette og ta det med videre til neste gang. Her kan man også vurdere om det ikke er andre problemer som også må løses og som man ikke fant i planleggingsfasen (Bicheno & Holweg 2009).

Act - Den fjerde fasen går ut på å implementere arbeidet dersom alt har gått etter planen. Da bør man i så fall standardisere endringene som har blitt gjort. Som regel er det alltid rom for forbedringer og derfor bør man justere dette for å få bedre effekt til neste gang for så å fortsette sirkelen på nytt. Dersom man ikke reagerer vil de samme problemene oppstå igjen i fremtiden (Johnson 2002).



Figur 10 - PDCA-sirkelen

3.7.2 Verdistrømsanalyse

En analyse av verdistrømmen er et av grunnprinsippene i Lean. En verdistrømsanalyse er en vurdering av en prosess for et bestemt produkt eller arbeidsoperasjon fra produktutvikling til sluttbrukeren. Ved å utføre en slik analyse får man en visuell fremstilling av de ulike prosesser som skaper kunde verdi. Målet er å systematisk forbedre hele produksjonssystemet fra start til slutt, ikke kun enkelte prosesstrinn eller defekter. Man analyserer også eksisterende metoder som produksjon, sløsing, styring og organisering. En slik kartlegging bidrar til å identifisere aktiviteter som ikke skaper verdi, slik at man heller kan fokusere på aktiviteter som skaper verdi (Wig 2014). En verdistrømsanalyse har fire ulike trinn:

1. Spesifiser verdi
2. Identifiser verdistrømmen.
3. Identifiser feil og få frem forbedringsforslag
4. Implementer endringer.

I følge Smith og Hawkins (2004) er det viktig å definere verdi ut ifra et kunde- og produktperspektiv. De legger til at man både har interne og eksterne kunder. Ved kartlegging av verdistrømmen skal man finne tre typer aktiviteter; verdiskapende, ikke-verdiskapende og nødvendig, men ikke verdiskapende. De ikke-verdiskapende aktivitetene må elimineres (Smith & Hawkins 2004; Womack & Jones 2010).

Tapping og Shuker (2003) nevner at en verdistrømsanalyse vil gi et riktig bilde av hvordan sløsing på arbeidsplassen påvirker flyten.

3.7.3 Tavler

Tavler benyttes for å ha oversikt over sentrale arbeidsoppgaver i de ulike avdelingene og formidle viktige beskjeder på arbeidsplassen. En bedrift har gjerne flere tavler på arbeidsplassen som benyttes til ulike formål som planlegging, måloppnåelse, motivasjon, forbedringer og informasjon. De ulike avdelingene har gjerne forskjellige typer tavler, men felles for alle tavlene bør være å oppfylle organisasjonens mål på kort og lang sikt (Wig 2016).

Et av de vanligste Lean-verktøyene er tavlemøter. Et tavlemøte varer normalt i maksimalt 15 minutter og bør gjennomføres daglig. Dette er møter hvor de ansatte i en avdeling møtes for å gå gjennom nåværende status for forbedringsarbeidet og videre planer for dette. Det handler om å kartlegge problemer og synliggjøre kapasiteten til delprosesser. Alle ansatte blir normalt invitert til å delta i disse møtene slik at man kan komme med ideer og løsninger, og diskutere problemstillinger på arbeidsplassen med ledere (Rolfsen 2014).

Ved å benytte farger på tavlen vil man kunne se om man oppnådde dagens mål. Eksempelvis kan rød skrift beskrive at et mål ikke ble nådd og grønt at man nådde målet. Man får dermed en visuell framstilling av hvordan gårsdagen var, noe som kan virke motiverende for de ansatte (Maskell & Kennedy 2007).

3.7.4 5 x hvorfor, fiskebendiagram og A3

5 ganger hvorfor

Fem ganger hvorfor benyttes for å finne roten til et problem. Dersom man opplever avvik fra normalen kan man spore årsaken og dermed fjerne denne slik at problemet ikke oppstår igjen. Dette gjøres enkelt ved å svare på spørsmålet hvorfor, fem ganger (Rolfsen 2014). Ofte tenker man på 5 Whys som et verktøy for å finne hovedårsaken til et problem. Mange andre verktøy kan benyttes for å gjøre det samme, men bruken av 5 Whys vil også eliminere problemet for godt i tillegg til å finne hovedårsaken. Dette fordi man har fem forskjellige årsaker som henger sammen og leder til problemet (Murugaiah et al. 2010). Dette verktøyet kan benyttes i alle deler av organisasjonen og til alle typer problemer; i administrasjon, vedlikehold og produksjon i tillegg til interne og eksterne problemer. Det er viktig med en tydelig og presis problemdefinering og at det fastsettes frister på midlertidig og/eller permanent løsninger. Det bør også settes en ansvarlig for løsningen av problemet.

Fiskebendiagram

Målet med et fiskebendiagram er å visuelt framstille ulike kausale forhold (Li & Lee 2011). Til forskjell fra 5 ganger hvorfor er hensikten med fiskebendiagrammet å løse mer avanserte problemstillinger som gjerne har flere mulige årsaker. Man begynner med å beskrive bakgrunnen for problemet og nåsituasjon, før man utfører en årsaksanalyse. Til slutt fremmes tiltak og handlingsplaner utarbeides (Rølfesen 2014).

A3

Wig (2016) beskriver A3 både som en visuell framstilling og en metode for kommunikasjon, læring og deling av informasjon. I dag benyttes A3 som en problemløser, informasjonsfanger, for å beskrive et forslag, dokumenterstatistikk, oppfølger av strategiske mål. Siden A3 har et standard oppsett som skal benyttes, bør alle som benytter seg av dette følge det samme oppsettet slik at rapporten skal være enkel å lese.

For å skille mellom nåsituasjon og måloppnåelse, består A3 av dagens situasjon på den ene siden og ønsket situasjon i fremtiden og plan av implementering på den andre siden (Bicheno & Holweg 2009).

3.7.5 5S

5S (sortere, systematisere, skinne, standardisere, sikre ny standard) er et system for prosessforbedringer og sørger for eliminering av sløsing, orden og ryddighet samt økt arbeidsproduktivitet blant medarbeidere på arbeidsplassen. 5S er normalt det første som blir brukt når en bedrift bestemmer seg for å implementere Lean (Al-Aomar 2011).



Figur 11 - Oversikt over stegene i en 5S-prosess (LeanSixSigma.com)

Smith og Hawkins (2004) beskriver utførelsen av de ulike trinnene:

Sortere – Alt som er på arbeidsplassen skal være nødvendig, alt annet sorteres bort. Man kan for eksempel benytte seg av «Red-tags» for gjenstander som ikke er nødvendige. Alle bør få

muligheten til å forklare hvor de ikke ønsker spesifikke gjenstander fjernet. Hensikten er å sette en Red-tag på ulike gjenstander som man ikke mener man trenger.

Systematisere – Det som er igjen etter sorteringen skal systematisk sorteres på en oversiktlig måte. Eksempelvis skal man skal forsøke å synliggjøre utstyr slik at det lett kan legges tilbake etter bruk. Formålet med dette er å lett identifisere gjenstander ved behov.

Skinne – Rengjør og mal for å ha det rent på arbeidsplassen. Dette gjelder alt fra gulv og vegger, til utstyr og skap. Alt rundt bør være ryddig og pent å se på.

Standardiser – Få alle med til å jobbe likt på en slik måte at det hele tiden er rent. Man må prøve å få alle til å jobbe likt når det kommer til de tre S`ene over.

Sikre ny standard – Handler om å utarbeide en fast plan slik at man kontinuerlig følger rutine over. Man må ha disiplin til å gjennomføre de fire første S`ene. Derfor må det iverksettes tiltak dersom man ikke opprettholder standarden.

3.7.6 Forbedringsgrupper

Noe av det første Ohno gjorde etter besøket i Japan var å opprette grupper av ansatte som i felleskap skulle jobbe sammen for å finne løsninger for optimal drift. Han begynte med å involvere gruppene ved at de fikk ansvar for reparasjon av verktøy, kvalitetssjekk og andre enkle oppgaver som 5S (Mi Dahlgaard-Park et al. 2006). Når bruken av grupper var en sentral del av bedriften ønsket han å involvere gruppene til å kontinuerlig forbedre prosesser på arbeidsplassen. Dette ble gjort etter faste tidsintervaller, for eksempel ukentlig eller månedlig (Womack et al. 1990).

I tverrfunksjonelle forbedringsgrupper velges gruppen av selve problemet, og ikke motsatt.

Gruppen bør møtes på en fast dag ved en forbedringstavle og ta imot forbedringsforslag.

Disse problemene og/eller forslagene kan løses av mennesker som har kunnskap om problemer, er engasjerte og kan gjennomføre forbedringen på en grundig måte. Som framdrift kan PDCA benyttes (Wig 2016).

4.0 Forskningsmetode

I dette kapitlet beskrives forskningsmetoden som er valgt for å besvare problemstillingen. Deretter vil forskningsdesignet som ble valgt og de ulike formene for datainnsamling som ble benyttet presenteres. Avslutningsvis vil jeg beskrive forskningskvaliteten til studien.

4.1 Metode

I følge Gripsrud et al. (2010) er metode en planmessig framgangsmåte. Den foretrukne metoden i en gitt situasjon avhenger både av formål, syn på «verden» og hvilke ressurser som er tilgjengelige. Å benytte en metode vil si å følge en spesifikk vei mot et mål. Metoden er verktøyet som brukes for kvalitative og kvantitative undersøkelser. Det handler om måten en går frem for å innhente informasjon, analyse av informasjonen og hva den forteller oss om relevante forhold. Mer konkret kan vi si at det dreier seg om å innsamle, analysere og drøfte data (Johannessen et al. 2011).

Det skilles mellom to typer av forskningsmetoder; kvantitativ og kvalitativ. Forskjellen ligger i at den kvantitative metoden gjør om data til tall og bruker de i en statistisk analyse, mens den kvalitative metoden legger vekt på forskerens forståelse og tolkning av det som kommer fram i undersøkelsen. Det utdypes ikke i tall, men i form av ord. Kvalitativ metode går mer i dybden av det man undersøker, gjennom eksempelvis dybdeintervju eller fokusgrupper av noen få informanter. Selv om begge metodene er forskjellige har de også noe til felles, nemlig bedre forståelse av det som undersøkes (Holme & Solvang).

I følge Johannessen et al. (2005) velges den mest hensiktsmessige metoden for å besvare oppgaven basert på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Med bakgrunn i dette mener jeg det er mest hensiktsmessig å benytte kvalitativ metode i denne studien. Dette fordi jeg ønsker å gå i dybden av Lean-bruken på verkstedet og har ikke tilgjengelig data som er tallfestet eller lar seg måle. Det er i tillegg kun én fulltidsansatt som arbeider med Lean i Trikken og som kan gi utfyllende informasjon om Lean-verktøyene som brukes. Det lønner seg derfor ikke å utarbeide spørreskjemaer for å innhente svar fra mange personer. Studien passer derfor ikke som kvantitativ studie.

4.2 Forskningsdesign

Forskningsdesign gir en overordnet beskrivelse for hvordan undersøkelsen skal organiseres og gjennomføres. Den forteller hvilke metoder som brukes for å angripe problemstillingen og besvare forskningsspørsmålene. Ved valg av design er det viktig å kartlegge erfaring fra

saksområdet, kjennskap til teoretiske studier og hvilke ambisjoner en har med hensyn til å analysere og forklare sammenhenger (Gripsrud et al. 2010). Hovedformålet med forskningsdesignet er å hjelpe forskeren med å unngå en situasjon hvor innsamlet empiri ikke er relevant i forhold til forskningsspørsmålene (Yin 2014).

I denne studien skal jeg belyse bruken av Lean-verktøy på Trikkens verksted. Det er ikke klart hvilke Lean-verktøy som er mest hensiktsmessig å benytte. Det er også mange andre konsepter innen vedlikehold som man kan vurdere til fordel for de Lean-verktøy som benyttes i dag. Jeg har derfor valgt å utføre en kvalitativ casestudie med formål å skape forståelse og få dypere innsikt i Lean-bruken på Trikkens verksted.

Et casestudiet er en studie av en eller noe få analyseenheter (Thagaard 2013). I dette tilfelle er analyseenheten avdelingen på Trikkens verksted som benytter Lean. Yin (2014) mener casestudiet bør benyttes som design når problemstillingen og forskningsspørsmålene sikter mot å forklare nåværende omstendigheter. Datainnsamling skal utføres grundig og omfattende over en kortere eller lengre tidsperiode. Dette gjøres normalt i kvalitative oppgaver gjennom dybdeintervjuer og observasjon. Ved behov kan andre metoder benyttes, men disse må da bidra med konkret datagrunnlag som er relevant.

4.3 Datainnsamling

I denne studien ble data primært samlet inn gjennom samtaler og dybdeintervju av Lean-navigatør for Grefsen verksted, Roger S. Baardseng og intern informasjon i form av rapporter, dokumenter, presentasjoner og e-postutvekslinger med Tore Martin Solvang fra Sporveiens konsernsenter i avdeling for strategi. Det ble også benyttet ekstern informasjon fra Sporveiens årsrapporter og rapporter utarbeidet av Ruter. I tillegg ble det utført befaringer på verkstedet og observasjoner av Lean-bruken.

4.3.1 Semi-strukturert intervju

Hensikten bak et intervju er å innhente mest mulig informasjon om hvordan intervjuobjektet oppfatter ulike sider ved det som ønskes analysert (Dalen 2011). Valg av intervju som datainnsamlingsmetode var allerede bestemt i forberedelsene til denne studien. Det er per i dag kun én ansatt som jobber fulltid med Lean på Grefsen verksted. Han er derfor den eneste som har fullstendig oversikt over de ulike Lean-verktøyene og som kan besvare spørsmål knyttet til dette. Det ble derfor gjennomført flere innledende møter med Lean-ansvarlig, samt to dybdeintervjuer om de ulike Lean-verktøyene. Tatt i betraktning oppgavens formål og de

forutsetningene som lå til grunn, bestemte jeg meg for å gjennomføre to semi-strukturerte intervjuer med Lean-ansvarlig.

Semi-strukturerte intervjuer kjennetegnes ved en samtale mellom intervjuer og intervjuobjekt, hvor samtalen styres av intervjuer. Det skal forberedes en intervjuguide på forhånd basert på problemstillingen.

Det ble utført to semi-strukturerte intervjuer med Lean-ansvarlig Roger. Som nevnt ble det avholdt flere møter før intervjuet slik at jeg hadde god innsikt i hvordan jeg skulle utarbeidet intervjuguiden, og hvilke spørsmål som kunne gi tilstrekkelige og relevante svar. Begge intervjuene fant sted på Grefsen verksted.

I det første intervjuet var målet å få relevante svar som bidro til å besvare problemstillingen, mens det andre intervjuet skulle gi meg anledning til å stille oppklarende spørsmål om forhold som ikke var klart etter det første intervjuet. Etter avtale ble det tatt opptak av lyd med mobiltelefon under begge intervjuene.

4.3.2 Intern informasjon

Det foreligger betydelig informasjon på Sporveiens Intranett om Lean generelt, og om de vanligste Lean-verktøyene. Det meste finnes i form av pdf-filer hvor de ulike Lean-verktøyene blir belyst og gjennomgått. Noen av verktøyene er detaljert beskrevet og satt inn i kontekst, for eksempel hvordan verdistrømsanalyse utføres, forslag til 5S på et verksted og forslag til hvordan man kontinuerlig kan forbedre seg.

I tillegg har Sporveien Elektronisk Kvalitetshåndbok (EK) som er et fleksibelt dokumentstyringsverktøy hvor man kan lagre sitt eget kvalitetssystem. Denne er fremdeles under utvikling, men mye informasjon om vedlikehold og rutiner på verkstedet ble funnet.

4.3.3 Ekstern informasjon

Noe informasjon kunne innhentes fra Sporveiens årsrapporter og strategi- og handlingsplaner utarbeidet av Ruter. Disse var tilgjengelig på Sporveien og Ruters hjemmesider. Dette var informasjon hovedsakelig knyttet til kapittel 2, hvor en introduksjon av Trikken AS og Grefsen verksted ble gitt. Dette gjaldt hovedsakelig historien bak Trikken, nøkkeltall, tekniske spesifikasjoner om de ulike trikketyperne. Videre fantes det mye informasjon som ga innsikt i hvilke planer Ruter har for Trikken i fremtiden. Dette omfatter anskaffelser av nye trikker og oppgradering av Grefsen verksted på sikt.

4.3.4 Observasjon

Observasjon er naturlig å benytte når en ønsker direkte tilgang til det man undersøker.

Metoden er godt egnet til å forstå relevante sammenhenger, men kan til tider være meget krevende, særlig med tanke på transkribering av relevant informasjon i ettertid. Lyd- eller videoopptak er hjelpemidler som er hensiktsmessige å bruke ved registrering av informasjon (Johannessen et al. 2011).

I denne studien ble direkte observasjon benyttet av verkstedet fordi jeg ønsket å observere Lean-bruken på verkstedet selv, uten å være avhengig av intervjuobjektets erfaringer og oppfatninger. Derfor deltok jeg på et tavlemøte og fikk og innsikt i hvordan dette utføres på verkstedet, hvor mange som deltar, hva som blir gått gjennom og hvor utbredt det er. Under tavlemøte figurerte jeg som en tilstedeværende observatør. Jeg var tilstede under tavlemøtet, men deltok ikke i selve utførelsen av denne. Forskerens oppgave under tilstedeværende observasjon er å innhente relevant data uten å engasjere seg. Dette bør kun gjøres gjennom eksempelvis intervjuer, og ikke som deltaker.

Jeg fikk også sett på de ulike avdelingene hvor Lean ble brukt. Blant annet fikk jeg sett Excel-filen hvor alle forbedringsforslagene ble dokumentert, postkassen hvor avvik og forbedringsforslag meldes, stasjon for defekt utsyr (Red Tag), stedet på verkstedet hvor 5S har blitt forsøkt implementert, tre forskjellige Lean-tavler og dokumenter hvor PDCA er benyttet.

4.4 Feilkilder

Generelt er det viktig å være bevisst på feilkilder knyttet til enhver forskningsstudie. Gripsrud et al. (2004) mener at resultater fra empiriske studier kan inneholde feilkilder som i stor grad skyldes manglende observasjoner og feil ved måling. I denne studien er målefeil mest relevant, og omhandler feil med interaksjon, som i dette tilfelle var i formen semi-strukturerte intervjuer. Manglende observasjoner kan deles inn i dekningsfeil, ikke-responsfeil og utvalgsfeil. Disse er i hovedsak knyttet til spørreskjemaer og er av den grunn ikke relevante her.

Det kan være at intervjueren feiltolker svarene som blir gitt av intervjuobjektene og på den måten misforstår konteksten. Man kan også få alt for mye informasjon gjennom intervjuet, og dermed ikke få frem det viktigste. Videre kan det oppstå feilkilder i form av at intervjuer ikke stiller relevante spørsmål som ikke dekker problemstillingen. Både intervjuguiden og gjennomføringen av intervjuet kan inneholde momenter som påvirker resultatet. Når det

kommer til intervjuguiden kan dens utforming være et moment som kan trekkes fram. I og med at jeg aldri har gjennomført et intervju før, kan det være at spørsmålsformuleringen ikke er optimal. For eksempel kan det være tilfelle at spørsmålene er for lange, og ikke tydelige nok. Da kan svarene til informanten blir påvirket i negativ retning.

Når det kommer til registrering av data kan også det være en mulig feilkilde. Når muntlig tale blir gjort om til skreven tekst kan det være at mange viktige faktorer ved det muntlige språket faller bort. Ved å bruke opptaker blir det mulig å gå tilbake for å høre på hva informantene sa. På denne måten blir det deres beskrivelser nøyaktige, og ikke det jeg som forsker tror de sa, eller min tolkende mening om hva de tenkte.

Noe av den informasjonen som har blitt benyttet i denne studien er sekundærdata. Dette er informasjon som allerede foreligger og er bearbeidet av andre. Dette åpner for feil i datasettet og noe usikre svar. Det kan være at informasjonen ble utgitt av noen som hadde lite innsikt eller brukte usikre kilder. Det kan også være at den informasjonen som foreligger er utdatert og ikke er relevant i dag. Informasjonen som foreligger kan også være til bruk for en annen hensikt, slik at det oppstår et misforhold mellom det jeg ønsker å bruke den til, og det den egentlig skal benyttes til (Jacobsen 2005).

4.5 Validitet og reliabilitet

Begrepene validitet og reliabilitet er omdiskuterte innen kvalitativ forskning siden de har sin opprinnelse fra den kvantitative metoden. De skal derfor tolkes annerledes og tilpasses kvalitative studier (Stenbacka 2001). Ringdal (2013) foreslår at begrepene validitet og reliabilitet erstattes av begrepene bekreftbarhet og troverdighet. Med bekreftbarhet menes kvaliteten på de tolkningene som har blitt gjort, og om studien støttes av andre. Troverdighet sier noe om hvorvidt studiet er blitt utført på en tillitsvekkende måte. Videre hevder Thagaard (2013) at det enda ikke er noen norm innen kvalitativ forskning om hvilke begreper man bør benytte. Jeg velger derfor å holde meg til begrepene validitet og reliabilitet.

Validitet kommer inn i forskningsarbeidet når man skal finne ut om dataene vi har funnet samsvarer med virkeligheten. Vi ser på validitet i sammenheng med hvor gode og relevante dataene er for å besvare forskningsspørsmålene, og kan stille spørsmålet: «*Hvor relevante er disse dataene for forskningsspørsmålene?*»

De innsamlede datas pålitelighet i forskningen blir kalt for reliabilitet. Reliabilitet er knyttet til innsamlingen av data, på hvilken måte data er samlet inn på, hva som skal brukes, og

måten dataene skal brukes og bearbeides på. Reliabilitet skal svare på spørsmål «*Er den innsamlede informasjonen til å stole på?*» (Johannessen et al. 2011).

5.0 Datainnsamling

I dette kapitlet presenteres de viktigste funnene fra datainnsamlingen. Funnene baserer seg på datainnsamlingen som hovedsakelig ble gjennomført gjennom semi-strukturerte intervjuer og observasjon av Lean-bruken. I tillegg ble det benyttet intern og ekstern informasjon om Trikkens verksted. All data ble innhentet underveis som oppgaven ble skrevet, i perioden august 2016 – februar 2017.

5.1 Lean på verkstedet

Ved datainnsamling fikk jeg kartlagt verkstedets kjennskap til Lean og hvordan ulike Lean-verktøy benyttes i praksis. De senere årene har daglige tavlemøter, forbedringsgrupper, verdistrømsanalyser, A3, 5 ganger hvorfor og fiskebendiagram blitt hyppigst blitt brukt i avdeling for vognproduksjon. Det er i tillegg planlagt å utføre en 5S-pilot på et av sporene.

Formålet med implementering av Lean på verkstedet var et ønske om å ha fokus på kontinuerlig forbedringer, å jobbe smartere, høyere produktivitet og mer riktige prosesser. Dette skulle bidra til at man unngår gjengangerfeil, sløser minst mulig og har en smertefri flyt gjennom prosessene. En ekstern konsulent fikk i oppdrag å bistå med implementering av Lean på verkstedet. Sporveien rekrutterte deretter dedikert personelle som i dag jobber med kontinuerlig forbedring på fulltid.

5.2 Eliminering av sløsing

I avdelingen for vognproduksjonen har man etter implementeringen av Lean hatt fokus på å eliminere sløsing, fortrinnsvis knyttet til vognvedlikehold. På verkstedet har man inndelt sløsing på samme måte som Lean-teoriens åtte former for sløsing (Martin & Osterling 2007). Det interne dokumentet «*Sløsing / waste skal elimineres – 8 former for sløsing*» som er utarbeidet, inneholder de åtte formene for sløsing med forklaringer og relevante eksempler. Dokumentet er tilgjengelig for de ansatte på Sporveiens Intranett og blir presentert under samlinger og møter. I tillegg benyttes det i forbindelse med verdistrømsanalyse for å belyse forskjellene mellom verdiskapende, ikke-verdiskapende og nødvendig, men ikke verdiskapende arbeidsoppgaver.

Basert på dybdeintervjuet ble Lean-ansvarlig bedt om å utdype hvordan de jobber med å fjerne ulike typer sløsing. Det mest relevante blir presentert nedenfor:

Defekter – Verkstedet har daglige tavlemøter i tillegg til 24-timers møte på ulike deler i bedriften. Det er derfor feilsøking gjennom hele dagen og feil utført arbeid blir raskt

oppdaget. Til tross for gode rutiner mener Lean-navigatør at noen av dagens instruksjoner ikke er helt korrekte. Dette fordi man har sett tilfeller av at man ikke har utført en service på en optimal måte, og konsekvenser av dette er at man må gjøre ting på nytt igjen. Derfor utføres eksempelvis verdistrømsanalyser for å oppdage avvik fra praksis og gjeldende instruks.

Lagerbeholdning – Per i dag er det ikke gode nok rutiner på lagerbeholdningen på verkstedet. Det har vært tilfeller av at samme del kan ha forskjellige navn i forhold til hva delen heter i datasystemet og hva den heter på lageret. Dette gjør at man bruker velig lang tid til å finne den delen man skal ha. I tillegg jobbes det med å minske lagerbeholdningen og at man får levert til rett tid slik at man unngår unødvendig stort lager.

Unødvendige bevegelser og transport – Verkstedet har ti spor for vedlikehold av trikkene og ytterligere to spor til vask og hjuldreining. Ved en service skal det på forhånd plasseres riktig delepakke, verktøy, strøm, lys etc. i forhold til sporet trikken skal vedlikeholdes på. Dette for å unngå unødvendig transport og bevegelser. Man er enda ikke fornøyd med dette på verkstedet. For ofte blir deler feil plassert etter leveranse fra leverandører, noe som skyldes dårlig kommunikasjon.

Utnyttet talent – Den nyeste formen for sløsing som egentlig ikke var en del av TPS er sløsing i form av utnyttet talent. Det kommer frem at det har blitt gjort store fremskritt på dette område i 2016. Det har blitt satset på medarbeiderutvikling i form av samlinger med alle ansatte, idémøter og forbedringsforslagsgrupper. Overordnede på verkstedet er klare over at de ansatte er det som har best innsikt i hvordan ting bør utføres. Derfor har det blitt forsøkt å få lederen til å støtte medarbeideren. Man prøver å gå fra en annen type ledelse – coachende ledelse, istedenfor en leder som står på toppen og styrer.

5.3 Kontinuerlig forbedring og Lean-verktøy

Et av årsakene til at Lean har blitt implementert på verkstedet er nettopp fokus på kontinuerlig forbedring. Man ønsker at inngrodde forstillinger om bedriften skal forlates. Dette gjøres ved å oppfordre ansatte til å stille spørsmål. Det skal fokuseres på *hvordan* ulike oppgaver burde gjøres fremfor å tenke *hvor vanskelig* endringer vil være. Man kan ikke være fornøyd med normalsituasjonen, alltid rom for forbedringer. På verkstedet ønsker man at de ansatte komme med forslag til løsninger.

Bruk av tavler

Det utføres daglig tavlemøter på ulike avdelinger på verkstedet. Det er plassert tavler flere steder på verkstedet og flere kommer etter hvert. Alle på skiftet i de ulike tavlemøtene må

møte opp. Tavlemøte skal maksimalt vare i 15 minutter. Tavlene er inndelt i månedlig, ukentlige og daglig informasjon. Det mest interessante er hva som skjedde dagen i forveien, fordeling av dagens arbeidsoppgaver og hva som venter imorgen. Ved daglige tavlemøter får verkstedet en oversikt over driften og dermed en felles forståelse av hva som skjer. I tillegg får man muligheten til å agere raskt på ulike ting som oppstår.

Observasjon av tavlemøte 02.02.17

Ved oppmøte og direkte observasjon av et tavlemøte på verkstedet fikk jeg god innsikt i hvordan dette gjennomføres. På tavlen var det hengt opp KPIer og oppdaterte rapporter som skulle drøftes. Møte startet ved at en av deltakerne gikk rett på sak og oppsummerte relevante problemstillinger for gårsdagen. Deretter tok verkstedleder over og gjennomgikk de ulike problemene og krevde tilbakemeldinger av de ansvarlige. Han startet med å uttrykke sin frustrasjon over forhold som han mente ikke var bra nok på verkstedet. For eksempel skulle det være tilgjengelig en dreier på skift til enhver tid. Dette var ikke tilfelle den aktuelle dagen. Det hadde også blitt byttet ut en komponent på et av vognene natten før, men denne delen hadde blitt hentet fra lageret, og ikke fra delepakken som allerede skulle inneholde komponenten. Dermed måtte de neste på skiftet demontere hele komponenten for å dobbeltsjekke om delen hadde blitt byttet. Etter at de aktuelle problemstillingene ble gjennomgått hadde man fremdeles fire minutter til rådighet som ble brukt til å gå gjennom vogn-tilgjengelighet og sykefravær på verkstedet.

Verdistrømsanalyse

Dersom man ønsker en smertefri flyt i prosessene er det en forutsetning å ha oversikt over verdistrømmen. På Grefsen verksted må man gjennom flere ulike steg før et planlagt eller korrektivt vedlikehold av trikkene gjennomføres. Med et mål om 66 av 72 trikker tilgjengelig for trafikk, blir flyten gjennom disse stegene viktig ettersom man har tidspress for å få vognene ut i trafikk.

På verkstedet utføres det verdistrømsanalyser ved enten bestilling eller behov. Ved bestilling har man både interne og eksterne kunder/leverandører, eksempelvis andre avdelinger på verkstedet som ønsker å se nærmere på en prosess. Det gjennomføres først et kartleggingsmøte sammen med kunden hvor man får klarhet i hva kunden etterspør. Man avgjør omfanget i verdistrømsanalysen ved å fastsette hvor lang tid kartleggingen vil ta, hvem og hvor mange som skal være med i kartleggingen. Avhengig av omfanget pleier kartleggingen å gjennomføres av minst fire personer som kjenner prosessen godt i løpet av

omtrent tre dager. Når det kommer til antall dager varierer dette. Det utføres også verdistrømsanalyser på prosesser man aldri har kartlagt før, prosesser det er lenge siden man har kartlagt eller dersom man aldri greier å komme inn på en standard i en prosess. Man har enda ikke kartlagt alle servicene og instruksene foreløpig.

Verdistrømsanalyse 25 000km-service

Som et eksempel har jeg valgt å benytte en verdistrømsanalyse av en 25 000km-service på trikketypen SL79. Denne ble utført av fem deltakere. Ved å foreta kartlegging av planlagt vedlikehold på 25 000km-service har man klart å finne ut hvor mye tid det tar å utføre hver enkelt arbeidsoppgave, kommet med forbedringsforslag, funnet løsninger for å fjerne unødvendige oppgaver under servicen og funnet fremtidig potensialet og arbeidsmåte.

	Dagens situasjon		
	Minutter	Timer/minutter	Prosent
Verdiskapende (V)	1 453	24 t 13 min	67 %
Nødvendig, ikke verdiskapende (NIV)	365	6 t 05 min	17 %
Ikke verdiskapende (IV)	357	5 t 57 min	16 %
Sum	2 175	36 t 15 min	100 %
Ant. timer	36,25	36 t 15 min	
Ant.timer pr. service, 5 ansatte	7,25	7 t 15 min	
Ant.timer pr. service, 4 ansatte	9,06	9 t 03 min	
Ant.timer pr. service, 3 ansatte	12,08	12 t 05 min	

Figur 12 - Teoretisk potensiale - 25 000km-service av SL79 basert på verdistrømsanalyse

Figuren over gir en oversikt over situasjonen man står overfor etter verdistrømsanalysen. Man legger merke til at man har inndelt aktivitetene i verdiskapende (67%), nødvendig ikke-verdiskapende (17%) og ikke-verdiskapende (16%). Videre benytter man i dag 36 timer og 15 minutter på denne servicen, hvorav 5 timer og 57 minutter er ikke-verdiskapende.

Det er store variasjoner i bruk av personell, slik at det skapes lite forutsigbarhet under ståtid. I tillegg medfører det også misnøye blant ansatte dersom det ikke er nok mannskap på jobb. Tatt i betraktning bemanningssituasjon anbefales det at man har fire ansatte på jobb til å utføre denne servicen. Dette vil ta 9 timer og 3 minutter. Det kommer også frem at personell må gå mye og lete etter verktøy og deler. På lageret har man plassert like deler som hører sammen, på forskjellige steder. Basert på kartleggingen av servicen er det kommet frem til at man bør ha 4 ansatte på jobb for utførelsen av 25 000km-service.

PDCA-sirkelen

På verkstedet har man tatt i bruk PDCA som en form for framdrift i forskjellige oppgaver. Det kan være ulike handlingsplaner eller noen spesifikke prosesser som tar tid å utføre. For eksempel brukes det ved gjennomføring av forbedringsforslag fra de ansatte. Man har ikke kommet så langt i arbeidet med PDCA foreløpig. På sikt skal det integreres og spisses enda mer. For eksempel skal det brukes ved gjennomføring av forbedringsforslag fra de ansatte.

5 ganger hvorfor, fiskebendiagram og A3

Blant de ansatte på verkstedet har man tatt i bruk flere Lean-verktøy som problemløsningsverktøy. Dette for å komme frem til rotårsaken til problemer som oppstår. Man prøver å sette sammen en tverrgående gruppe som skal løse problemet. Det er fokus på å ikke konkludere for raskt eller anta at man vet rotårsaken. Derfor skal deltakerne være objektive i gjennomføringen av problemløsningen. Når det gjelder 5 ganger hvorfor ønsker man å finne rotårsaken, selv om man spør «hvorfor» fler enn fem ganger. Det er også utarbeidet et skjema (vedlegg 2) som kan benyttes.

Fiskebendiagrammet benyttes hovedsakelig på samme måte 5 ganger hvorfor, i grupper hvor man prøver å komme frem til årsaken til et problem. Til forskjell fra 5 ganger hvorfor benyttes fiskebendiagrammet til mer komplekse problemstillinger hvor man har flere mulige rotårsaker.

A3 benyttes for å fremme informasjon man ønsker å dele med andre, problemløsningsverktøy og som dokumenterstatning. Dette brukes ofte av ansvarlige på verkstedet. Blant annet er det utviklet en prosjektplan for Trikk i trafikk fram mot 2020 som presenterer nåsituasjon, mål, tiltak og arbeidsmetoder, resultater og læring. Denne beskriver i detalj de ulike punktene og er mulig å presentere til ulike interessenter. Videre benyttes A3 som et effektiv problemløsningsverktøy hvor ulike løsninger blir fremmet og fulgt. Det benyttes i tillegg PDCA som framdrift for oppgaver som ommfattes av A3.

Forbedringsgrupper

På verkstedet har det blitt plassert en fysisk postkasse hvor forslag til forbedringer, ideer og melding om avvik kan meldes. Postkassen blir tømt hver mandag og forslag loggføres i et Excel-dokument med dato for fullføring. Deretter henges oversikten på en tavle, slik at man kan følge med på status for forbedring. De samme forslagene bli tatt opp på tavlemøtene / oppstartsmøtene ved hvert skift. Alle forslag blir anonymisert. Postkassen ble plassert juni

2016 og har gitt 141 forbedringsforslag av ulike ansatte per januar 2017. Av disse er 102 forslag løst og funnet en forbedring på.

Det har blitt opprettet forbedringsgrupper som skal bidra til å korrigere avvik og standardisere arbeidsmåter. Forbedringsgruppene har møter samme dag som postkassen tømmes, og kommer med forslag til tiltak til alle innkomne forslag. Medlemmene i forbedringsgruppene består av de som jobber nærmest problemet. De kan assosiere seg med problemet og får ansvaret for å løse oppgavene blant forslagene.

Når det kommer til utfordringer i forbindelse med forbedringsarbeidet i form av forbedringsgrupper, nevner Lean-ansvarlig at noen av sakene tar lang tid å forbedre. Det har også vært vanskelig å kommunisere ut hva som er status på det som er meldt inn. Man kan også i enda mer grad påminne de ansatte om å fortsette å sende inn flere forslag.

Andre verktøy som kommer inn under arbeidet med kontinuerlig forbedring er tavlemøter, daglig styring, verdistrømsanalyser og fokus på eliminering av sløsing.

5S

Både observasjoner av verkstedet og dybdeintervjuet bekreftet at man ikke har kommet veldig langt i prosessen med å implementere 5S. Det har imidlertid vært holdt en presentasjon om orden, ryddighet og sikkerhet med alle ansatte på verkstedet. I tillegg har man innført bruken av Red-tag (vedlegg 4) som et ledd i å bli kvitt unødvendige ting. Man har dedikerte plasser til verktøy med markeringer og nummer på antall. De ulike arbeidsstasjonene er foreløpig ikke strategisk plassert, men dette er noe man har planer om å gjennomføre. Det samme gjelder maskiner.

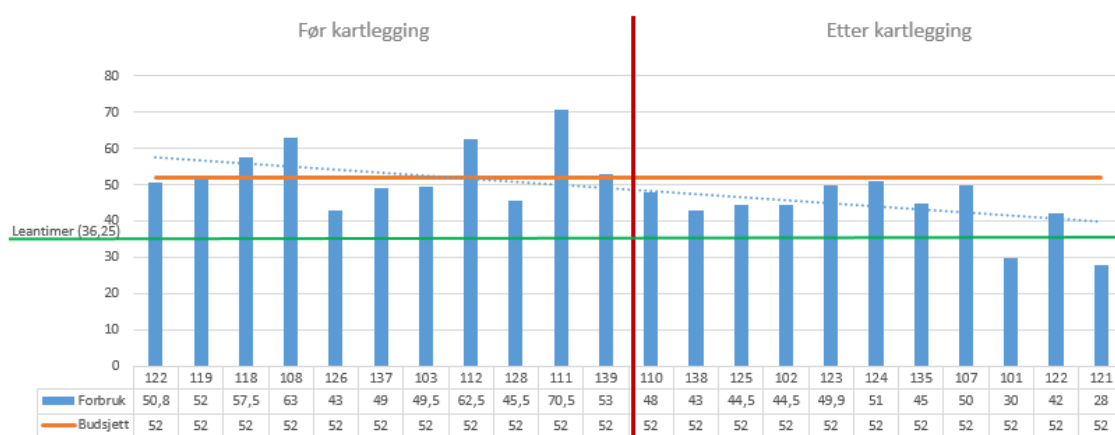
Når det gjelder 5S er det planlagt en pilot på spor 25. Det skal settes en standard som alle ansatte godkjenner, dette for å involvere personell. Det skal gjennomføres rydding, vasking og maling. Utstyr skal plasseres på faste og merkede plasser. Alt verktøy og utstyr som mangler skal anskaffes. Det skal i tillegg lages en fast rutine på oppfølging.

5.4 Effekter av Lean-arbeidet

På Grefsen verksted har man flere overordnede ytelsesindikatorer som man jobber mot. For å teste hvorvidt Lean-arbeidet har hatt noen form for effekt på verkstedet kan man se disse i forhold til Lean-arbeidet de siste årene. På dybdeintervjuet ble det etterspurt hvilke KPIer som verkstedet jobber mot. Det ble opplyst at man har flere indikatorer som man benytter for å kontinuerlig forbedre seg. De tre mest relevante blir presentert nedenfor.

Timeforbruk på ulike servicer

Etter at man hadde kartlagt 25 000km-servicen av SL79 har man funnet ut hvor lang tid det benyttes å utføre den samme servicen ved å jobbe smartere og unngå ikke-verdiskapende aktiviteter. Et av tiltakene som ble gjort var å introdusere *driftspausebasert vedlikehold*. Dette går ut på å utnytte driftspauser der vognbehovet er lavere. Dette gjøre ved å splitte opp 25 000km-servicen slik at man kan noen operasjoner kan tas på dagtid, og resten ved avslutning av driftsdøgnet. steg for steg utførte service Nedenfor følger timeforbruket før og etter verdistrømsanalysen på ulike sporvogn.

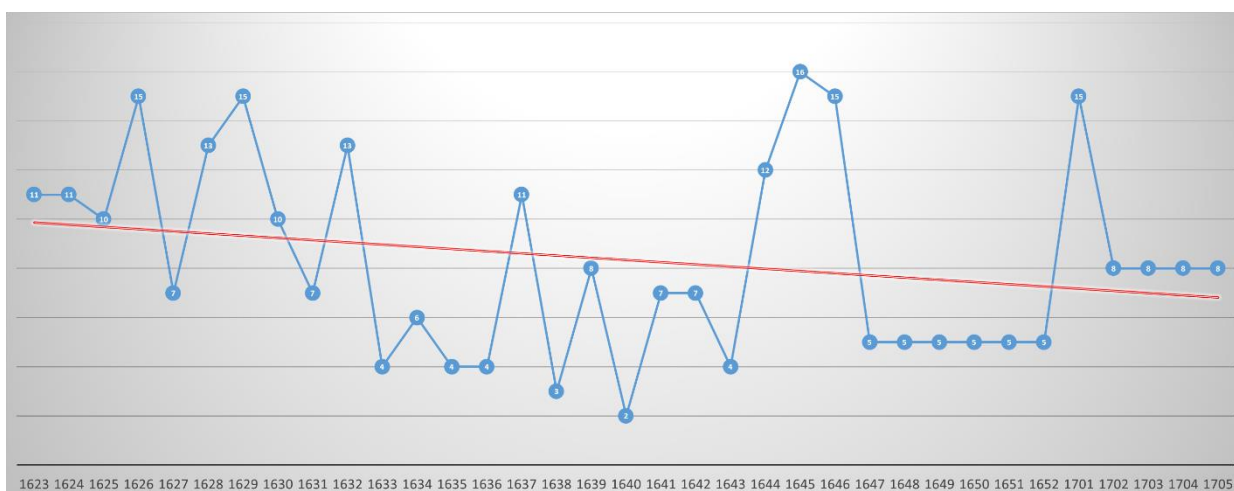


Figur 13 - Timeforbruk 25 000km-service av ulike SL79 etter gjennomføring av VSM

Figuren viser at man har et budsjett på 52 timer. Fem av de elleve 25 000km-servicene som man utførte før verdistrømsanalysen, benyttet flere timer enn budsjettet. Ingen av de elleve servicene ble utført slik de potensielt kunne blitt gjort (36,25 timer). Etter kartleggingen har man ikke forbrukt mer timer enn budsjettet en eneste gang.

Antall vognbytter per uke

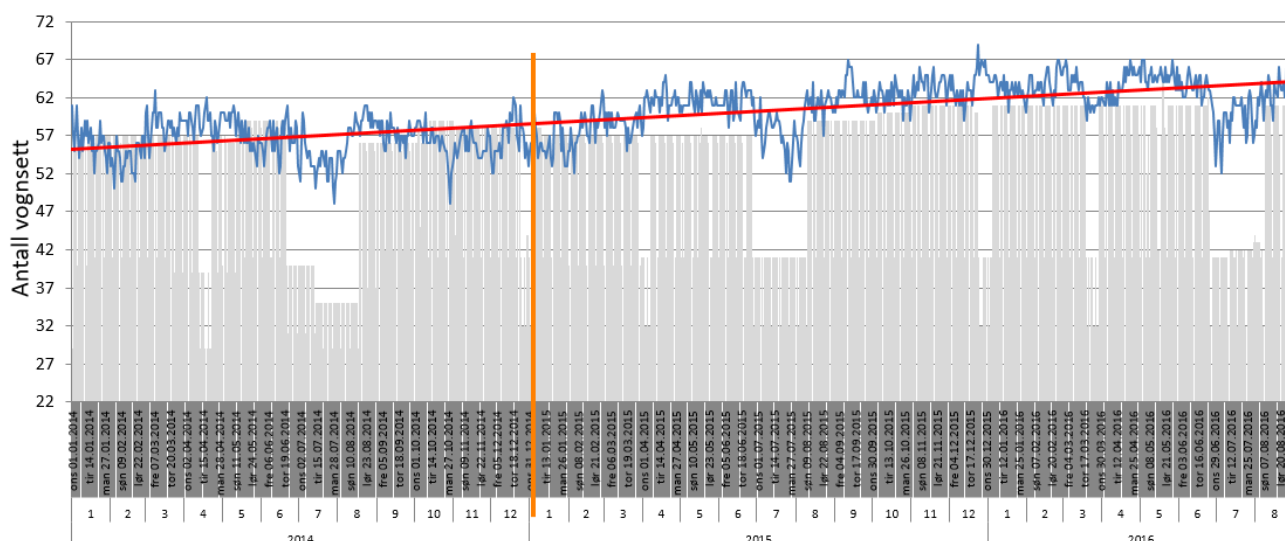
Selv om verkstedet ikke alltid kan holdes ansvarlig for vognbytter er det noe som de i stor grad kan påvirke. Service av sporvogner som gjøres etter riktige instruksjoner minsker sjansen for at noe oppstår under trafikk og dermed medfører vognbytter. Figuren under viser en vedvarende reduksjon i antall vognbytter per uke de siste 36 ukene. Man ser en nedgående trend i antall vognbytter.



Figur 14 - Antall vognbytter per uke i perioden juli 2016 – januar 2017

Leveranse av sporvogn

Noe av det viktigste verkstedet blir målt på er leveranse av sporvogner i trafikk. Man har satt seg et mål om å tilby 66 trikker tilgjengelig for trafikk. Figuren under viser framgangen i leveranse av trikker siden 2014. Leveransen av sporvogn har hatt en stabil økning. Det er viktig å være bevisst på at ferieperioden er et unntak, da det ikke nødvendig med like mange vogner i trafikk. Derfor ser man nedgang i leveranse av sporvogn i sommerperiodene.



Figur 15 - Leveranse av trikk, perioden 2014 - 2016

5.5 Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonseppter

De senere årene har flere vedlikeholdskonseppter blitt populære. Siden det utføres vedlikehold på Grefsen verksted, var det ønskelig å avdekke under samtaler og dybdeintervju hvor mye man hadde vurdert disse. Det kunne være at man ubevisst bruker samme eller lignende verktøy for å utføre vedlikehold på verkstedet.

Når det gjelder Lean Maintenance hadde man kanskje hørt om det, men da som et annet navn. Selv om begrepet Lean Maintenance ikke var kjent, var det klart at man hadde kjennskap til konseppter som Lean Maintenance legger frem, for eksempel FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) og RCFA (Root Cause Failure Analysis). Siden man enda ikke har fullført prosessen med å implementere Lean på hele verkstedet, var Lean-navigatør på verkstedet åpen for å vurdere andre lignende konseppter.

Det ble klart at de syv spørsmålene som stilles i en RCM-prosess sammenfaller med verkstedets bruk. Dette er samme type spørsmål man benytter seg av når man vurderer sporvognen som ressurs. Selv om man ikke direkte har implementert RCM eller har godt kjennskap til det, mente Lean-ansvarlig at det nærmeste man kom RCM på verkstedet, var ved bruk av RAMS på den tekniske avdelingen på verkstedet.

Når det kommer til bruken av TPM brukes ikke dette bevisst på verkstedet. Det er derimot noen områder som man har til felles med TPM, for eksempel ved bruk av verdistrømsanalyser og problemløsningsverktøy. Videre at alle ansatte involveres til å hele tiden forbedre seg for å bidra til effektivt vedlikehold. Fra dybdeintervjuet kom det frem at man ikke måler utstyreffektiviteten OEE (figur 6) på ulike utstyr som benyttes for å utføre arbeidsoppgaver knyttet til vedlikehold av sporvognene.

6.0 Diskusjon og analyse

I dette kapitlet drøftes de empiriske funnene fra kapittel 5 opp mot problemstillingen og forskningsspørsmålene. Dette vil basere seg på tidligere gjennomgått teorier fra Lean og Lean Maintenance, RCM og TPM.

Problemstillingen som ble presentert innledningsvis var: *Hvordan er forholdet mellom Lean-arbeidet på Grefsen verksted og Lean-teori, Lean Maintenance teori og andre vedlikeholdskonsepter?*

Diskusjonen vil følge samme rekkefølge som datamateriale ble presentert i kapittel 5.

6.1 Eliminering av sløsing

I teorien beskrives sløsing i form av defekter som sløsing med både tid og ressurser. Derfor er det viktig å oppdage defekter raskt (Bicheno & Holweg 2009; Smith & Hawkins 2004). For verkstedets del vil defekter kunne påføre trikkedriften store konsekvenser, særlig ved alvorlige feil som burde ha blitt oppdaget på verkstedet. Ved å holde daglige 24 timers møter ulike steder på verkstedet minsker man risikoen for defekter. Derfor oppfatter jeg ikke defekter som et veldig stort problem.

På den andre siden kommer det frem at noen av servicene ikke blir utført på en optimal måte, og at man derfor må gjøre ting på nytt igjen. Smith og Hawkins (2004) argumenterer for at defekter kan unngås dersom man har en teknisk vedlikeholdsfunksjon som har oversikt over ulike feil som kan oppstå og holder rutiner under ettersyn. Figur 3 viser oversikt over de ulike funksjonene på verkstedet. Jeg antar at den tekniske avdelingen har samme funksjon på verkstedet. Basert på teorien er hensikten med denne funksjonen å sørge for at alle vedlikeholdsrutiner er optimale. Dersom man utfører mye omarbeid grunnet defekter kan det være at den tekniske avdelingen må se på sine rutiner. Per i dag mener jeg at rutiner for håndtering av defekter er gode. Arbeidet som gjøres i forbindelse med defekter samsvarer godt med både Lean- og Lean Maintenance-teori.

I Lean-teorien sikter man til sløsing i form av overflødig lagerbeholdning om varer og tjenester som kunden ikke har etterspurt. Dette reduserer kvaliteten på tjenesten og produktivitet siden lagerbeholdning øker. Funnene viser at lageret på verkstedet ikke er slik man ønsker og dette er noe det skal jobbes med. Det nevnes at samme del kan ha forskjellig navn i datasystemet i forhold til hva den heter på lageret. Dette kan tyde på at man ikke har et oppdatert datasystem som følges opp til enhver tid. Fra Lean Maintenance-teori blir det

anbefalt å benytte datasystemet CMMS med verktøyet MRO Storeroom som skal sørge for at deler mottas på lageret rett før det er behov (JiT) og med minst mulig lagerbeholdning (Smith & Hawkins 2004).

Overproduksjon på verkstedet kan være å utføre den samme operasjonen flere ganger eller at man gjennomfører vedlikehold før sporvognen trenger det. Funnene viser at man enda ikke har kommet til fasen hvor fokus rettes mot å redusere overproduksjon. Taichi Ohno fra TPS fastslo at overproduksjon er den mest alvorligste typen av sløsing. Overproduksjon er en medvirkende årsak til andre problemer som høy bemanning, ekstra bruk av maskiner og reservedeler, og ikke minst kostbar vedlikehold av store lageret (Dennis 2007). På verkstedet kan overproduksjon være at man gjøre operasjoner på en sporvogn som ikke er nødvendig eller at man utfører en service før den planlagte tiden. Det kan argumenteres for at tidlig utførelse av en service ikke kan gjøre skade, men i teorien er dette forbundet med sløsing siden den samme tiden kunne blitt brukt på en annen sporvogn (Smith & Hawkins 2004).

Det er også interessant at Lean-ansvarlig mente at de ikke har fokus på overproduksjon når tradisjonell Lean-teori mener at dette er den mest alvorligste typen av sløsing. Vi ser imidlertid fra Lean Maintenance-teori at

Unødvendige bevegelser og transport

Når det gjelder unødvendig bevegelser og transport er dette en type sløsing som aldri helt kan elimineres, men fokus på å kontinuerlig redusere denne bør være en prioritet. I tillegg er også dobbelthåndtering av reservedeler ved transport knyttet til mindre produktivitet og lavere kvalitet. (Bicheno & Holweg 2009). Funnene viser at man har rutiner på at deler som skal benyttes pakkes på forhånd i en delepakke og plasseres på riktig spor. Dette sammenfaller med Smith og Hawkins (2004) om at deler og utstyr bør plasseres nærmest hvor arbeidet skal foregå, «point-of-use tooling». Det kommer videre frem fra intervjuet at grunnet manglende kommunikasjon blir deler for ofte feil plassert etter leveranse fra leverandører. Dette bekreftes av Bicheno og Holweg (2009) som forklarer unødvendige bevegelser og transport som et resultat av dårlig kommunikasjon.

Det virker klart at man vet løsningen på problemet, men at det ikke er like enkelt å løse dette i praksis. På tavlemøte som ble observert var dårlig kommunikasjon også et av temaene i forbindelse med en komponent som hadde blitt hentet fra lageret, når den skulle egentlig skulle ligge i delepakken klar til bruk.

6.2 Kontinuerlig forbedring og bruken av Lean-verktøy

Basert på funnene ble det raskt avklart at jobben med kontinuerlig forbedringer på verkstedet er godt i gang, noe som er essensen i Lean-filosofien. Dette var også et av årsakene til at man begynte med implementering av Lean på verkstedet.

Tavler og tavlemøte

Basert på observasjon fikk jeg inntrykk av at tavlemøte er godt integrert blant ansvarlige på verkstedet. De involverte tar tavlemøtene seriøst og bidrar ved å stille spørsmål og komme med forslag. På omtrent 15 minutter gikk man raskt og effektivt gjennom alle punktene på tavlen og viser dermed at man har forstått essensen i hva som ligger til grunn for tavlemøter. I følge Wig (2016) finnes det forskjellige tavler i de ulike avdelingene i en bedrift, men felles fordi disse er bidragene til å oppfylle organisasjonens mål på kort og lang sikt. Gjennom felleskap skal man forsøke å skape flyt mellom de ulike avdelingene. Dette samsvarer godt med verkstedets tavlebruk. Tavler har blitt plassert flere steder på verkstedet, og ytterligere tavler er på vei. Det at man har inndelt tavlene i månedlig, ukentlige og daglige mål, gjør at man ikke bare tenker nåsituasjon, men også kontinuerlig forbedring ved å oppnå organisasjonens mål. KPIer som leveranse av trikker, antall vognbytter og sykefravær er både korte og langsiktige mål som drøftes ved tavlemøter.

Rolfesen (2014) anbefaler at tavlemøter utføres daglig med en varighet på maksimalt 15 minutter. På tavlemøtene skal de ansatte i en avdeling i felleskap vurdere nåværende status for forbedringsarbeidet. Dette ble i stor grad gjort på verkstedet. Det blir derimot ikke skrevet ned noe på tavlen, og få frister ble gitt for å utføre arbeidsoppgaver. Noe av hensikten med tavlene er nettopp at det skal være tilgjengelig informasjon til neste møte. Alle som jobber på verkstedet kunne delta på møte, både ansvarlige og ansatte. Til tross for dette var det kun ni personer som deltok, de fleste ansvarlige for hver sine avdelinger. Det var ingen tegn til ansatte på tavlemøte. Dette kan tyde på at de ansatte ikke er like begeistret for tavlemøtene i like stor grad som de ansvarlige. På den andre siden har man prøvd å utføre tavlemøter for de ansatte, men med forskjellig hell. Det ble fortalt at man skal starte opp med dette igjen. Derfor kan det være hensiktsmessig å gjennomføre disse på en annerledes måte. For å motivere ansatte nevner Maskell og Kennedy (2007) at farger bør benyttes på tavlen. Det er ubevist om tavlemøtene blir utført på samme måte hver gang, men fokuset bør være å bruke tavlen mer, involvere flere ansatte som utfører vedlikeholdet og benytte seg av fargekoder på tavlene.

Verdistrømsanalyse

Å identifisere verdikjeden er et av grunnprinsippene i Lean-filosofien. Dette gjøres ved å identifisere alle ledd i en prosess slik at man kan identifisere ikke-verdiskapende aktiviteter og dermed eliminere disse (Womack et al. 1990). På verkstedet har kartlegging av servicer bidratt til å eliminere sløsing og dermed medført flyt i prosesser. Dette bekreftes av figur 12 og 13 hvor man har kartlagt en service og senere sett at dette har gitt ønsket effekt. På den andre siden er det ikke gjennomført verdistrømsanalyser på alle prosessene på verkstedet. Derfor kan det være tidlig å konkludere med at verdistrømsanalyser utelukkende har bidratt med effektivisering av arbeidsprosesser. For eksempel kan andre Lean-verktøy også spille en rolle.

Basert på funnene ble det raskt tydelig at verkstedet gjennomfører verdistrømsanalyser i henhold til relevant teori. Det benyttes flere dager og mange ressurser til gjennomføring, og viser at man har nytte av det. Ut ifra et vedlikeholdsperspektiv understreker Smith og Hawkins (2004) at man både har interne og eksterne kunder. Dette tar man høyde for på verkstedet og viser god forståelse av relevant teori.

A3, 5 ganger hvorfor og fiskebendiagram

Sett i forhold til relevant teori beskrevet av Rolfsen (2014), benyttes både fiskebendiagram og «5 ganger hvorfor» i henhold til teorien. Fra Lean Maintenance har vi RCFA (Root Cause Failure Analysis) som har samme formål. Ved feil eller avvik fra normaltilstand benyttes eksempelvis «5 ganger hvorfor» for å finne kilden til et problem i grupper. Det kom frem under intervjuet at man ikke loggfører analyser av «5 ganger hvorfor» og fiskebendiagrammer, men at man gjerne kunne blitt flinkere med dette. I teorien kommer det klart frem at «5 ganger hvorfor» ikke er et vanlig problemløsningsverktøy, selv om det ofte nevnes i samme kategori. De fleste problemløsningsverktøy kan benyttes til samme formål, men det fordelen med «5 ganger hvorfor» er at man vil eliminere problemet for godt ved å identifisere hovedårsaken (Murugaiah et al. 2010). Det at man inndeler i tverrgående grupper som skal finne frem til rotårsaken viser at man har forstått essensen i henhold til teorien.

Siden en «5 ganger hvorfor» analyse ikke loggføres på verkstedet mener jeg at det er fare for at problemet ikke helt elimineres. Det kan være at andre avdelinger kommer i samme situasjon og må derfor utføre en ny analyse. Dette er tid- og ressurskrevende, og kunne vært unngått dersom man hadde loggført dette i et system som alle hadde tilgang til. På den andre siden kan det være at man finner frem til en bedre løsning ved en annen anledning dersom det

samme problemet oppstår. Det bør uansett vurderes å loggføre problemer som man mener kan oppstå igjen for å unngå å bruke tid og ressurser og dermed skape omarbeid.

Forbedringsgrupper

Alukal og Manos (2006) mente at kontinuerlig forbedring handler om å utnytte kreativitet, erfaring, ferdigheter og kunnskapen i organisasjonen. Dette gjennom kunnskap som man allerede besitter. Dette gjenspeiles i opprettelsen av forbedringsgrupper av ansatte på verkstedet og plassering av en postkasse hvor forslag til forbedringer og avvik på verkstedet kan meldes (vedlegg 3). For at de ansatte skal oppfatte at deres involveringer tas seriøst må forslagene følges opp jevnlig. Dette blir i stor grad gjort på Grefsen verksted. Dette gjenspeiles også i antall forslag som kommer inn ukentlig. Videre har vi at man engasjerer ansatte i ulike forbedringsgrupper basert på problemene. Dette vil i stor grad bidra til å finne enklere løsninger for problemene og få de ansatte til å føle at deres bidrag blir tatt seriøst. Ved å benytte PDCA som framdrift for ulike forbedringsoppgaver viser verkstedet forståelse for teorien som ligger til grunn (Wig 2016). Det er klart at det har blitt skapt en kultur for å involvere de ansatte på verkstedet. Imidlertid har det vært vanskelig å nå ut til alle med status på deres forslag. Dette kan bidra til at de ansatte mister motivasjonen til å sende inn forslag. Dette kan raskt medføre at poenget med forbedringsgruppene faller bort.

5S

Al-Aomar (2011) presenterte 5S som et av de første Lean-verktøy som blir brukt når en bedrift innfører Lean. Ved å holde presentere viktigheten av orden og ryddighet for alle ansatte viser man at 5S er sentralt i verkstedets fokus på å redusere sløsing. Videre er det tilrettelagt for en Red-tag ordning hvor defekte og unødvendige artikler kan plasseres. Ved observasjon av verkstedet og dybdeintervju viser funnene at det fremdeles er et stykke igjen før 5S er en del av hverdagen på verkstedet. Blant annet var stedet for tømning av unødvendige artikler ved bruk av Red-tags relativt full den aktuelle dagen. Videre var det tegn til at en del utstyr og verktøy var sortert og systematisert, men ikke så mye utover dette. Basert på Smith og Hawkins (2004) er verkstedet på Grefsen mellom stegene *sortere* og *systematisere*. Basert på teorien var det lite som minnet om et 5S-arbeidsplass.

Det er videre planlagt en 5S-pilot på et av sporene. Dette mener jeg er en fornuftig løsning. Ved å se forskjellen mellom 5S-sporet og de øvrige sporene vil man som ansvarlig lettere sørge for at de ansatte blir motivert. På sikt er planen at man hver fredag bruker tid på å rengjøre sin egen arbeidsplass. Det er også utarbeidet 5S-revisjonsskjemaer som skal benyttes

når det modent for det. Siden man enda ikke har kommet langt i prosessen med 5S, er det vanskelig å trekke paralleller med andre teorier. Det er derimot klart at man har en plan som skal gjennomføres i nær fremtid. Denne bør være basert på teori fra både Lean og Lean Maintenance.

6.3 Forskningsspørsmål 1

Det første forskningsspørsmålet jeg ønsket å besvare var: *Hvilke effekter har Lean-arbeidet hatt på verkstedet?*

Slik det fremkommer av teorien skal innføringen av Lean og fokus på kontinuerlig forbedringsarbeid bidra til mindre sløsing (Womack & Jones 2010). Siden man ikke har innført Lean på hele verkstedet og noen av verktøyene ikke benyttes i like stor grad, er det vanskelig å måle direkte effekter av Lean-arbeidet. Det er heller ikke satt konkrete KPIer som kan bekrefte om Lean-arbeidet har hatt noen dokumentert effekt. For å se hvorvidt innføringen av Lean på verkstedet har gitt en ønsket effekt vil jeg diskutere tre KPIer som verkstedet jobber mot (kapittel 5.5).

Reduksjon i timeforbruk på 25 000km-service for SL79

Det ble funnet 16% ikke-verdiskapende aktivitet i forbindelse med kartleggingen av en 25 000km-service av en SL79. Figur 14 viser en tydelig nedgang i timeforbruk etter kartleggingen. Det er åpenbart at kartleggingen har medført at arbeidsprosesser har blitt endret og at man utfører servicen på en annerledes måte enn før. Tapping og Shuker (2003) nevner at en verdistrømsanalyse vil gi et riktig bilde av hvordan sløsing påvirker flyten. Basert på dette er jeg overbevist om at det ble oppdaget flere forhold som påvirket flyten av 25 000km-servicen. Flere av disse har blitt utbedret og man utfører den samme servicen raskere enn før.

Kartleggingen konkluderte også med at 25 000km-servicen av SL79 potensielt kunne utføres på 36,25 timer, kalt Lean-timer. Selv om timeforbruket ser ut til å reduseres, ser man av figur 14, at man kun ved to av elleve servicer (sporvogn 101 og 121) har vært innenfor 36,25 timer. Det kan virke som at man har vanskeligheter med å fullføre servicen innen ønsket tid.

Grunner til dette kan være at ansatte enda ikke har endret vaner, unøyaktig registrering av tid, bemanning, dårlig kommunikasjon av nye rutiner eller andre uforholdsmessigheter. På den andre siden har man klart å utføre servicen på under 30 timer ved begge anledninger man nådde målet. Dette indikerer at man er på god vei, og at målet på 36,25 timer er realistisk, og ikke minst mulig å oppnå.

Siden det ikke har blitt utført ny verdistrømsanalyse på 25 000-servicen av SL79 kan man ikke direkte fastslå om de ikke-verdiskapende aktivitetene har blitt redusert, og dermed at verdistrømsanalysen har hatt direkte effekt. Et annet punkt er andre verktøy som også blir benyttet. Slack et al. (2010) mente for eksempel at innføring av 5S ville redusere sløsing og dermed ville arbeidet bli enklere og raskere å utføre. Derfor kan man på bakgrunn av figur 14 si at man har gode grunner til å anta at Lean-bruken har resultert i mindre sløsing og mer smartere arbeid på verkstedet.

Antall vognbytter per uke

Figur 13 viser en reduksjon i antall vognbytter mellom februar og september 2016. Det er rimelig å anta at vognbytter kan være et resultat av dårlig utført vedlikehold eller andre omstendigheter som hærverk, avsporing, påkjørsel eller dårlig vær. Dette er forhold som direkte ikke kan kontrolleres av verkstedet. Til tross for dette har verkstedet imponerende resultater å vise til hva gjelder ukentlige vognbytter frem til januar 2017.

RCM går ut på å optimalisere strategier innen vedlikehold for å fjerne feil som kan føre til funksjonsnedsetting av ressurser som benyttes til verdiskapning. Målet er ressursene skal være tilgjengelige og pålitelige til enhver tid (Heap & Nowlan 1978). Dersom en antar at sporvognen er ressursen som benyttes til verdiskapning, kan dette kan kaste lys over nedgangen i antall vognbytter. Den tekniske avdelingen på verkstedet har ansvaret for at vedlikeholdet utføres på en optimal måte i henhold til instruksjoner. Det kan argumenteres for at man i felleskap med avdeling for vognproduksjon, som har innført flere sentrale Lean-verktøy, har bidratt til en reduksjon i antall vognbytter. Dette som et resultat av innføring av Lean, samt involvering av alle avdelingen på verkstedet, i form av for eksempel tavlemøter.

Leveranse av trikk i trafikk

Figur 15 viser oversikt over leveranse av sporvogner i trafikk i perioden 2014 – 2016. I samme periode har Lean blitt innført på Grefsen verksted. Det viktigste for Trikkens passasjerer er flest mulig trikkeavganger. Derfor er leveranse av trikk i trafikk et av de mest sentrale KPIene verkstedet jobber mot. Det er et mål å tilby 66 trikker i trafikk til enhver tid. Med totalt 72 trikker har man små marginer å spille på.

De tre siste årene har det uten tvil vært en kontinuerlig økning i antall vogner som er levert. Det er åpenbart at noe tiltak har blitt gjort de siste årene som har resultert i den positive økningen. Det kan derfor være et poeng å konkludere med at Lean og fokus på kontinuerlig

forbedringer har bidratt til den positive vognleveransen. Dette fordi andre KPIer som også er nevnt peker i retning mot en positiv effekt etter innføringen av Lean.

Basert på alle tre KPIene over har jeg kommet frem til at innføringen av Lean har hatt en betydelig effekt på verkstedet. Siden man er avhengig av andre forhold når man tar i betraktning de nevnte KPIene, kan man også se dette fra en annen synsvinkel. Dersom man hadde jobbet mot konkrete KPIer som er mer konkrete, og ikke er avhengig av andre faktorer, kunne tallene sett annerledes ut. Derfor bør det vurderes å ta i bruk flere KPIer som kan kvantifisere bruken av Lean. Eksempler på dette kan være: Prosentvis andel ikke-verdiskapende aktiviteter redusert, vognbytter som følge av feil utført vedlikehold og kostnad per service (for eksempel 25 000km-service på SL79).

Det bør også nevnes at verkstedet jobber mot andre KPIer som ikke er hensyntatt i denne oppgaven. Dette er nedgang i sykefravær og nedgang i bruk av overtid på verkstedet.

Til slutt er det viktig å nevne et forhold som kom frem under datainnsamlingen. Dette er antall personer som prøver å implementere Lean på Grefsen verksted. Det viser seg at det kun er én fulltidsansatt som har ansvaret for å integrere Lean. Med en arbeidsplass med 70 andre ansatte, er det begrenset hvor mye man får til av resultater. Til tross for dette mener jeg at overnevnte KPIer fremstiller Lean-bruken på Grefsen verksted på en meget tilfredsstillende og imponerende måte.

6.4 Forskningsspørsmål 2

Det andre forskningsspørsmålet jeg ønsket å besvare var: *Hvordan kan Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonsepter bistå Lean-arbeidet på verkstedet?*

For å besvare dette spørsmålet prøvde jeg å trekke paralleller mellom Lean-bruken på verkstedet og konseptene Lean Maintenance, RCM og TPM. Siden formålet med Lean Maintenance er å kombinere RCM og TPM har fokuset vært på å trekke inn teori fra Lean Maintenance sammen med øvrig Lean-teori.

Når det kommer til RCM har verkstedet en lignende funksjon i avdeling for vognteknikk. Siden fokuset ikke har vært på denne avdelingen er det vanskelig si hvorvidt avdelingens bruk av RAMS sammenfaller med RCM-metodikken. Det kan likevel være hensiktsmessig å vurdere RCM. Med en ny oppgradert base og trikkeanskaffelen i nær fremtid bør det fokuseres på den delen av RCM som skal sørge for økte levetider på kostbare anskaffelser. Videre er verktøyet FMEA en sentral del i RCM-metodikken (Moubray 1997). Basert på

funnene har jeg ikke avdekket at avdeling for vognproduksjon benytter FMEA i stor grad. Ved å vurdere deler av RCM i sine prosesser vil jeg tro at påliteligheten til det forebyggende vedlikeholdet ytterligere kan forbedres, både i den tekniske avdelingen og avdeling for vognproduksjon.

TPM har bevisst ikke blitt benyttet på verkstedet. Målet med TPM er å maksimere utnyttelsen av utstyr som benyttes til verdiskapning. Videre er visjonen ingen feil, svikt eller ulykker på arbeidsplassen (Chan et al. 2005). Hvorvidt dette har relevans på verkstedet kan vurderes, men fokus på HMS kan være viktig i den sammenheng. Det kan vurderes å beregne måltallet OEE som mål på utstyrseffektiviteten på ulike maskiner og utstyr som benyttes til vedlikehold. Utover dette kan TPM stille en stor rolle i forebyggende vedlikehold på verkstedet. På den andre siden har jeg gjennom funnene konstatert at hovedfokus er på implementering av Lean. Derfor kan TPM i den sammenheng ha liten relevans for Grefsen verksted.

Siden man jobber med vedlikehold på Grefsen verksted bør det tas utgangspunkt i verktøy fra både Lean og Lean Maintenance. Dette fordi Lean Maintenance forsøker å forklare Lean ved hjelp av vedlikeholdsstrategier. Siden man ikke hadde kjennskap til konseptet Lean Maintenance viste funnene at mye av Lean-arbeidet som har blitt innført på verkstedet sammenfaller med Lean Maintenance. Blant annet hvordan man utfører verdistrømsanalyser og hvordan man håndterer lagerbeholdning. Jeg vil derfor påstå at det er liten forskjell i Lean og Lean Maintenance, men at forskjellen ligger i fokus på vedlikehold hos Lean Maintenance. Eksempelvis beskrives 5S på nærmest samme måte i teorien, men at eksemplene som blir gitt av Smith og Hawkins (2004) er forbeholdt 5S et selskap som utfører vedlikehold. Blant annet bør det vurderes å se på CMMS og MRO Storeroom for håndtering av deler og komponenter på lageret.

7.0 Oppsummering og konklusjon

Basert på forskningsspørsmålene over og diskusjonen kan problemstillingen nå oppsummeres. Formålet med oppgaven var å sammenligne verkstedets Lean-bruk i henhold til Lean-teori, Lean Maintenance teori og vedlikeholdskonseptene RCM og TPM.

Ved hjelp av blant annet samtaler, observasjon og dybdeintervju viser mine funn at verkstedets bruk av Lean i stor grad samsvarer med Lean-teori, selv om noen forbedringsområder ble identifisert. Leans fem grunnprinsipper, fokus på systematisk forbedringsarbeid og en kultur for å involvere de ansatte er godt integrert på verkstedet.

Ved bruk av Lean-verktøy har man oppnådd svært tilfredsstillende resultater. Dette til tross for at det kun er én fulltidsansatt som har jobbet med innføringen av Lean på verkstedet. Det ble også avdekket få konkrete KPIer som kunne måle direkte effekter av Lean-bruken. Blant annet anbefales det å innføre KPIene: prosentvis andel ikke-verdiskapende aktiviteter, vognbytter som følge av feil utført service og kostnad per service.

Videre er verkstedets forbedringsplattform, daglige tavlemøter og kartlegging av arbeidsprosesser meget sentrale Lean-verktøy som har bidratt til effektivisering av arbeidsoppgaver og eliminering av sløsing. Av verktøy som bør fokuseres mer på kan det nevnes 5S, involvering av ansatte på tavlemøter og mer bruk av PDCA i henhold til teori, og ikke bare som en framdrift på ulike oppgaver.

Av vedlikeholdskonseptene Lean Maintenance, RCM og TPM var det marginale likheter i henhold til teori. Noe av konseptene RCM og TPM bør vurderes å innføre på verkstedet. Det ble avdekket at verkstedet har tilpasset Lean-teorien til å gjelde på verkstedet, og på den måten hatt mye til felles med Lean Maintenance. Derfor kan det lønne seg å vurdere verktøy som FMEA og CMMS fra Lean Maintenance.

8.0 Litteraturliste

- Al-Aomar, R. A. (2011). Applying 5S LEAN Technology: An infrastructure for continuous process improvement. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59: 2014-2019.
- Alukal, G. & Manos, A. (2006). *Lean Kaizen: a simplified approach to process improvements*: ASQ Quality Press.
- Bicheno, J. & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*: PICSIE Books.
- Chan, F., Lau, H., Ip, R., Chan, H. & Kong, S. (2005). Implementation of Total Productive Maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95 (1).
- Dalen, M. (2011). *Intervju som forskningsmetode*: Universitetsforlaget.
- Dennis, P. (2007). *Getting the right things done: a leader's guide to planning and execution*: Lean Enterprise Institute.
- Du, Q.-L., Cao, S.-M., Ba, L.-L. & Cheng, J.-M. (2008). *Application of PDCA cycle in the performance management system*. 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing: IEEE. 1-4 s.
- Duffy, G. L. & Wong, A. K. (2013). *Complementary strengths*. Six Sigma Forum Magazine: ASQ.
- Gjønnnes, S. H. & Tangenes, T. (2014). *Økonomi- og virksomhetsstyring: Strategistøtte ved prestasjonsstyring, ressursstyring og beslutningsstøtte*, b. 2. utgave: Fagbokforlaget.
- Gripsrud, G., Olsson, U. H. & Silkoset, R. (2004). Metode og dataanalyse: med fokus på beslutninger i bedrifter. *HøyskoleForlaget, Kristiansand*.
- Gripsrud, G., Olsson, U. H. & Silkoset, R. (2010). *Metode og dataanalyse: Beslutningsstøtte for bedrifter ved bruk av JMP*: Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Heap, F. H. & Nowlan, F. S. (1978). Reliability Centered Maintenance.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International journal of information management*, 27 (4).
- Holme, I. M. & Solvang, B. K. (1996). *Metodevalg og metodebruk*, b. 3: Tano Aschehoug.
- Huang, J., Bian, Y. & Cai, W. (2012). *Weapon equipment lean maintenance strategy research*. Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (ICQR2MSE), 2012 International Conference on: IEEE. 1217-1221 s.
- Jacobsen, D. I. (2005). *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: innføring i samfunnsvitenskapelig metode*, b. 2: Høyskoleforlaget Kristiansand.
- Johannessen, A., Kristoffersen, L. & Tufte, P. A. (2005). Forskningsmetode for økonomiskadministrative fag. *Abstrakt forlag*.
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*: Abstrakt forlag.
- Johnson, C. N. (2002). The benefits fo PDCA. *Quality Progress*, 35 (5): 120.
- Li, S.-S. & Lee, L.-C. (2011). Using fishbone analysis to improve the quality of proposals for science and technology programs. *Research Evaluation*, 20 (4): 275-282.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*: Esensi.
- Ljungberg, Ö. (2000). *TPM: vägen till ständiga förbättringar*: Studentlitteratur.

- Martin, K. & Osterling, M. (2007). *The Kaizen event planner: achieving rapid improvement in office, service, and technical environments*: CRC Press.
- Maskell, B. H. & Kennedy, F. A. (2007). Why do we need lean accounting and how does it work? *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 18 (3): 59-73.
- Mi Dahlgaard-Park, S., Dahlgaard, J. J. & Mi Dahlgaard-Park, S. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM magazine*, 18 (3).
- Moen, R. & Norman, C. (2006). *Evolution of the PDCA cycle*.
- Mol, M. J., Birkinshaw, J. & Birkinshaw, J. M. (2008). *Giant Steps in Management: Creating innovations that change the way we work*: Pearson Education.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*: Industrial Press.
- Murugaiah, U., Jebaraj Benjamin, S., Srikamaladevi Marathamuthu, M. & Muthaiyah, S. (2010). Scrap loss reduction using the 5-whys analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27 (5): 527-540.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*: crc Press.
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold: samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*: Fagbokforlaget.
- Rolfsen, M. (2014). *Lean blir norsk*, b. 1: Fagbokforlaget.
- Sarkar, D. (2008). *Lean for Service Organizations and Offices*: Pearson Education India.
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2010). *Operations management*: Pearson education.
- Smith, R. & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*: Butterworth-Heinemann.
- Stenbacka, C. (2001). Qualitative research requires quality concepts of its own. *Management decision*, 39 (7): 551-556.
- Tapping, D. & Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office: Eight Steps to Planning, Mapping, & Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas*: CRC Press.
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode*, b. 4: Fagbokforlaget.
- Wig, B. B. (2014). *Lean: Ledelse for lærende organisasjoner*: Gyldendal.
- Wig, B. B. (2016). *Lean: Ledelse for lærende organisasjoner*: Gyldendal.
- Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*: Industrial Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*: Simon and Schuster.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (2010). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*: Simon and Schuster.
- Yin, R. (2014). *Case Study Research. Design and Methods. Fifth*: Thousand Oaks, California: Sage Publications.

9.0 Vedlegg

Vedlegg 1 – Intervjuguide

INTERVJUGUIDE – 07.12.2016 med Roger S. Baardseng kl. 0900 – 11.00, Grefsen

Formål med:

- For å tilegne seg informasjon om Lean i verkstedet, hvordan den utføres i forhold relevant teori og hva som er bra eller kan bli bedre.
- Kartlegge mulige områder hvor andre verktøy fra Lean Maintenance, RCM og TPM kanskje kan være mer effektive å bruke istedenfor Lean-verktøyene som allerede benyttes.

Generelle spørsmål:

1. Når begynte dere med Lean og hvordan ble dette implementert?
2. Hvor mange jobber med selve Lean-arbeidet på et overordnet nivå?
3. Hvilke kvalifikasjoner/kompetanse har de tre som jobber innen Lean? Hvor lenge har dere jobbet i Sporveien/Trikken/med Lean?
4. Hovedårsaken til å begynne med Lean?
5. Hvilke resultater har Lean-avdelingen å vise til som følge av implementering av Lean?
6. Hvilke Lean-verktøy benyttes i dag? Har dere planer om å bytte ut noen av disse med noen andre? Har dere noen andre dere ønsker å benytte i fremtiden?
7. Hvilke sider ved Lean har vært vanskelig / enkel å implementere?
8. Hvem kontrollerer om en trikk trenger ekstra service (korrektiv) utover fører selv? Planer om å endre metoden om at fører skriver rapport? Har dere tilfeller hvor fører ikke alltid skriver rapport og at det dermed alltid ikke blir utført nødvendig service?
9. Forskjell mellom SL79 og SL95 hva angår vedlikehold?
10. Er det perioder med ledig kapasitet / dødtid på verkstedet? Dvs. at noen ansatte ikke har noe å gjøre.

Spørsmål knyttet til sløsing:

1. Hvilke typer sløsing har dere mest fokus på?
2. Hvordan fokuserte dere på sløsing, før implementeringen av Lean?
3. Hvordan måler dere om sløsing har blitt redusert? Har dere noe måltall på at dette har funket etter implementeringen av Lean?

4. Korte eksempler på sløsing i form av og eksempler på hvordan dette elimineres på verkstedet:
 - a. Defekter:
 - b. Overproduksjon:
 - c. Lagerbeholdning:
 - d. Venting:
 - e. Transport:
 - f. Bevegelse:
 - g. Overprosessering:
 - h. Uutnyttet talent:
5. Hva gjør dere for å redusere unødvendig venting i produksjonen?
6. Hvordan arbeider dere med å håndtere unødvendige bevegelser?
7. Hvordan utarbeider dere arbeidsplassen for å forhindre dette?
8. Hvordan håndterer dere defekter, og hvordan forsøker dere å unngå dette?
9. Hvordan jobber dere med å oppdage defekter raskt?
10. Hvordan sørger dere for at reservedeler alltid er tilgjengelige?

Spørsmål knyttet til kontinuerlig forbedring:

1. Hvordan arbeides det med kontinuerlig forbedringer?
2. Vet at det blir brukt forbedringsforslag på verkstedet, hvor ofte får dere nye forslag og hvordan følges disse opp? Noen tall på hvor mange som kommer inn, og hvor mange som har blitt tatt seriøst.
3. Hvilke utfordringer har oppstått under forbedringsarbeidet? Kommuniser ut hva..
4. Hvordan motiveres ansatte til å stadig komme med forbedringsforslag?
5. Hvordan brukes PDCA-sirkelen til kontinuerlig forbedring?

Spørsmål knyttet til Lean-verktøyene:

1. Hvor fikk dere informasjon om de ulike verktøyene, hvordan de brukes og hvordan de implementeres i et verksted?
2. Hvilke Lean-verktøy fungerer best av de dere bruker?
3. Følge teori vs. utvikle egne metoder?

Verdistrømsanalyse:

1. Hvordan utføres en verdistrømsanalyse hos dere?

2. Hvor godt mener du at VSM bidrar til effektivisering/eliminering av sløsing.
3. Hva har VSM bidratt med på verkstedet?
4. Hvor ofte utfører dere VSM?
5. Hvordan holder dere oversikt over de ulike arbeidsprosessene?
6. Måles og loggføres de ansattes arbeidsoppgaver?

Tavlemøter:

1. Hvordan utføres tavlemøtene hos dere? Hvor lenge varer de, hva gjennomgås, hvem kan møte opp?
2. Hva oppnår dere med tavlemøtene?
3. Registreres alt som diskuteres i tavlemøtene av noen?
4. Hvordan følges dette opp?

5S:

1. Hvordan implementerte dere 5S?
2. Hovedforskjellen før og etter bruken av 5S?
3. Hvordan er rutineene for å sørge for orden på arbeidsplassen? Hvordan følges 5S opp?
4. Hvem har ansvaret for at det er ryddig til enhver tid? Opplever dere problemer med dette?
5. Er de ulike arbeidsstasjonene strategisk plassert for effektivisering? Ikke godt nok enda.
6. Gjelder dette også for maskiner og andre komponenter?
7. Hvordan sørger dere for at nye vaner/forbedringer blir standardisert, (en del av hverdagen)?
8. Har dere renholdere? Hvor mange?
9. Benyttes det red-tagging?

Problemløsningsverktøy: 5 x hvorfor, A3 og fiskebendiagram:

1. Hvor hyppig disse verktøyene dette brukt av de ulike ansatte?

2. Blir fiskebendiagrammet og/eller 5 x hvorfor loggført slik at man slipper å gjøre det samme om igjen dersom en lignende hendelse oppstår?

3. Hvordan jobbes det med A3?

Verktøy fra Lean Maintenance og andre vedlikeholdskonsepter

1. Hva vet dere om følgende vedlikeholdskonsepter?

Lean Maintenance:

TPM:

RCM:


2. Har dere noe mål på utstyrsffektiviteten? OEE fra TPM

Vedlegg 2 – 5 ganger hvorfor skjema

Dato:	Avdeling:	Ansvarlig:
Problembeskrivelse:		Produkt / prosess:

Problem:	Midlertidig løsning på problem:
↓	↓
Hvorfor #1:	Ansvar: Frist:
Fordi	↓
↓	Permanent løsning på problem:
Hvorfor #2:	Ansvar: Frist:
Fordi	↓
↓	Verifisering og handling for permanent løsning på problem:
Hvorfor #3:	Ansvar: Frist:
Fordi	↓
↓	
Hvorfor #4:	
Fordi	
↓	
Hvorfor #5:	
Fordi	
↓	
Osv.	
↓	
Rotårsak:	

Vedlegg 3 – Forslag til forbedringer og melding om avvik

<p>FORSLAG TIL FORBEDRINGER OG MELDING OM AVVIK</p>  <p>DATO: _____ MELDT AV: _____</p> <p>Forbedringsforslag / Idé / problem / avvik</p> <p>Hva:</p> <p>Hvor:</p> <p>Hvorfor:</p> <p>Hvordan (forslag til løsning):</p>
<p>Andre kommentarer / tilleggsopplysninger:</p>

Vedlegg 4 – Red tag

RED TAG

RED TAG-nummer:	Dato:
-----------------	-------

Lønnsnr. og navn:	Antall:
-------------------	---------

Artikkelbeskrivelse:	OS-nummer:
----------------------	------------

Sted der vi fant artikkelen:

Årsak til plassering på RED TAG:

<input type="checkbox"/> Brukes ikke	Forslag til vedtak:
<input type="checkbox"/> Defekt	
<input type="checkbox"/> Overflødig	
<input type="checkbox"/> Ukjent artikkel	
<input type="checkbox"/> Utgått	
<input type="checkbox"/> Annet:	

Forslag til vedtak:

<input type="checkbox"/> Legg tilbake på lager / riktig lokasjon og oppdater lagersaldo
<input type="checkbox"/> Legg tilbake på arbeidsplass
<input type="checkbox"/> Reparere
<input type="checkbox"/> Kaste
<input type="checkbox"/> Annet vedtak:



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway